

NUEVAS FORMULACIONES PROPUESTAS PARA EL CÁLCULO DE LAS CONDUCCIONES HIDRÁULICAS

MATERIAL ADICIONAL A CONSULTAR EN LA WEB

VALORES DE C=
según la formulación de Ganguillet-Kutter (simplificada)

R	m	0,12	0,15	0,2	0,26	0,33	0,47	0,52	0,75	1	1,37	1,87	2,5
0,01	45,454545	40,000000	33,333333	27,777778	23,255814	17,543860	16,129032	11,764706	9,090909	6,802721	5,076142	3,846154	
0,03	59,073015	53,589838	46,410162	39,982237	34,420376	26,928438	24,986124	18,761279	14,763410	11,223724	8,477127	6,479304	
0,05	65,076360	59,850838	52,786405	46,237315	40,390905	32,238262	30,070569	22,966848	18,274400	14,031491	10,680458	8,209952	
0,07	68,796734	63,819380	56,949913	50,436093	44,998183	36,017436	33,722090	26,077431	20,922057	16,186171	12,394744	9,570191	
0,10	72,491435	67,826884	61,267411	54,878953	48,934413	40,220885	37,815985	29,658557	24,025307	18,753562	14,464539	11,228771	
0,11	73,431488	68,857861	62,382149	56,056027	50,125629	41,371835	38,942948	30,662289	24,905897	19,490497	15,064184	11,712642	
0,12	74,271573	69,783052	63,397460	57,124729	51,213033	42,430898	39,962237	31,594943	25,728427	20,182248	15,629335	12,170072	
0,13	75,028879	70,620215	64,321083	58,102030	52,212360	43,411342	40,946344	32,466207	26,500589	20,834651	16,164367	12,604376	
0,14	75,716649	71,383097	65,166852	59,001254	53,136033	44,323730	41,845233	33,283859	27,228574	21,452419	16,672821	13,018238	
0,15	76,345280	72,082549	65,945757	59,833050	53,994038	45,176611	42,686988	34,054243	27,917451	22,039419	17,157605	13,413866	
0,16	76,923077	72,721273	66,666667	60,606061	54,794521	45,970111	43,478261	34,782609	28,571429	22,598870	17,621145	13,793103	
0,17	77,456769	73,324350	67,336837	61,327396	55,544213	46,730775	44,224594	35,473356	29,194044	23,133486	18,065489	14,157507	
0,18	77,951879	73,879613	67,962276	62,002973	56,248744	47,442817	44,930659	36,130210	29,788301	23,645576	18,492382	14,508405	
0,19	78,412991	74,397920	68,548014	62,637788	56,912867	48,117315	45,600429	36,756355	30,356777	24,137125	18,903326	14,846943	
0,20	78,843949	74,883358	69,098301	63,236001	57,540630	48,757846	46,237315	37,354537	30,901699	24,609853	19,299628	15,174116	
0,25	80,645161	76,923077	71,428571	65,878953	60,240964	51,546392	49,019608	40,000000	33,333333	26,737968	21,097046	16,666667	
0,30	82,028464	78,501483	73,252111	67,810729	62,402698	53,818455	51,298210	42,206445	35,388937	28,561095	22,654483	17,971536	
0,35	83,136783	79,773680	74,734969	69,469520	64,193018	55,727537	53,220919	44,096934	37,170458	30,159338	24,033395	19,135931	
0,40	84,052214	80,829582	75,974693	70,866896	65,727021	57,367895	54,878953	45,748707	38,742589	31,583999	25,273397	20,190407	
0,45	84,825684	81,725600	77,033152	72,067651	67,027051	59,801578	56,332626	47,213595	40,149162	32,870134	26,401724	21,156051	
0,50	85,491595	82,499263	77,931512	73,115688	68,180711	60,071592	57,623900	48,528137	41,421356	34,042871	27,438009	22,048121	
0,55	86,072744	83,176687	78,760006	74,042048	69,205498	61,208951	58,783147	49,719092	42,582189	35,120898	28,396930	22,878064	
0,60	86,586134	83,776710	79,478690	74,869434	70,124842	62,236762	59,833050	50,806662	43,649167	36,118524	29,289785	23,654720	
0,65	87,044196	84,313328	80,123745	75,614921	70,956476	63,172660	60,790990	51,806479	44,635936	37,046973	30,125477	24,385079	
0,70	87,456359	84,797195	80,707272	76,291650	71,741425	64,030429	61,670574	52,730895	45,533342	37,915221	30,911161	25,074776	
0,75	87,829928	85,236590	81,238721	76,909935	72,408613	64,821028	62,482650	53,589838	46,410162	38,730571	31,652681	25,728427	
0,80	88,170664	85,638061	81,725600	77,478008	73,048622	65,553310	63,236001	54,391413	47,213595	39,499048	32,354883	26,349871	
0,85	88,483182	86,006868	82,173964	78,002536	73,641213	66,234527	63,937834	55,142319	47,969630	40,225688	33,021830	26,942335	
0,90	88,771229	86,347294	82,588761	78,488989	74,192202	66,870689	64,594137	55,848156	48,683298	40,914742	33,656967	27,508565	
0,95	89,037887	86,662866	82,974078	78,941902	74,706430	67,466831	65,209931	56,513658	49,358869	41,569838	34,263243	28,050917	
1,00	89,285714	86,956522	83,333333	79,365079	75,187970	68,027211	65,789474	57,142857	50,000000	42,194093	34,843206	28,571429	
1,50	91,076374	89,088885	85,962399	82,488574	78,774653	72,267212	70,196216	62,020410	55,051026	47,200975	39,574967	32,881309	
2,00	92,178403	90,410517	87,610066	84,470321	81,080298	75,055950	73,115688	65,345379	58,578644	50,794005	43,060950	36,130210	
2,50	92,945902	91,335184	88,771229	85,878306	82,732809	77,085900	75,251516	67,826884	61,257411	53,577243	45,814968	38,742589	
3,00	93,520696	92,029971	89,648305	86,948124	83,986515	78,656260	76,909935	69,783052	63,397460	55,835669	48,085130	40,926985	
3,50	93,972359	92,577303	90,342031	87,798174	85,005648	79,921641	78,250219	71,383097	65,166852	57,726662	50,011076	42,802608	
4,00	94,339623	93,023256	90,909091	88,495575	85,836910	80,971660	79,365079	73,727273	66,666667	59,347181	51,679587	44,444444	
4,50	94,646013	93,395912	91,384214	89,081687	86,537867	81,623286	80,312876	73,979613	67,962276	60,759831	53,148336	45,902906	
5,00	94,908768	93,713507	91,790048	89,583617	87,139857	82,631626	81,132541	74,883358	69,093301	62,008481	54,457646	47,213595	
5,50	95,132256	93,988477	92,142096	90,019990	87,664510	83,304963	81,851230	75,768994	70,106492	63,124540	55,636826	48,402627	
6,00	95,329812	94,229637	92,451377	90,404097	88,127317	83,901296	82,488574	76,558762	71,012025	64,131334	56,707850	49,489743	

Tabla 1. Formulación de Ganguillet-Kutter (simplificada). Valores de C.

Valores del coeficiente de Fanning (λ) , en conducciones libres, según la fórmula simplificada de Ganguillet y Kutter

m	0.12	0.15	0.2	0.26	0.33	0.47	0.52	0.75	1	1.37	1.87	2.5
0.01	0.0094864	0.0122500	0.0176400	0.0254016	0.0362404	0.0636804	0.0753424	0.1416100	0.2371600	0.4235364	0.7606564	1.3249600
0.03	0.0056167	0.0068248	0.0090998	0.0122609	0.0165434	0.0270292	0.0313948	0.0556841	0.0899255	0.1555902	0.2727462	0.4668737
0.05	0.0046282	0.0054716	0.0070342	0.0091679	0.0120140	0.0188587	0.0216757	0.0371581	0.0586908	0.0995516	0.1718210	0.2907869
0.07	0.0041411	0.0048124	0.0060432	0.0077050	0.0098985	0.0151088	0.0223566	0.0288222	0.0447762	0.0748114	0.125795	0.2140005
0.10	0.0037298	0.0042604	0.0052232	0.0065080	0.0081852	0.0121158	0.0173058	0.0222821	0.0339561	0.0557299	0.0936800	0.1554503
0.11	0.0036349	0.0041338	0.0050366	0.0062375	0.0078008	0.0114511	0.0129240	0.0208472	0.0315974	0.0515953	0.0863704	0.1428717
0.12	0.0035531	0.0040249	0.0048765	0.0060063	0.0074730	0.0108866	0.0122609	0.0196345	0.0296094	0.0481190	0.0802371	0.1323335
0.13	0.0034818	0.0039300	0.0047375	0.0058060	0.0071897	0.0104004	0.0116903	0.0185949	0.0279090	0.0451527	0.0750134	0.1233711
0.14	0.0034188	0.0038465	0.0046153	0.0056303	0.0069419	0.0099766	0.0111935	0.0176925	0.0264366	0.0425896	0.0705079	0.1156516
0.15	0.0033627	0.0037722	0.0045069	0.0054749	0.0067230	0.0096035	0.0107564	0.0169010	0.0251481	0.0403511	0.0665798	0.1089302
0.16	0.0033124	0.0037056	0.0044100	0.0053361	0.0065280	0.0092720	0.0103684	0.0162006	0.0240100	0.0383780	0.0631230	0.1030225
0.17	0.0032669	0.0036455	0.0043227	0.0052113	0.0063530	0.0089753	0.0100214	0.0155758	0.0229968	0.0366247	0.0600560	0.0977873
0.18	0.0032255	0.0035909	0.0042435	0.0050984	0.0061948	0.0087079	0.0097089	0.0150146	0.0220884	0.0350555	0.0573153	0.0931144
0.19	0.0031877	0.0035411	0.0041713	0.0049956	0.0060511	0.0084655	0.0094258	0.0145075	0.0212689	0.0336422	0.0548504	0.0889164
0.20	0.0031530	0.0034953	0.0041051	0.0049015	0.0059198	0.0082446	0.0091679	0.0140465	0.0205254	0.0323622	0.0526209	0.0851235
0.25	0.0030137	0.0033324	0.0038416	0.0045284	0.0054010	0.0073767	0.0081567	0.0122500	0.0176400	0.0274157	0.0440365	0.0705600
0.30	0.0029129	0.0031805	0.0036527	0.0042824	0.0050333	0.0067670	0.0074482	0.0110027	0.0156502	0.0240274	0.0381898	0.0606856
0.35	0.0028358	0.0030799	0.0035092	0.0040613	0.0047564	0.0063113	0.0069198	0.0100795	0.0141860	0.0215483	0.0339333	0.0535250
0.40	0.0027743	0.0030000	0.0033956	0.0039027	0.0045390	0.0059555	0.0065080	0.0093648	0.0130581	0.0196482	0.0306852	0.0480802
0.45	0.0027240	0.0029345	0.0033029	0.0037738	0.0043627	0.0056686	0.0061764	0.0087927	0.0121591	0.0181407	0.0281185	0.0437912
0.50	0.0026817	0.0028798	0.0032255	0.0036664	0.0042163	0.0054315	0.0059027	0.0083228	0.0114237	0.0169123	0.0260346	0.0403193
0.55	0.0026456	0.0028330	0.0031597	0.0035752	0.0040924	0.0052315	0.0056722	0.0079288	0.0108094	0.0158900	0.0243060	0.0374470
0.60	0.0026143	0.0027926	0.0031028	0.0034966	0.0040601	0.0050601	0.0054749	0.0075930	0.0102874	0.0150244	0.0228467	0.0350284
0.65	0.0025869	0.0027572	0.0030530	0.0034280	0.0038929	0.0049113	0.0053037	0.0073028	0.0098375	0.0142807	0.0215967	0.0329616
0.70	0.0025626	0.0027258	0.0030091	0.0033675	0.0038111	0.0047806	0.0051535	0.0070490	0.0094453	0.0136342	0.0205128	0.0311732
0.75	0.0025408	0.0026978	0.0029698	0.0033135	0.0037383	0.0046647	0.0050204	0.0068248	0.0090998	0.0130662	0.0195630	0.0296094
0.80	0.0025212	0.0026725	0.0029345	0.0032651	0.0036731	0.0045611	0.0049015	0.0066251	0.0087927	0.0125627	0.0187230	0.0282292
0.85	0.0025034	0.0026497	0.0029026	0.0032214	0.0036142	0.0044677	0.0047945	0.0064459	0.0085177	0.0121129	0.0179744	0.0270014
0.90	0.0024872	0.0026288	0.0028735	0.0031815	0.0035607	0.0043831	0.0046975	0.0062840	0.0082698	0.0117084	0.0173024	0.0259012
0.95	0.0024723	0.0026097	0.0028469	0.0031451	0.0035119	0.0043060	0.0046092	0.0061369	0.0080450	0.0113423	0.0166955	0.0249093
1.00	0.0024586	0.0025921	0.0028224	0.0031117	0.0034670	0.0042354	0.0045284	0.0060025	0.0078400	0.0110091	0.0161443	0.0240700
1.50	0.0023629	0.0024695	0.0026524	0.0028805	0.0031585	0.0037530	0.0039777	0.0050955	0.0064673	0.0087974	0.0125145	0.0181283
2.00	0.0023067	0.0023978	0.0025536	0.0027469	0.0029814	0.0034793	0.0036664	0.0045901	0.0057119	0.0075968	0.0105703	0.0150146
2.50	0.0022688	0.0023495	0.0024872	0.0026576	0.0028635	0.0032984	0.0034612	0.0042604	0.0052232	0.0068280	0.0093377	0.0130581
3.00	0.0022410	0.0023142	0.0024388	0.0025926	0.0027780	0.0031680	0.0033135	0.0040249	0.0048765	0.0062868	0.0084768	0.0117014
3.50	0.0022195	0.0022869	0.0024015	0.0025426	0.0027124	0.0030368	0.0032010	0.0038465	0.0046153	0.0058817	0.0078365	0.0106983
4.00	0.0022023	0.0022650	0.0023716	0.0025027	0.0026602	0.0029894	0.0031117	0.0037056	0.0044100	0.0055649	0.0073387	0.0099225
4.50	0.0021880	0.0022470	0.0023470	0.0024699	0.0026172	0.0029247	0.0030387	0.0035909	0.0042435	0.0053091	0.0069387	0.0093020
5.00	0.0021760	0.0022318	0.0023263	0.0024423	0.0025812	0.0028705	0.0029776	0.0034953	0.0041051	0.0050975	0.0066090	0.0087927
5.50	0.0021657	0.0022187	0.0023086	0.0024187	0.0025504	0.0028243	0.0029255	0.0034141	0.0039879	0.0049188	0.0063319	0.0083660
6.00	0.0021567	0.0022074	0.0022931	0.0023982	0.0025237	0.0027843	0.0028805	0.0033440	0.0038870	0.0047656	0.0060949	0.0080025

Tabla 2. Formulación de Ganguillet-Kutter (simplificada). Valores de λ .

VALORES DE $C = (1/n) (R)^{1/6}$ según la formulación de Manning-Strickler

R	0.01	0.013	0.017	0.02	0.025	0.03	0.035	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
0.01	46.43014	35,71546	27,31180	23,21507	18,57206	15,47670	13,26575	11,60754	9,28603	7,73835	6,63288	5,80377
0.03	55,75559	42,88887	32,79735	27,87779	22,30224	18,58518	15,93017	13,93890	11,15112	9,29259	7,96508	6,96945
0.05	60,70835	46,69868	35,71073	30,35417	24,28334	20,23610	17,34524	15,17709	12,14167	10,11805	8,67262	7,58854
0.07	64,20862	49,39120	37,76971	32,10431	25,68345	21,40285	18,34532	16,05215	12,84172	10,70143	9,17266	8,02608
0.10	68,13967	52,41508	40,08209	34,06983	27,25877	22,71320	19,46848	17,03492	13,62793	11,35661	9,73424	8,51746
0.11	69,23027	53,25400	40,72362	34,61513	27,69211	23,07673	19,78008	17,30757	13,84605	11,53837	9,89004	8,65378
0.12	70,24115	54,03160	41,31825	35,12057	28,09646	23,41369	20,06890	17,56029	14,04823	11,70685	10,03445	8,78014
0.13	71,18409	54,75694	41,87293	35,59205	28,47364	23,72801	20,33831	17,79602	14,23682	11,86401	10,16916	8,89801
0.14	72,06841	55,43718	42,39311	36,03420	28,82736	24,02278	20,59097	18,01710	14,41368	12,01140	10,29549	9,00855
0.15	72,90156	56,07806	42,88320	36,45078	29,16062	24,30049	20,82902	18,22539	14,58031	12,15025	10,41451	9,11269
0.16	73,68963	56,68428	43,34677	36,84482	29,47585	24,56319	21,05418	18,42241	14,73793	12,28160	10,52709	9,21120
0.17	74,43767	57,25969	43,78679	37,21884	29,77507	24,81253	21,26791	18,60942	14,88753	12,40627	10,63395	9,30471
0.18	75,14990	57,80756	44,20575	37,57495	30,05996	25,04994	21,47140	18,78747	15,02998	12,52498	10,73570	9,39374
0.19	75,82988	58,33062	44,60573	37,91494	30,33195	25,27660	21,66568	18,95747	15,16598	12,63831	10,83284	9,47873
0.20	76,48065	58,83121	44,98854	38,24033	30,59226	25,49353	21,85162	19,12016	15,29613	12,74677	10,92581	9,56008
0.25	79,37739	61,05947	46,69250	39,68869	31,75096	26,45910	22,67925	19,84435	15,87548	13,22956	11,33963	9,92217
0.30	81,82545	62,94259	48,13254	40,91272	32,73018	27,27512	23,37870	20,45636	16,36509	13,63757	11,68935	10,22818
0.35	83,95407	64,57999	49,38466	41,97703	33,58163	27,98466	23,98688	20,98852	16,79081	13,99234	11,99344	10,49426
0.40	85,84267	66,03275	50,49560	42,92133	34,33707	28,61419	24,52648	21,46067	17,16853	14,30711	12,26324	10,73033
0.45	87,54376	67,34129	51,49624	43,77188	35,01750	29,18122	25,01250	21,88594	17,50875	14,59062	12,50625	10,94297
0.50	89,09399	68,53377	52,40814	44,54699	35,63760	29,69797	25,45543	22,27350	17,81880	14,84899	12,72771	11,13675
0.55	90,51997	69,63068	53,24695	45,25999	36,20799	30,17329	25,86285	22,62999	18,10399	15,08666	12,93142	11,31500
0.60	91,84172	70,64740	54,02445	45,92086	36,73669	30,61388	26,24049	22,96043	18,36834	15,30695	13,12025	11,48021
0.65	93,07464	71,59581	54,74970	46,53732	37,22986	31,02485	26,59275	23,26866	18,61493	15,51243	13,29638	11,63433
0.70	94,23090	72,48523	55,42985	47,11545	37,69236	31,41027	26,92311	23,55772	18,84618	15,70514	13,46156	11,77886
0.75	95,32026	73,32320	56,07064	47,66013	38,12810	31,77339	27,23436	23,83006	19,06405	15,88670	13,61718	11,91503
0.80	96,35068	74,11583	56,67678	48,17534	38,54027	32,11686	27,52877	24,08767	19,27014	16,05844	13,76438	12,04384
0.85	97,32876	74,86820	57,25211	48,66438	38,93150	32,44289	27,80822	24,33219	19,46575	16,22145	13,90411	12,16610
0.90	98,26001	75,58455	57,79991	49,13000	39,30400	32,75330	28,07429	24,58500	19,65200	16,37666	14,03714	12,28250
0.95	99,14909	76,26846	58,32290	49,57455	39,65964	33,04967	28,32831	24,78727	19,82982	16,52484	14,16416	12,39364
1,00	100,00000	76,92300	58,82343	50,00000	40,00000	33,33330	28,57143	25,00000	20,00000	16,66666	14,28571	12,50000
1,50	106,98843	82,29871	62,93426	53,49421	42,79537	35,66277	30,56812	26,74711	21,39769	17,83140	15,28406	13,37355
2,00	112,24102	86,33916	66,02402	56,12051	44,89641	37,41364	32,06886	28,06025	22,44820	18,70683	16,03443	14,03013
2,50	116,49219	89,60929	68,52470	58,24609	46,59688	38,30369	33,28348	29,12305	23,29944	19,41536	16,64174	14,56152
3,00	120,08490	92,37291	70,63806	60,04245	48,03396	40,02826	34,30997	30,02123	24,01698	20,01414	17,15499	15,01061
3,50	123,20880	94,77591	72,47564	61,60440	49,28352	41,06956	35,20251	30,80520	24,64176	20,53479	17,60126	15,40110
4,00	125,98046	96,90795	74,10603	62,99023	50,39218	41,99345	35,94442	31,49512	25,19609	20,99674	17,99721	15,74756
4,50	128,47695	98,82832	75,57455	64,23847	51,39078	42,82561	36,70770	32,11924	25,69539	21,41282	18,35385	16,05962
5,00	130,75202	100,57838	76,91282	65,37601	52,30081	43,58996	37,35772	32,68800	26,15040	21,79199	18,67886	16,34400
5,50	132,84476	102,18817	78,14384	66,42238	53,13790	44,28154	37,95665	33,21119	26,56895	22,14078	18,97782	16,60559
6,00	134,78451	103,68029	79,28487	67,39226	53,91381	44,92813	38,50986	33,69613	26,95690	22,46408	19,25493	16,84806

Tabla 3. Formulación de Manning-Strickler. Valores de C.

$(\lambda=2g/C^2)$

Coefficiente de Fanning según la formulación de Manning-Strickler

R	0.01	0.013	0.017	0.02	0.025	0.03	0.035	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
0.01	0.009019	0.0153654	0.0262758	0.0363677	0.0568246	0.0818275	0.1113761	0.1454709	0.2272982	0.3273097	0.4455046	0.5818835
0.03	0.0063049	0.0106553	0.0182213	0.0252197	0.0394051	0.0567444	0.0772352	0.1008786	0.1576229	0.2269771	0.3089409	0.4035146
0.05	0.0053181	0.0089877	0.0153695	0.0212725	0.0332383	0.0478633	0.0651471	0.0850901	0.1329533	0.1914530	0.2605886	0.3403606
0.07	0.0047541	0.0080345	0.0137394	0.0190164	0.0297132	0.0427871	0.0582379	0.0760658	0.1188528	0.1711482	0.2329515	0.3042632
0.10	0.0042214	0.0071342	0.0121999	0.0168856	0.0263837	0.0379926	0.0517121	0.0675423	0.1055349	0.1519704	0.2068484	0.2701693
0.11	0.0040894	0.0069112	0.0118185	0.0163578	0.0255590	0.0368050	0.0500957	0.0654311	0.1022360	0.1472200	0.2003826	0.2617243
0.12	0.0039726	0.0067137	0.0114808	0.0159903	0.0248286	0.0357533	0.0486661	0.0635613	0.0993146	0.1430131	0.1946565	0.2542453
0.13	0.0038680	0.0065370	0.0111787	0.0154721	0.0241752	0.0348124	0.0473834	0.0618885	0.0967008	0.1392493	0.1895336	0.2475541
0.14	0.0037737	0.0063775	0.0109060	0.0150948	0.0235856	0.0339633	0.0462277	0.0603790	0.0943422	0.1358529	0.1849108	0.2415162
0.15	0.0036879	0.0062326	0.0106581	0.0147517	0.0230496	0.0331914	0.0451771	0.0590069	0.0921982	0.1327655	0.1807085	0.2360274
0.16	0.0036095	0.0061000	0.0104314	0.0144379	0.0225592	0.0324853	0.0442160	0.0577515	0.0902367	0.1299410	0.1768640	0.2310060
0.17	0.0035373	0.0059780	0.0102228	0.0141492	0.0221081	0.0318357	0.0433318	0.0565966	0.0884322	0.1273425	0.1733271	0.2263865
0.18	0.0034706	0.0058653	0.0100299	0.0138822	0.0216910	0.0312351	0.0425143	0.0555289	0.0867639	0.1249402	0.1700573	0.2221157
0.19	0.0034086	0.0057605	0.0098509	0.0136344	0.0213037	0.0306774	0.0417553	0.0545375	0.0852149	0.1227095	0.1670211	0.2181501
0.20	0.0033508	0.0056629	0.0096839	0.0134033	0.0209427	0.0301576	0.0410477	0.0536133	0.0837708	0.1206301	0.1641909	0.2144534
0.25	0.0031107	0.0052571	0.0089900	0.0124429	0.0194421	0.0279966	0.0381065	0.0497717	0.0777683	0.1119864	0.1524258	0.1990868
0.30	0.0029274	0.0049473	0.0084602	0.0117095	0.0182961	0.0263465	0.0358604	0.0468381	0.0731845	0.1053858	0.1434417	0.1873524
0.35	0.0027808	0.0046996	0.0080366	0.0111233	0.0173801	0.0250274	0.0340650	0.0444931	0.0695205	0.1001095	0.1362601	0.1779724
0.40	0.0026598	0.0044951	0.0076869	0.0106392	0.0166238	0.0239383	0.0325826	0.0425569	0.0664951	0.0957530	0.1303304	0.1702275
0.45	0.0025574	0.0043221	0.0073910	0.0102298	0.0159840	0.0230170	0.0313287	0.0409191	0.0639360	0.0920680	0.1253146	0.1636762
0.50	0.0024692	0.0041730	0.0071361	0.0098769	0.0154326	0.0222230	0.0302479	0.0395075	0.0617304	0.0888919	0.1209916	0.1580299
0.55	0.0023920	0.0040425	0.0069130	0.0095681	0.0149502	0.0215283	0.0293024	0.0382725	0.0598008	0.0861133	0.1172096	0.1530901
0.60	0.0023237	0.0039270	0.0067155	0.0092947	0.0145230	0.0209132	0.0284651	0.0371789	0.0580920	0.0836525	0.1138603	0.1487154
0.65	0.0022625	0.0038237	0.0065387	0.0090501	0.0141408	0.0203628	0.0277159	0.0362004	0.0565631	0.0814510	0.1108637	0.1448016
0.70	0.0022073	0.0037304	0.0063792	0.0088294	0.0137959	0.0198661	0.0270399	0.0353175	0.0551835	0.0794643	0.1081597	0.1412698
0.75	0.0021572	0.0036456	0.0062343	0.0086287	0.0134824	0.0194146	0.0264254	0.0345148	0.0539294	0.0776584	0.1057016	0.1380593
0.80	0.0021113	0.0035681	0.0061016	0.0084451	0.0131955	0.0190016	0.0258632	0.0337805	0.0527821	0.0760063	0.1034529	0.1351221
0.85	0.0020691	0.0034967	0.0059796	0.0082763	0.0129316	0.0186216	0.0253460	0.0331050	0.0517266	0.0744863	0.1013841	0.1324200
0.90	0.0020300	0.0034308	0.0058668	0.0081201	0.0126871	0.0182703	0.0248679	0.0324805	0.0507508	0.0730811	0.0994715	0.1299219
0.95	0.0019938	0.0033695	0.0057621	0.0079751	0.0124612	0.0179441	0.0244239	0.0319006	0.0498447	0.0717764	0.0976955	0.1276023
1.00	0.0019600	0.0033124	0.0056644	0.0078400	0.0122500	0.0176400	0.0240100	0.0313600	0.0490000	0.0705601	0.0960400	0.1254400
1.50	0.0017123	0.0028938	0.0049486	0.0068492	0.0107019	0.0154108	0.0209758	0.0273970	0.0428078	0.0616432	0.0839032	0.1095879
2.00	0.0015558	0.0026293	0.0044963	0.0062232	0.0097237	0.0140022	0.0190585	0.0248927	0.0388949	0.0560087	0.0762340	0.0995710
2.50	0.0014443	0.0024409	0.0041741	0.0057773	0.0090270	0.0129989	0.0176929	0.0231091	0.0361079	0.0519954	0.0707715	0.0924363
3.00	0.0013592	0.0022970	0.0039281	0.0054367	0.0084949	0.0122327	0.0166500	0.0217470	0.0339797	0.0489308	0.0666002	0.0869880
3.50	0.0012911	0.0021820	0.0037314	0.0051646	0.0080696	0.0116203	0.0158164	0.0206582	0.0322784	0.0464810	0.0632658	0.0826328
4.00	0.0012350	0.0020871	0.0035690	0.0049398	0.0077484	0.0111146	0.01515281	0.0197592	0.0308738	0.0444583	0.0605126	0.0790369
4.50	0.0011874	0.0020067	0.0034317	0.0047497	0.0074214	0.0106888	0.0145459	0.0189988	0.0296856	0.0427473	0.0581838	0.0759951
5.00	0.0011465	0.0019375	0.0033133	0.0045858	0.0071654	0.0103182	0.0140441	0.0183434	0.0286615	0.0412726	0.0561766	0.0733735
5.50	0.0011106	0.0018770	0.0032097	0.0044425	0.0069414	0.0099956	0.0136051	0.0177700	0.0277656	0.0399825	0.0544206	0.0710800
6.00	0.0010789	0.0018233	0.0031180	0.0043155	0.0067430	0.0097100	0.0132164	0.0172622	0.0269722	0.0388400	0.0528655	0.0690488

Tabla 4. Formulación de Manning-Strickler. Valores de λ .

VALORES DE C=
según la formulación de Bazin

$$C = \frac{87}{(1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}})}$$

R	0,06	0,10	0,16	0,20	0,30	0,46	0,60	0,85	1,30	1,45	1,65	1,75
0,01	54,37500	43,50000	33,46154	29,00000	21,75000	15,53571	12,42857	9,15789	6,21429	5,61290	4,97143	4,70270
0,03	64,61627	55,15579	45,22393	40,37684	31,84421	23,79773	19,48880	14,72710	10,22861	9,29339	8,26503	7,83528
0,05	68,59424	60,11552	50,71284	45,92417	37,15344	28,45753	23,62024	18,12003	12,76825	11,62387	10,38307	9,85697
0,07	70,91744	63,13661	54,21428	49,54642	40,77055	31,76763	26,62352	20,55185	14,71200	13,42492	12,02253	11,42575
0,10	73,12543	66,09798	57,77029	53,29395	44,64553	35,44297	30,02727	23,59043	17,02224	15,57660	13,99218	13,31500
0,11	73,67220	66,84536	58,68789	54,27247	45,68046	36,44815	30,97113	24,41868	17,68419	16,19534	14,56082	13,86134
0,12	74,15583	67,51120	59,51240	55,15579	46,62316	37,37265	31,84421	25,19009	18,30509	16,77662	15,09594	14,37585
0,13	74,58783	68,10975	60,25932	55,95934	47,48778	38,22814	32,65642	25,91232	18,89025	17,32524	15,60181	14,86258
0,14	74,97694	68,65199	60,94067	56,69516	48,28548	39,02392	33,41569	26,59151	19,44396	17,84510	16,08189	15,32480
0,15	75,32994	69,14646	61,56597	57,37281	49,02522	39,76752	34,12844	27,23268	19,96977	18,33940	16,53904	15,76521
0,16	75,65217	69,60000	62,14286	58,00000	49,71429	40,46512	34,80000	27,84000	20,47059	18,81081	16,97561	16,18605
0,17	75,94795	70,01811	62,67754	58,58305	50,35868	41,12184	35,43480	28,41695	20,94890	19,26157	17,39361	16,58921
0,18	76,22076	70,40531	63,17516	59,12718	50,96342	41,74203	36,03658	28,96650	21,40680	19,69358	17,79473	16,97631
0,19	76,47347	70,76532	63,63998	59,63677	51,53274	42,32933	36,60854	29,49119	21,84610	20,10850	18,18045	17,34873
0,20	76,70848	71,10127	64,07561	60,11552	52,07023	42,88690	37,15344	29,99320	22,26836	20,50775	18,55204	17,70769
0,25	77,67857	72,50000	65,90909	62,14286	54,37500	45,31250	39,54545	32,22222	24,16667	22,30769	20,23256	19,33333
0,30	78,41055	73,56832	67,33128	63,72934	56,21162	47,28669	41,51863	34,09250	25,78951	23,85309	21,68238	20,73874
0,35	78,98905	74,42062	68,47971	65,01942	57,72705	48,94399	43,19365	35,70311	27,20960	25,21047	22,96115	21,98058
0,40	79,46161	75,12215	69,43435	66,09798	59,00939	50,36693	44,64553	37,11655	28,47343	26,42248	24,10721	23,09534
0,45	79,85734	75,71332	70,24548	67,01884	60,11552	51,60976	45,92417	38,37693	29,61273	27,51830	25,14687	24,10810
0,50	80,19521	76,22076	70,94661	67,81813	61,08418	52,71008	47,06447	39,50807	30,65023	28,51889	26,09907	25,03688
0,55	80,48819	76,66279	71,56112	68,52121	61,94287	53,69496	48,09181	40,53790	31,60281	29,43984	26,97792	25,89517
0,60	80,74548	77,05256	72,10587	69,14646	62,71182	54,58456	49,02522	41,48101	32,48338	30,29309	27,79428	26,69334
0,65	80,97386	77,39974	72,59343	69,70766	63,40626	55,39426	49,87936	42,35029	33,30205	31,08804	28,55668	27,43953
0,70	81,17840	77,71168	73,03335	70,21533	64,03799	56,13609	50,66573	43,15595	34,06692	31,83220	29,27196	28,14031
0,75	81,36301	77,99403	73,43308	70,67769	64,61627	56,81958	51,39352	43,90623	34,78455	32,53169	29,94573	28,80102
0,80	81,53075	78,25124	73,79852	71,10127	65,14852	57,45245	52,07023	44,60786	35,46035	33,19155	30,58259	29,42609
0,85	81,68407	78,48690	74,13439	71,49135	65,64077	58,04101	52,70200	45,26642	36,09887	33,81601	31,18641	30,01924
0,90	81,82494	78,70388	74,44457	71,85222	66,09798	58,59049	53,29395	45,88659	36,70390	34,40865	31,76049	30,58360
0,95	81,95496	78,90456	74,73222	72,18745	66,52426	59,10527	53,85040	46,47233	37,27871	34,97250	32,30761	31,12187
1,00	82,07547	79,09091	75,00000	72,50000	66,92308	59,58904	54,37500	47,02703	37,82609	35,51020	32,83019	31,63636
1,50	82,93694	80,43270	76,94761	74,78729	69,88238	63,24566	58,39326	51,35706	42,20339	39,83662	37,06513	35,81914
2,00	83,45913	81,25444	78,15749	76,22076	71,77436	65,64704	61,08418	54,33965	45,33047	42,95650	40,15274	38,88378
2,50	83,81928	81,82494	79,00523	77,23097	73,12543	67,39303	63,06755	56,58216	47,74469	45,38198	42,57294	41,29491
3,00	84,08714	82,25122	79,64290	77,99403	74,15583	68,74312	64,61627	58,35997	49,69851	47,35576	44,55534	43,27577
3,50	84,29650	82,58561	80,14566	78,59757	74,97694	69,83014	65,87348	59,82078	51,33109	49,01249	46,22835	44,95161
4,00	84,46602	82,85714	80,55556	79,09091	75,65217	70,73171	66,92308	61,05263	52,72727	50,43478	47,67123	46,40000
4,50	84,60695	83,08341	80,89827	79,50427	76,22076	71,49631	67,81813	62,11207	53,94259	51,67693	48,93641	47,67233
5,00	84,72655	83,27579	81,19048	79,85734	76,70848	72,15616	68,59424	63,03747	55,01532	52,77654	50,06035	48,80446
5,50	84,82971	83,44202	81,44357	80,16362	77,13310	72,73368	69,27629	63,85597	55,97296	53,76071	51,06945	49,82240
6,00	84,91990	83,58755	81,66562	80,43270	77,50733	73,24501	69,88238	64,58744	56,83590	54,64961	51,98345	50,74560

Tabla 5. Formulación de Bazin. Valores de C.

Coefficiente de Fanning según la formulación de Bazin

$\lambda = \frac{2g}{C^3}$

γ	0.06	0.10	0.16	0.20	0.30	0.46	0.60	0.85	1.30	1.45	1.65	1.75
0.01	0.0066291	0.0103580	0.0175051	0.0233056	0.0414322	0.0812070	0.1268860	0.2337033	0.5075439	0.6221297	0.7930374	0.8862597
0.03	0.0046943	0.0064428	0.0095834	0.0120224	0.0193284	0.0346087	0.0516043	0.0903695	0.1873366	0.2274276	0.2869243	0.3192622
0.05	0.0041656	0.0054235	0.0076211	0.0092934	0.0141990	0.0242025	0.0351307	0.0596950	0.1202246	0.1450623	0.1818044	0.2017292
0.07	0.0038972	0.0049169	0.0066685	0.0079842	0.0117913	0.0194217	0.0276519	0.0459556	0.0905550	0.1087508	0.1356015	0.1501366
0.10	0.0036654	0.0044862	0.0058728	0.0069008	0.0098333	0.0156026	0.0217382	0.0352196	0.0676430	0.0807813	0.1001118	0.1105539
0.11	0.0036112	0.0043865	0.0056906	0.0066542	0.0093928	0.0147538	0.0204335	0.0328709	0.0626737	0.0747267	0.0924452	0.1020106
0.12	0.0035642	0.0043004	0.0055340	0.0064428	0.0090168	0.0140329	0.0193284	0.0308885	0.0584941	0.0696382	0.0860074	0.0948394
0.13	0.0035231	0.0042251	0.0053977	0.0062591	0.0086915	0.0134119	0.0183789	0.0291906	0.0549264	0.0652977	0.0805204	0.0887294
0.14	0.0034866	0.0041586	0.0052777	0.0060977	0.0084066	0.0128705	0.0175532	0.0277185	0.0518426	0.0615486	0.0757847	0.0834577
0.15	0.0034540	0.0040994	0.0051710	0.0059545	0.0081549	0.0123936	0.0168276	0.0264287	0.0491485	0.0582755	0.0716532	0.0786600
0.16	0.0034246	0.0040461	0.0050754	0.0058264	0.0079304	0.0119700	0.0161844	0.0252882	0.0467730	0.0553912	0.0680151	0.0748126
0.17	0.0033980	0.0039979	0.0049892	0.0057110	0.0077287	0.0115907	0.0156098	0.0242717	0.0446615	0.0528291	0.0647853	0.0712205
0.18	0.0033737	0.0039541	0.0049109	0.0056064	0.0075464	0.0112489	0.0150928	0.0233595	0.0427713	0.0505367	0.0618975	0.0680095
0.19	0.0033515	0.0039139	0.0048394	0.0055110	0.0073806	0.0109389	0.0146248	0.0225357	0.0410685	0.0484726	0.0592989	0.0651209
0.20	0.0033310	0.0038770	0.0047739	0.0054235	0.0072290	0.0106663	0.0141990	0.0217877	0.0395257	0.0466037	0.0569473	0.0625075
0.25	0.0032483	0.0037289	0.0045120	0.0050754	0.0066291	0.0095460	0.0125332	0.0188775	0.0335660	0.0393864	0.0478800	0.0524376
0.30	0.0031879	0.0036214	0.0043234	0.0048259	0.0062030	0.0087855	0.0113703	0.0168631	0.0294693	0.0344482	0.0416910	0.0455713
0.35	0.0031414	0.0035389	0.0041796	0.0046363	0.0058816	0.0081820	0.0105055	0.0153760	0.0264735	0.0308386	0.0371765	0.0405675
0.40	0.0031041	0.0034731	0.0040654	0.0044862	0.0056288	0.0077262	0.0098333	0.0142272	0.0241756	0.0280743	0.0337258	0.0367458
0.45	0.0030735	0.0034191	0.0039721	0.0043638	0.0054235	0.0073586	0.0092934	0.0133095	0.0223511	0.0258829	0.0309947	0.0337233
0.50	0.0030476	0.0033737	0.0038940	0.0042615	0.0052529	0.0070545	0.0088485	0.0125570	0.0208636	0.0240985	0.0287744	0.0312677
0.55	0.0030255	0.0033349	0.0038274	0.0041745	0.0051083	0.0067981	0.0084745	0.0119271	0.0196248	0.0226144	0.0269302	0.0292293
0.60	0.0030062	0.0033013	0.0037698	0.0040994	0.0049838	0.0065783	0.0081549	0.0113909	0.0185752	0.0213584	0.0253715	0.0275074
0.65	0.0029893	0.0032717	0.0037193	0.0040336	0.0048752	0.0063874	0.0078780	0.0109281	0.0176732	0.0202801	0.0240348	0.0260317
0.70	0.0029742	0.0032455	0.0036746	0.0039755	0.0047795	0.0062197	0.0076353	0.0105238	0.0168885	0.0193430	0.0228745	0.0247513
0.75	0.0029608	0.0032221	0.0036347	0.0039237	0.0046943	0.0060710	0.0074206	0.0101673	0.0161988	0.0185201	0.0218568	0.0236287
0.80	0.0029486	0.0032009	0.0035988	0.0038770	0.0046179	0.0059380	0.0072290	0.0098499	0.0155873	0.0177910	0.0209560	0.0226355
0.85	0.0029375	0.0031817	0.0035663	0.0038349	0.0045489	0.0058182	0.0070567	0.0095654	0.0150407	0.0171400	0.0201523	0.0217499
0.90	0.0029274	0.0031642	0.0035366	0.0037964	0.0044862	0.0057095	0.0069008	0.0093086	0.0145489	0.0165547	0.0194304	0.0209546
0.95	0.0029181	0.0031481	0.0035095	0.0037613	0.0044289	0.0056105	0.0067589	0.0090754	0.0141037	0.0160252	0.0187779	0.0202360
1.00	0.0029096	0.0031333	0.0034844	0.0037289	0.0043763	0.0055198	0.0066291	0.0088626	0.0136985	0.0155435	0.0181848	0.0195832
1.50	0.0028494	0.0030296	0.0033103	0.0035043	0.0040135	0.0049000	0.0057482	0.0074311	0.0110043	0.0123507	0.0142667	0.0152766
2.00	0.0028139	0.0029687	0.0032086	0.0033737	0.0038047	0.0045481	0.0052529	0.0066378	0.0095384	0.0106218	0.0121570	0.0129634
2.50	0.0027898	0.0029274	0.0031401	0.0032860	0.0036654	0.0043154	0.0049277	0.0061221	0.0085982	0.0095168	0.0108141	0.0114938
3.00	0.0027720	0.0028972	0.0030900	0.0032221	0.0035642	0.0041476	0.0046943	0.0057547	0.0079354	0.0087400	0.0098732	0.0104657
3.50	0.0027583	0.0028737	0.0030514	0.0031728	0.0034866	0.0040195	0.0045168	0.0054771	0.0074387	0.0081591	0.0091715	0.0096999
4.00	0.0027472	0.0028549	0.0030204	0.0031333	0.0034373	0.0039177	0.0043763	0.0052583	0.0070499	0.0077054	0.0086247	0.0091037
4.50	0.0027381	0.0028394	0.0029949	0.0031008	0.0033737	0.0038343	0.0042615	0.0050805	0.0067359	0.0073394	0.0081845	0.0086243
5.00	0.0027303	0.0028263	0.0029733	0.0030735	0.0033310	0.0037645	0.0041656	0.0049324	0.0064757	0.0070368	0.0078211	0.0082288
5.50	0.0027237	0.0028151	0.0029549	0.0030500	0.0032944	0.0037050	0.0040840	0.0048068	0.0062560	0.0067815	0.0075151	0.0078960
6.00	0.0027179	0.0028053	0.0029389	0.0030296	0.0032627	0.0036534	0.0040135	0.0046985	0.0060675	0.0065627	0.0072531	0.0076113

Tabla 6. Formulación de Bazin. Valores de λ .

VALORES DE C=
según la formulación de Koeschlin
 $K(1 + 0.06 \times \sqrt{R})$

R	K	18	20	24	28	32	36	40	42	44	46	48	52
0,01	19,08000	21,20000	25,44000	29,68000	33,92000	38,16000	42,40000	46,64000	50,88000	55,12000	59,36000	63,60000	67,84000
0,03	19,87061	22,07846	26,49415	30,90985	35,32554	39,74123	44,15692	48,57261	52,98831	57,40400	61,81969	66,23538	70,65107
0,05	20,41495	22,68328	27,21994	31,75659	36,23925	40,29911	45,36556	49,90322	54,43988	58,97653	63,51318	68,04983	72,58648
0,07	20,85741	23,17490	27,80988	32,44486	37,07984	41,71482	46,34980	50,98478	55,64976	60,31474	64,98972	69,66468	74,33968
0,10	21,41526	23,79473	28,55368	33,31263	38,07157	42,83052	47,58947	52,34841	57,10638	61,86431	66,54018	71,21930	75,87942
0,11	21,58195	23,97995	28,77594	33,57193	38,36792	43,16391	47,95990	52,35889	57,15388	61,94887	66,74386	71,53285	76,32184
0,12	21,74123	24,15692	28,98831	33,81969	38,65108	43,48246	48,31384	52,72954	57,56092	62,39761	67,27661	72,15560	77,03459
0,13	21,89400	24,32666	29,19199	34,05733	38,92266	43,78799	48,65332	53,08599	57,95132	62,81932	67,70032	72,58131	77,46130
0,14	22,04099	24,48999	29,38799	34,28598	39,18398	44,08198	48,97998	53,27798	58,16598	63,05398	67,94198	72,83098	77,72098
0,15	22,18282	24,64758	29,57710	34,50661	39,43613	44,36564	49,29516	53,57592	58,45988	63,34441	68,23441	73,12441	78,01441
0,16	22,32000	24,80000	29,76000	34,72000	39,68000	44,64000	49,60000	54,00000	58,80000	63,60000	68,40000	73,20000	78,00000
0,17	22,45295	24,94773	29,93727	34,92682	39,91636	44,90591	49,89545	54,29023	59,08522	63,88000	68,67477	73,46954	78,26409
0,18	22,58205	25,09117	30,10940	35,12764	40,14587	45,16410	50,18234	54,69145	59,20057	63,70969	68,51881	73,62704	78,53704
0,19	22,70761	25,23068	30,27681	35,32295	40,36909	45,41522	50,46136	54,98443	59,50749	64,03056	68,83363	73,95976	78,81306
0,20	22,82991	25,36656	30,43988	35,51319	40,58650	45,65981	50,73313	55,26978	59,80644	64,34310	69,07975	74,35306	79,10000
0,25	23,40000	26,00000	31,20000	36,40000	41,60000	46,80000	52,00000	57,20000	62,40000	67,60000	72,80000	78,00000	83,20000
0,30	23,91540	26,57267	31,88720	37,20174	42,51627	47,83081	53,14534	58,45988	63,77441	69,08894	74,40347	79,71801	85,03254
0,35	24,38937	27,09930	32,51915	37,93901	43,35887	48,77873	54,19859	59,61845	64,93831	70,45817	75,97803	81,49789	87,01775
0,40	24,83052	27,58947	33,10736	38,62525	44,14315	49,66104	55,17893	60,69683	66,45577	71,91472	77,47268	83,03064	88,58860
0,45	25,24486	28,04984	33,65981	39,26978	44,87975	50,48972	56,09969	61,90467	67,70966	73,31464	79,11963	84,92460	90,72956
0,50	25,63675	28,48528	34,18234	39,87939	45,57645	51,27351	56,97036	62,78181	68,57876	74,37571	80,17266	86,06961	91,86454
0,55	26,00949	28,89944	34,67933	40,45921	46,23910	52,01899	57,79888	63,68882	69,57876	75,46871	81,35866	87,24861	93,13854
0,60	26,36564	29,29516	35,15419	41,01322	46,87226	52,73129	58,59032	64,44935	70,37887	76,30838	82,23789	88,16742	94,09736
0,65	26,70724	29,67471	35,60965	41,54459	47,47953	53,41448	59,34942	65,28436	71,25183	77,11930	83,08681	89,05424	95,02172
0,70	27,03593	30,03992	36,04790	42,05589	48,06387	54,07186	60,07984	66,08782	72,09581	78,10379	84,11176	90,11974	96,12771
0,75	27,35307	30,39230	36,47077	42,54923	48,62769	54,70615	60,78461	66,86307	72,94153	79,01999	85,09845	91,17742	97,24588
0,80	27,65981	30,73313	36,87975	43,02638	49,17300	55,31963	61,46625	67,53957	73,61288	79,68619	85,75950	91,83061	97,90613
0,85	27,95711	31,06345	37,27614	43,48883	49,70153	55,91422	62,12691	68,23325	74,33960	80,44594	86,55229	92,65468	98,76498
0,90	28,24578	31,38420	37,66104	43,93788	50,21472	56,49156	62,76840	68,90682	75,04524	81,18366	87,32208	93,45892	99,63999
0,95	28,52654	31,69615	38,03538	44,37461	50,71385	57,05308	63,39231	69,56192	75,73154	81,90115	88,07077	94,24100	100,00000
1,00	28,80000	32,00000	38,40000	44,80000	51,20000	57,60000	64,00000	70,40000	76,80000	83,20000	89,60000	96,00000	102,40000
1,50	31,22724	34,69694	41,63633	48,57571	55,51510	62,45449	69,39388	76,33326	83,27265	90,21204	97,15143	104,09082	111,03021
2,00	33,27351	36,97056	44,36468	51,75879	59,15290	66,54701	73,94113	81,33524	88,72935	96,12346	103,51757	110,91168	118,30579
2,50	35,07630	38,97367	46,76840	54,56313	62,35787	70,15260	77,94733	85,74207	93,53680	101,33153	109,12626	116,92100	124,71573
3,00	36,70615	40,78461	48,94153	57,09845	65,25538	73,41230	81,56922	89,72614	97,88306	106,03999	114,19692	122,35385	130,51078
3,50	38,20495	42,44994	50,93993	59,42992	67,91991	76,40990	84,89989	93,38988	101,87987	110,36986	118,85985	127,34984	135,83983
4,00	39,60000	44,00000	52,80000	61,60000	70,40000	79,20000	88,00000	96,80000	105,60000	114,40000	123,20000	132,00000	140,80000
4,50	40,91026	45,45584	54,54701	63,63818	72,72935	81,82052	90,91169	99,45272	108,54389	117,63506	126,72623	135,81740	144,90857
5,00	42,14953	46,83282	56,19938	65,56594	74,93219	84,29907	93,66595	103,03219	112,39876	121,76532	131,13188	140,49539	149,85890
5,50	43,32825	48,14249	57,77099	67,39949	77,02799	86,65649	96,28499	105,91349	115,54199	125,17049	134,79899	144,42749	154,05599
6,00	44,45449	49,39388	59,27265	69,15143	79,03020	88,90898	98,78775	108,66653	118,54530	128,42408	138,30285	148,18162	158,06039

Tabla 7. Formulación de Koeschlin. Valores de C.

R	Coeficiente de Fanning según la formulación de Koeschlin $(\lambda=2g/C^2)$															
	K	18	20	24	28	32	36	40	42	44	46	48	52			
0,01	0,0538393	0,0436098	0,0302846	0,0222499	0,0170351	0,0134598	0,0109025	0,0098888	0,0090103	0,0082438	0,0075712	0,0064512				
0,03	0,0496402	0,0402086	0,0279226	0,0205146	0,0157065	0,0124100	0,0100521	0,0091176	0,0083076	0,0076009	0,0069807	0,0059480				
0,05	0,0470283	0,0380929	0,0264534	0,0194800	0,0148000	0,0117571	0,0095232	0,0086379	0,0078704	0,0072009	0,0066134	0,0056350				
0,07	0,0450542	0,0364939	0,0253430	0,0186193	0,0142554	0,0112635	0,0091235	0,0082753	0,0075401	0,0068987	0,0063357	0,0053985				
0,10	0,0427375	0,0346174	0,0240399	0,0176619	0,0135224	0,0106844	0,0086543	0,0078497	0,0071524	0,0065439	0,0060100	0,0051209				
0,11	0,0420799	0,0340847	0,0236699	0,0173902	0,0133143	0,0105200	0,0085212	0,0077290	0,0070423	0,0064432	0,0059175	0,0050421				
0,12	0,0414656	0,0335871	0,0233244	0,0171363	0,0131200	0,0103664	0,0083968	0,0076161	0,0069395	0,0063492	0,0058311	0,0049685				
0,13	0,0408890	0,0331201	0,0230000	0,0168980	0,0129375	0,0102222	0,0082800	0,0075102	0,0068430	0,0062609	0,0057500	0,0048994				
0,14	0,0403454	0,0326798	0,0226943	0,0166733	0,0127655	0,0100863	0,0081699	0,0074104	0,0067520	0,0061776	0,0056736	0,0048343				
0,15	0,0398311	0,0322632	0,0224050	0,0164608	0,0126028	0,0099578	0,0080658	0,0073159	0,0066660	0,0060989	0,0056013	0,0047727				
0,16	0,0393430	0,0318678	0,0221304	0,0162591	0,0124484	0,0098358	0,0079670	0,0072263	0,0065843	0,0060242	0,0055326	0,0047142				
0,17	0,0388785	0,0314916	0,0218691	0,0160671	0,0123014	0,0097196	0,0078729	0,0071409	0,0065065	0,0059530	0,0054673	0,0046585				
0,18	0,0384352	0,0311325	0,0216198	0,0158839	0,0121611	0,0096088	0,0077831	0,0070595	0,0064323	0,0058852	0,0054050	0,0046054				
0,19	0,0380113	0,0307892	0,0213814	0,0157088	0,0120270	0,0095028	0,0076973	0,0069817	0,0063614	0,0058203	0,0053453	0,0045546				
0,20	0,0376052	0,0304602	0,0211529	0,0155409	0,0118985	0,0094013	0,0076151	0,0069071	0,0062934	0,0057581	0,0052882	0,0045059				
0,25	0,0357952	0,0289941	0,0201348	0,0147929	0,0113258	0,0089488	0,0072485	0,0065746	0,0059905	0,0054809	0,0050337	0,0042891				
0,30	0,0342689	0,0277578	0,0192763	0,0141622	0,0108429	0,0085672	0,0069395	0,0062943	0,0057351	0,0052472	0,0048191	0,0041062				
0,35	0,0329500	0,0266895	0,0185344	0,0136171	0,0104256	0,0082375	0,0066724	0,0060520	0,0055144	0,0050453	0,0046336	0,0039481				
0,40	0,0317896	0,0257495	0,0178816	0,0131375	0,0100584	0,0079474	0,0064374	0,0058389	0,0053202	0,0048676	0,0044704	0,0038091				
0,45	0,0307546	0,0249112	0,0172995	0,0127098	0,0097309	0,0076887	0,0062278	0,0056488	0,0051469	0,0047091	0,0043249	0,0036851				
0,50	0,0298215	0,0241554	0,0167746	0,0123242	0,0094357	0,0074554	0,0060389	0,0054774	0,0049908	0,0045662	0,0041937	0,0035733				
0,55	0,0289729	0,0234681	0,0162973	0,0119735	0,0091672	0,0072432	0,0058670	0,0053216	0,0048488	0,0044363	0,0040743	0,0034716				
0,60	0,0281955	0,0228383	0,0158600	0,0116522	0,0089212	0,0070489	0,0057096	0,0051788	0,0047187	0,0043173	0,0039650	0,0033785				
0,65	0,0274788	0,0222578	0,0154568	0,0113560	0,0086945	0,0068697	0,0055645	0,0050471	0,0045987	0,0042075	0,0038642	0,0032926				
0,70	0,0268147	0,0217199	0,0150833	0,0110816	0,0084843	0,0067037	0,0054300	0,0049252	0,0044876	0,0041058	0,0037708	0,0032130				
0,75	0,0261965	0,0212192	0,0147355	0,0108261	0,0082867	0,0065491	0,0053048	0,0048116	0,0043841	0,0040112	0,0036839	0,0031389				
0,80	0,0256187	0,0207512	0,0144105	0,0105873	0,0081059	0,0064047	0,0051878	0,0047055	0,0042874	0,0039227	0,0036026	0,0030697				
0,85	0,0250768	0,0203122	0,0141057	0,0103634	0,0079344	0,0062692	0,0050780	0,0046059	0,0041967	0,0038397	0,0035264	0,0030048				
0,90	0,0245668	0,0198991	0,0138188	0,0101526	0,0077731	0,0061417	0,0049748	0,0045123	0,0041114	0,0037616	0,0034547	0,0029437				
0,95	0,0240856	0,0195094	0,0135482	0,0099538	0,0076208	0,0060214	0,0048773	0,0044239	0,0040309	0,0036880	0,0033870	0,0028860				
1,00	0,0236304	0,0191406	0,0132921	0,0097656	0,0074768	0,0059076	0,0047852	0,0043403	0,0039547	0,0036183	0,0033230	0,0028315				
1,50	0,0200997	0,0162807	0,0113061	0,0083065	0,0063597	0,0050249	0,0040702	0,0036918	0,0033638	0,0030376	0,0028265	0,0024084				
2,00	0,0177035	0,0143398	0,0099582	0,0073162	0,0056015	0,0044259	0,0035850	0,0032517	0,0029628	0,0027107	0,0024896	0,0021213				
2,50	0,0159305	0,0129037	0,0089609	0,0065835	0,0050405	0,0039826	0,0032259	0,0029260	0,0026660	0,0024393	0,0022402	0,0019088				
3,00	0,0145472	0,0117832	0,0081828	0,0060118	0,0046028	0,0036368	0,0029458	0,0026719	0,0024345	0,0022274	0,0020457	0,0017431				
3,50	0,0134282	0,0108768	0,0075533	0,0055494	0,0042488	0,0033570	0,0027192	0,0024464	0,0022473	0,0020561	0,0018883	0,0016090				
4,00	0,0124987	0,0101240	0,0070305	0,0051653	0,0039357	0,0031247	0,0025310	0,0022957	0,0020917	0,0019138	0,0017576	0,0014976				
4,50	0,0117109	0,0094859	0,0065874	0,0048397	0,0037054	0,0029277	0,0023715	0,0021510	0,0019599	0,0017932	0,0016469	0,0014032				
5,00	0,0110324	0,0089363	0,0062057	0,0045593	0,0034907	0,0027581	0,0022341	0,0020264	0,0018463	0,0016893	0,0015514	0,0013219				
5,50	0,0104403	0,0084567	0,0058727	0,0043146	0,0033034	0,0026101	0,0021142	0,0019176	0,0017472	0,0015986	0,0014682	0,0012510				
6,00	0,0099180	0,0080336	0,0055789	0,0040988	0,0031381	0,0024795	0,0020084	0,0018217	0,0016598	0,0015186	0,0013947	0,0011884				

Tabla 8. Formulación de Koeschlin. Valores de λ .

VALORES DE C= $\delta \times R^{0.2}$
según la formulación de Forchheimer

R	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90
0,01	7,96214	11,94322	13,93375	15,92429	17,91482	19,90536	21,89589	23,88643	25,87697	27,86750	31,84857	35,82965
0,03	9,91869	14,87803	17,35738	22,31705	24,79672	27,27639	29,75606	32,23574	34,71541	37,19508	41,17575	45,15642
0,05	10,98561	16,47841	19,22481	21,97121	24,71361	27,45601	30,19841	32,94081	35,68321	38,42561	43,37041	48,31521
0,07	11,75032	17,62548	20,56306	23,50064	26,38822	29,27580	32,16298	35,05016	37,93734	40,82370	46,70846	52,59362
0,10	12,61915	18,92872	22,08351	25,23829	28,39308	31,54787	34,70265	37,51713	40,14239	43,16705	50,47659	56,78616
0,11	12,86200	19,29300	22,50850	25,72400	28,93500	32,15500	35,00000	37,88600	40,71000	43,50000	51,44800	57,87900
0,12	13,08779	19,63168	22,90363	26,17558	29,44752	32,71947	35,99142	39,26336	42,53531	45,80726	52,35115	58,89505
0,13	13,29899	19,94849	23,27323	26,59798	29,92273	33,24748	36,57222	39,89697	43,22172	46,54647	53,19596	59,84546
0,14	13,49757	20,24636	23,62075	26,99514	30,36953	33,74393	37,11832	40,92711	43,86710	47,24150	53,99028	60,73907
0,15	13,68511	20,52766	23,94894	27,37022	30,79149	34,21277	37,63405	41,05533	44,47660	47,89788	54,74043	61,58299
0,16	13,86290	20,79435	24,26007	27,72579	31,19152	34,65724	38,12297	41,58869	45,05441	48,52014	55,45159	62,38304
0,17	14,03201	21,04801	24,55601	28,06401	31,57201	35,08002	38,58802	42,09602	45,60402	49,11202	56,12803	63,14403
0,18	14,19334	21,29000	24,83834	28,38667	31,93501	35,48334	39,03168	42,58001	46,12834	49,67668	56,77335	63,87001
0,19	14,34765	21,52147	25,10838	28,69530	32,28221	35,86912	39,45603	43,04294	46,62986	50,21677	57,39059	64,56442
0,20	14,49559	21,74339	25,36729	28,99119	32,61508	36,23898	39,86288	43,48678	47,11068	50,73458	57,98237	65,23017
0,25	15,15717	22,73575	26,52504	30,31433	34,10362	37,99291	41,68221	45,47150	49,26079	53,05008	60,62866	68,20725
0,30	15,72006	23,58009	27,51011	31,44012	35,37014	39,30015	43,23017	47,16019	51,09020	55,02022	62,88025	70,74028
0,35	16,21226	24,31839	28,37146	32,42452	36,47759	40,53065	44,58372	48,63678	52,68985	56,74292	64,84905	72,95518
0,40	16,65106	24,97660	29,13936	33,30213	37,46489	41,62766	45,79043	49,95319	54,11596	58,27872	66,60426	74,92979
0,45	17,04796	25,57194	29,83394	34,09593	38,35792	42,61991	46,88190	51,14389	55,40588	59,66787	68,19185	76,71583
0,50	17,41101	26,11652	30,46927	34,82202	39,17478	43,52753	47,88028	52,23303	56,58579	60,93854	69,64405	78,34955
0,55	17,74608	26,61913	31,05565	35,49217	39,92869	44,36521	48,80173	53,23825	57,67477	62,11129	70,98434	79,85738
0,60	18,05761	27,08641	31,60082	36,11522	40,62962	45,14402	49,65842	54,17283	58,68723	63,20163	72,23044	81,25924
0,65	18,34901	27,52352	32,11077	36,69802	41,28528	45,87253	50,45978	55,04703	59,63429	64,22154	73,39605	82,57055
0,70	18,62300	27,93450	32,59025	37,24600	41,90175	46,55750	51,21325	55,86899	60,52474	65,18049	74,49199	83,80349
0,75	18,88175	28,32263	33,04306	37,76350	42,48394	47,20438	51,92481	56,64525	61,36569	66,08613	75,52700	84,96788
0,80	19,12705	28,69057	33,47234	38,25410	43,03586	47,81762	52,59939	57,38115	62,16291	66,94467	76,50820	86,07172
0,85	19,36038	29,04056	33,88066	38,72075	43,56085	48,40094	53,24103	58,08113	62,92122	67,76131	77,44150	87,12169
0,90	19,58297	29,37445	34,27019	39,16593	44,06168	48,95742	53,85316	58,74890	63,64464	68,54039	78,33187	88,12335
0,95	19,79588	29,69381	34,64278	39,59175	44,54072	49,48969	54,43866	59,38763	64,33660	69,28556	79,18350	89,08144
1,00	20,00000	30,00000	35,00000	40,00000	45,00000	50,00000	55,00000	60,00000	65,00000	70,00000	80,00000	90,00000
1,50	21,68944	32,53415	37,95651	43,37887	48,80123	54,22359	59,64595	65,06831	70,49067	75,91302	86,75774	97,60246
2,00	22,97397	34,46095	40,20444	45,94793	51,69143	57,43492	63,17841	68,92190	74,66539	80,40888	91,89587	103,38285
2,50	24,02249	36,03373	42,03936	48,04498	54,05060	60,05622	66,06184	72,06747	78,07309	84,07871	96,08995	108,10120
3,00	24,91462	37,37193	43,60058	49,82924	56,05789	62,28655	68,51520	74,74386	80,97251	87,20117	99,65848	112,11578
3,50	25,69470	38,54205	44,96573	51,38941	57,81308	64,23676	70,66043	77,08411	83,50779	89,93146	102,77881	115,62616
4,00	26,39016	39,58524	46,18278	52,78032	59,37786	65,97540	72,57294	79,17047	85,76801	92,36555	105,56063	118,75571
4,50	27,01920	40,52880	47,28360	54,03840	60,79320	67,54800	74,30280	81,05760	87,81240	94,56720	108,07680	121,58640
5,00	27,59459	41,39189	48,29054	55,18919	62,08783	68,98648	75,88513	82,78378	89,68243	96,58108	110,37837	124,17567
5,50	28,12565	42,18847	49,21988	56,25130	63,28271	70,31412	77,34553	84,37694	91,40836	98,43977	112,50259	126,56541
6,00	28,61938	42,92907	50,08392	57,23876	64,39361	71,54845	78,70330	85,85814	93,01299	100,16784	114,47753	128,78722

Tabla 9. Formulación de Forchheimer. Valores de C.

Coefficiente de Fanning
según la formulación de Forchheimer

$\lambda = \frac{2g}{C^2}$

R	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90
0.01	0.3091691	0.1374085	0.1009532	0.0772923	0.0610704	0.0494671	0.0408819	0.0343521	0.0292704	0.0252383	0.0193231	0.0152676
0.03	0.1992267	0.0885452	0.0650536	0.0498067	0.0393534	0.0318763	0.0263440	0.0221363	0.0188617	0.0162634	0.0124517	0.0098384
0.05	0.1624082	0.0721814	0.0530313	0.0406021	0.0320806	0.0259853	0.0214755	0.0180454	0.0153759	0.0132578	0.0101505	0.0080202
0.07	0.1419570	0.0630920	0.0463533	0.0354893	0.0280409	0.0227131	0.0187712	0.0157730	0.0134397	0.0115883	0.0088723	0.0071012
0.10	0.1230824	0.0547033	0.0401902	0.0307706	0.0243126	0.0196932	0.0162754	0.0136758	0.0116528	0.0100475	0.0076927	0.0060781
0.11	0.1184784	0.0526570	0.0386868	0.0296196	0.0234031	0.0189565	0.0161643	0.0132169	0.0112169	0.0096717	0.0074049	0.0058508
0.12	0.1144257	0.0508559	0.0373635	0.0286064	0.0226026	0.0183081	0.0151307	0.0127140	0.0108332	0.0093409	0.0071516	0.0056507
0.13	0.1108202	0.0492534	0.0361862	0.0277050	0.0218904	0.0177312	0.0146539	0.0123134	0.0104918	0.0090465	0.0069263	0.0054726
0.14	0.1075833	0.0478148	0.0351292	0.0268958	0.0212510	0.0172133	0.0142259	0.0119537	0.0101854	0.0087823	0.0067240	0.0053128
0.15	0.1046549	0.0465133	0.0341730	0.0261637	0.0206726	0.0167448	0.0138387	0.0116283	0.0099082	0.0085433	0.0065409	0.0051681
0.16	0.1019878	0.0453279	0.0333021	0.0254969	0.0201457	0.0163180	0.0134860	0.0113320	0.0096556	0.0083255	0.0063742	0.0050364
0.17	0.0995443	0.0442419	0.0325043	0.0248861	0.0196631	0.0159271	0.0131629	0.0110605	0.0094243	0.0081261	0.0062215	0.0049158
0.18	0.0972942	0.0432419	0.0317695	0.0243236	0.0192186	0.0155671	0.0128654	0.0108105	0.0092113	0.0079424	0.0060809	0.0048047
0.19	0.0952126	0.0423167	0.0310898	0.0238032	0.0188074	0.0152340	0.0125901	0.0105792	0.0090142	0.0077725	0.0059508	0.0047019
0.20	0.0932790	0.0414574	0.0304585	0.0233198	0.0184255	0.0149246	0.0123344	0.0103643	0.0088312	0.0076146	0.0058299	0.0046064
0.25	0.0853140	0.0379173	0.0278578	0.0213285	0.0168521	0.0136502	0.0112812	0.0094793	0.0080771	0.0069644	0.0053321	0.0042130
0.30	0.0793136	0.0352505	0.0258983	0.0198284	0.0156669	0.0126902	0.0104877	0.0088126	0.0075090	0.0064746	0.0049571	0.0039167
0.35	0.0745708	0.0331426	0.0243497	0.0186427	0.0147300	0.0098606	0.0082856	0.0070600	0.0060874	0.0051483	0.0038625	0.0034910
0.40	0.0706923	0.0314188	0.0230832	0.0176731	0.0139639	0.0113108	0.0093477	0.0078547	0.0066928	0.0057708	0.0044183	0.0034910
0.45	0.0674390	0.0299729	0.0220209	0.0168597	0.0133213	0.0107902	0.0089176	0.0074932	0.0063848	0.0055052	0.0042149	0.0033303
0.50	0.0646559	0.0287360	0.0211121	0.0161640	0.0127715	0.0103449	0.0085495	0.0071840	0.0061213	0.0052780	0.0040410	0.0031929
0.55	0.0622373	0.0276610	0.0203224	0.0155593	0.0122938	0.0099580	0.0082297	0.0069153	0.0058923	0.0050806	0.0038898	0.0030734
0.60	0.0601085	0.0267149	0.0196273	0.0150271	0.0118733	0.0096174	0.0079482	0.0066787	0.0056907	0.0049068	0.0037568	0.0029683
0.65	0.0582144	0.0258731	0.0190088	0.0145536	0.0114991	0.0093143	0.0076978	0.0064683	0.0055114	0.0047522	0.0036384	0.0028748
0.70	0.0565141	0.0251174	0.0184536	0.0141285	0.0111633	0.0090423	0.0074729	0.0062793	0.0053504	0.0046134	0.0035321	0.0027908
0.75	0.0549758	0.0244337	0.0179513	0.0137440	0.0108594	0.0087961	0.0072695	0.0061084	0.0052048	0.0044478	0.0034360	0.0027149
0.80	0.0535747	0.0238110	0.0174938	0.0133937	0.0105827	0.0085720	0.0070843	0.0059527	0.0050722	0.0043734	0.0033484	0.0026457
0.85	0.0522912	0.0232405	0.0170747	0.0130728	0.0103291	0.0083666	0.0069145	0.0058101	0.0049506	0.0042687	0.0032682	0.0025823
0.90	0.0511092	0.0227152	0.0166887	0.0127773	0.0100956	0.0081775	0.0067582	0.0056788	0.0048387	0.0041722	0.0031943	0.0025239
0.95	0.0500157	0.0222292	0.0163317	0.0125039	0.0098797	0.0080025	0.0066137	0.0055573	0.0047352	0.0040829	0.0031260	0.0024699
1.00	0.0490000	0.0217778	0.0160000	0.0122500	0.0096790	0.0078400	0.0064793	0.0054444	0.0046391	0.0040000	0.0030625	0.0024198
1.50	0.0416639	0.0185173	0.0136045	0.0104160	0.0082299	0.0066662	0.0055093	0.0046293	0.0039445	0.0034011	0.0026040	0.0020575
2.00	0.0371351	0.0165045	0.0121257	0.0092838	0.0059416	0.00491261	0.00409104	0.00335157	0.0030314	0.0023209	0.0018338	0.0014338
2.50	0.0339641	0.0150952	0.0110903	0.0084910	0.0067090	0.0054343	0.0044911	0.0037738	0.0032155	0.0027726	0.0021228	0.0016772
3.00	0.0315753	0.0140335	0.0103103	0.0078938	0.0062371	0.0050520	0.0041752	0.0035084	0.0029894	0.0025776	0.0019735	0.0015593
3.50	0.0296872	0.0131943	0.0096938	0.0074218	0.00586641	0.0047499	0.0039256	0.0032986	0.0028106	0.0024234	0.0018554	0.0014660
4.00	0.0281431	0.0125080	0.0091896	0.0070358	0.0055591	0.0045029	0.0037214	0.0031270	0.0026644	0.0022974	0.0017589	0.0013898
4.50	0.0268479	0.0119324	0.0087667	0.0067120	0.0053033	0.0042957	0.0035501	0.0029831	0.0025418	0.0021917	0.0016780	0.0013258
5.00	0.0257400	0.0114400	0.0084049	0.0064350	0.0050844	0.0041184	0.0034036	0.0028600	0.0024369	0.0021012	0.0016087	0.0012711
5.50	0.0247771	0.0110121	0.0080905	0.0061943	0.0048942	0.0039643	0.0032763	0.0027530	0.0023458	0.0020226	0.0015486	0.0012236
6.00	0.0239296	0.0106354	0.0078137	0.0059824	0.0047268	0.0038287	0.0031642	0.0026588	0.0022855	0.0019534	0.0014956	0.0011817

Tabla 10. Formulación de Forchheimer. Valores de λ .

Categorías de rugosidad

Coeficiente promedio de Fanning (λ)		Categorías de rugosidad											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,01	0,009385	0,012974	0,018981	0,024671	0,035748	0,055700	0,075306	0,119778	0,214309	0,300843	0,436043	0,631222	
0,03	0,006480	0,008671	0,012154	0,015334	0,021306	0,030956	0,040904	0,060398	0,101041	0,140594	0,199473	0,287703	
0,05	0,005553	0,007329	0,010097	0,012596	0,017227	0,024385	0,031939	0,045781	0,074381	0,103110	0,144898	0,208463	
0,07	0,005040	0,006594	0,008988	0,011137	0,015090	0,021042	0,027420	0,038628	0,061659	0,085281	0,119144	0,171082	
0,10	0,004563	0,005917	0,007977	0,009820	0,013186	0,018128	0,023507	0,032576	0,051113	0,070542	0,097992	0,140399	
0,11	0,004446	0,005751	0,007732	0,009502	0,012729	0,017440	0,022586	0,031173	0,048703	0,067180	0,093188	0,134433	
0,12	0,004342	0,005604	0,007516	0,009222	0,012330	0,016840	0,021786	0,029961	0,046632	0,064292	0,089069	0,127462	
0,13	0,004249	0,005474	0,007324	0,008974	0,011976	0,016312	0,021081	0,028900	0,044828	0,061777	0,085488	0,122273	
0,14	0,004165	0,005356	0,007152	0,008752	0,011660	0,015841	0,020455	0,027961	0,043238	0,059563	0,082340	0,117711	
0,15	0,004089	0,005249	0,006996	0,008551	0,011374	0,015419	0,019893	0,027122	0,041824	0,057594	0,079544	0,113661	
0,16	0,004019	0,005152	0,006853	0,008368	0,011115	0,015036	0,019385	0,026367	0,040555	0,055829	0,077040	0,110034	
0,17	0,003955	0,005062	0,006723	0,008200	0,010878	0,014687	0,018922	0,025682	0,039409	0,054234	0,074780	0,106763	
0,18	0,003896	0,004979	0,006602	0,008046	0,010660	0,014368	0,018498	0,025057	0,038366	0,052784	0,072729	0,103794	
0,19	0,003841	0,004902	0,006491	0,007903	0,010459	0,014074	0,018109	0,024483	0,037413	0,051459	0,070855	0,101082	
0,20	0,003789	0,004831	0,006387	0,007771	0,010273	0,013802	0,017748	0,023984	0,036537	0,050241	0,069135	0,098594	
0,25	0,003575	0,004533	0,005958	0,007223	0,009505	0,012690	0,016279	0,021815	0,033018	0,045356	0,062251	0,088639	
0,30	0,003410	0,004305	0,005632	0,006808	0,008928	0,011861	0,015187	0,020243	0,030459	0,041807	0,057266	0,081438	
0,35	0,003278	0,004123	0,005372	0,006479	0,008471	0,011211	0,014332	0,019021	0,028488	0,039076	0,053440	0,075917	
0,40	0,003168	0,003971	0,005157	0,006208	0,008097	0,010681	0,013636	0,018034	0,026908	0,036888	0,050382	0,071507	
0,45	0,003074	0,003843	0,004976	0,005980	0,007782	0,010238	0,013055	0,017215	0,025603	0,035082	0,047862	0,067877	
0,50	0,002993	0,003732	0,004820	0,005783	0,007513	0,009859	0,012560	0,016519	0,024501	0,033558	0,045738	0,064819	
0,55	0,002922	0,003635	0,004683	0,005612	0,007278	0,009631	0,012130	0,015918	0,023554	0,032247	0,043915	0,062195	
0,60	0,002858	0,003549	0,004562	0,005460	0,007070	0,009242	0,011752	0,015391	0,022727	0,031104	0,042326	0,059911	
0,65	0,002801	0,003471	0,004454	0,005324	0,006885	0,008985	0,011416	0,014925	0,021997	0,030095	0,040925	0,057898	
0,70	0,002750	0,003401	0,004356	0,005202	0,006718	0,008754	0,011115	0,014508	0,021345	0,029196	0,039677	0,056105	
0,75	0,002703	0,003337	0,004268	0,005091	0,006567	0,008545	0,010842	0,014131	0,020760	0,028386	0,038555	0,054494	
0,80	0,002659	0,003279	0,004186	0,004989	0,006429	0,008355	0,010594	0,013789	0,020229	0,027653	0,037539	0,053036	
0,85	0,002619	0,003225	0,004111	0,004896	0,006302	0,008180	0,010367	0,013476	0,019744	0,026984	0,036613	0,051708	
0,90	0,002582	0,003175	0,004042	0,004810	0,006185	0,008019	0,010157	0,013188	0,019300	0,026370	0,035764	0,050491	
0,95	0,002548	0,003128	0,003978	0,004730	0,006077	0,007870	0,009963	0,012923	0,018890	0,025805	0,034981	0,049370	
1,00	0,002516	0,003085	0,003918	0,004655	0,005976	0,007732	0,009783	0,012676	0,018511	0,025281	0,034258	0,048333	
1,50	0,002278	0,002765	0,003478	0,004108	0,005239	0,006729	0,008479	0,010903	0,015800	0,021540	0,029096	0,040951	

Tabla 11.1. Coeficiente promedio de Fanning.

Categorías de rugosidad

Coeficiente promedio de Fanning (λ)		Categorías de rugosidad											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2,00	0,002126	0,002561	0,003200	0,003764	0,004778	0,006105	0,007669	0,009811	0,014149	0,019262	0,025961	0,036478	
2,50	0,002018	0,002416	0,003003	0,003520	0,004451	0,005666	0,007100	0,009048	0,013001	0,017678	0,023784	0,033377	
3,00	0,001935	0,002306	0,002852	0,003335	0,004203	0,005334	0,006669	0,008473	0,012139	0,016490	0,022153	0,031055	
3,50	0,001869	0,002217	0,002733	0,003188	0,004007	0,005071	0,006328	0,008019	0,011461	0,015554	0,020869	0,029229	
4,00	0,001814	0,002145	0,002634	0,003066	0,003845	0,004855	0,006049	0,007647	0,010907	0,014790	0,019822	0,027741	
4,50	0,001769	0,002084	0,002552	0,002964	0,003709	0,004673	0,005814	0,007336	0,010443	0,014150	0,018945	0,026496	
5,00	0,001729	0,002031	0,002481	0,002871	0,003593	0,004518	0,005613	0,007069	0,010047	0,013603	0,018197	0,025433	
5,50	0,001695	0,001985	0,002419	0,002801	0,003491	0,004383	0,005438	0,006838	0,009704	0,013129	0,017547	0,024512	
6,00	0,001665	0,001945	0,002364	0,002734	0,003402	0,004264	0,005284	0,006634	0,009402	0,012712	0,016977	0,023702	
6,50	0,001638	0,001909	0,002316	0,002674	0,003322	0,004158	0,005147	0,006453	0,009133	0,012342	0,016469	0,022983	
7,00	0,001614	0,001877	0,002272	0,002620	0,003251	0,004063	0,005023	0,006290	0,008892	0,012009	0,016015	0,022338	
7,50	0,001592	0,001848	0,002233	0,002572	0,003186	0,003977	0,004912	0,006143	0,008675	0,011709	0,015604	0,021755	
8,00	0,001572	0,001822	0,002197	0,002528	0,003127	0,003899	0,004810	0,006009	0,008477	0,011435	0,015230	0,021225	
8,50	0,001554	0,001797	0,002164	0,002487	0,003073	0,003827	0,004717	0,005887	0,008295	0,011185	0,014888	0,020739	
9,00	0,001537	0,001775	0,002134	0,002450	0,003023	0,003761	0,004632	0,005774	0,008129	0,010954	0,014573	0,020293	
9,50	0,001522	0,001754	0,002106	0,002415	0,002977	0,003699	0,004552	0,005669	0,007975	0,010742	0,014282	0,019881	
10,00	0,001507	0,001735	0,002080	0,002383	0,002935	0,003643	0,004479	0,005573	0,007831	0,010544	0,014012	0,019498	
10,50	0,001494	0,001718	0,002056	0,002353	0,002895	0,003590	0,004410	0,005482	0,007698	0,010360	0,013760	0,019141	
11,00	0,001482	0,001701	0,002033	0,002325	0,002858	0,003540	0,004346	0,005398	0,007574	0,010187	0,013525	0,018807	
11,50	0,001470	0,001685	0,002012	0,002299	0,002823	0,003494	0,004286	0,005319	0,007457	0,010026	0,013304	0,018495	
12,00	0,001459	0,001671	0,001992	0,002275	0,002790	0,003450	0,004229	0,005244	0,007347	0,009874	0,013097	0,018201	
12,50	0,001449	0,001657	0,001973	0,002251	0,002759	0,003409	0,004176	0,005174	0,007243	0,009731	0,012901	0,017924	
13,00	0,001439	0,001644	0,001955	0,002230	0,002729	0,003370	0,004125	0,005108	0,007145	0,009596	0,012717	0,017662	
13,50	0,001430	0,001631	0,001939	0,002209	0,002702	0,003333	0,004077	0,005045	0,007053	0,009467	0,012542	0,017414	
14,00	0,001421	0,001620	0,001923	0,002189	0,002675	0,003298	0,004032	0,004985	0,006965	0,009346	0,012376	0,017179	
14,50	0,001413	0,001609	0,001908	0,002170	0,002650	0,003264	0,003989	0,004929	0,006881	0,009230	0,012218	0,016955	
15,00	0,001405	0,001598	0,001893	0,002153	0,002626	0,003233	0,003948	0,004875	0,006802	0,009120	0,012068	0,016742	
15,50	0,001397	0,001588	0,001879	0,002136	0,002604	0,003202	0,003908	0,004823	0,006726	0,009015	0,011924	0,016539	

Tabla 11.2. Coeficiente promedio de Fanning.

Clase de cauce	Categ. (K)	Rugosidad	Tipología del cauce
Cauces Artificiales	1	Muy baja	Acequias de riego y tuberías
	2	"	parcialmente llenas.
	3	Baja	Canales revestidos de
	4	"	hormigón.
	5	Media-baja	Canales revestidos de
	6	"	mampostería.
	7	Media-alta	Canales excavados (sin
	8	"	revestir).
Cauces Naturales	9	Alta	Cauces naturales
	10	"	consolidados.
	11	Muy alta	Cauces naturales sin
	12	"	consolidar (en avenidas).

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Clasificación de los cauces abiertos según categorías de rugosidad.

K (categoría de rugosidad)	LÍNEA DE TENDENCIA	r ² (coeficiente de determinación o crítico)	F (estadístico de Snedecor)
1	$\lambda = 0.0026 \cdot R^{-0.2430}$	0.9951	11711.2
2	$\lambda = 0.0032 \cdot R^{-0.2691}$	0.9962	15046.2
3	$\lambda = 0.0040 \cdot R^{-0.2952}$	0.9963	15526.5
4	$\lambda = 0.0048 \cdot R^{-0.3112}$	0.9963	15598.9
5	$\lambda = 0.0062 \cdot R^{-0.3308}$	0.9960	14263.3
6	$\lambda = 0.0080 \cdot R^{-0.3545}$	0.9942	10010.6
7	$\lambda = 0.0102 \cdot R^{-0.3665}$	0.9944	10226.5
8	$\lambda = 0.0133 \cdot R^{-0.3914}$	0.9922	7333.24
9	$\lambda = 0.0197 \cdot R^{-0.4166}$	0.9899	5673.76
10	$\lambda = 0.0268 \cdot R^{-0.4222}$	0.9901	5820.31
11	$\lambda = 0.0364 \cdot R^{-0.4322}$	0.9898	5629.16
12	$\lambda = 0.0514 \cdot R^{-0.4384}$	0.9902	5834.41

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Ajuste potencial de la función $\lambda = f(R)$ para cada categoría de rugosidad.

3.1.- ANTECEDENTES

Con anterioridad a la propuesta de una metodología que resulte suficientemente válida en el establecimiento de nuevas formulaciones alternativas para el cálculo hidráulico de tuberías a presión, conviene realizar –aunque someramente por comprensibles limitaciones de espacio– un repaso bibliográfico que, a la postre, ponga de manifiesto la necesidad de obtener nuevas fórmulas prácticas ante la disparidad de resultados que ofrece la aplicación a los casos reales de muchas de las existentes.

Y así, veamos que H. Darcy (1865) llevó a cabo detenidas experiencias sobre 21 tubos de hierro fundido, plomo, hierro dulce, fundición asfaltada y vidrio, con diámetros comprendidos entre 0.012 y 0.5 m y 100 m de longitud (excepto el tubo de vidrio). Tres piezómetros permitían leer simultáneamente las presiones en el centro y en los extremos del tubo. De este modo, encontró Darcy, para los tubos nuevos de fundición, la relación:

$$D \cdot J = \left(0.001014 + \frac{0.00002588}{D} \right) V^2 \dots (1)$$

o, expresando la pérdida unitaria de carga en función del caudal Q , en m^3/s :

$$J = \left(0.001644 + \frac{0.000042}{D} \right) \frac{Q^2}{D^5},$$

cuyo valor, así calculado, de la pérdida de carga se duplica en el caso de tubos usados; además, al proyectar tuberías se aumentará el diámetro D calculado por la fórmula (1) en el doble espesor de las posibles incrustaciones. Como J es aproximadamente proporcional a $1/D^5$, si se duplica aquella magnitud, el diámetro sólo viene dividido por 1.15.

La gran disparidad de criterios existentes entre los hidraulistas respecto a esta cuestión, decidió a la Asociación de Arquitectos e Ingenieros Alemanes a recopilar experiencias referentes a la pérdida de carga y a su variación después de un prolongado servicio de la tubería. De muchas ciudades llegaron datos, de los que poco después O. Iben [2] dedujo que, para tuberías limpias, la fórmula de Darcy es la que mejor expresaba los resultados experimentales, y es aún aplicable para los mayores diámetros (Forchheimer, 1935-1950). Concluían que no puede establecerse ninguna ley de carácter general para el aumento de la resistencia con el tiempo a causa de la variedad e irregularidad de los sedimentos que se depositan en las paredes del tubo (óxido, lodo, conchas de moluscos, etc.).

Posteriormente, H. Lang en Hütte [3] (1931), teniendo en cuenta todas las experiencias publicadas hasta 1887 y otras 300 propias, dedujo una expresión, para velocidades comprendidas entre 0.004 y 53 m/s, y para tubos lisos (de hierro dulce, obtenidos por prensado o estirados, de vidrio, de chapa de cinc, pintados o asfaltados interiormente. Ulteriormente, el mismo Lang modificó sus puntos de vista, y en el año 1915 propuso, para movimiento turbulento en tubos otra fórmula en función de la viscosidad cinemática.

A resultados análogos a los de Reynolds (1903) había llegado A. Flamant (1891), quien, basándose en los ensayos de Couplet, Jardine, Bossut, Dubuat, J. Leslie, J. Simpson, H. Darcy, G. H. Bailey, G. S. Greene, J. M. Gale, C. J. N. Lampe, C. G. Darrach, V. Ehmann, O. Iben, Hamilton Smith, F. P. Stearns, C. Herschel, C. B. Brush, E. C. Clarke, Humblot y Meunier, estableció diversas fórmulas (Forchheimer, 1935-1950). No obstante, Flamant parece desconocer la mayor exactitud lograda al cambiar $V^{1.75}$ por V^2 en el caso de tubos de superficie interna muy rugosa.

Mientras que, según Tutton (Forchheimer, 1935-1950), η disminuye cuando μ aumenta en la formulación de Flamant:

$$V = \lambda D^\mu J^\eta = \lambda D^{\frac{5}{7}} J^{\frac{4}{7}} \quad \text{ó} \quad DJ = \frac{a_1}{\sqrt[4]{DV}} V^2,$$

según A. V. Saph y E. W. Schoder (1903) están en una relación fija. Estos autores, por medidas exactas sobre tubos de latón muy lisos de 2.5 a 52 mm, comprobaron que dos tubos aparentemente idénticos pueden dar a lugar a distintas pérdidas de carga o caudales, *ceteris paribus*.

E. Sonne mantiene el nada injustificado punto de vista de que sólo cabe establecer una fórmula para tuberías limpias o nuevas. Hace observar que, para diámetros de 0.10 y 0.15 m, las pérdidas de carga medidas por O. Iben (1880) son mucho mayores que las calculadas según las fórmulas de Darcy para

tuberías nuevas, que para $D = 0.30$ m los ensayos ofrecen a veces unos valores superiores y otras inferiores a los calculados por dicha fórmula de Darcy, y que para $D = 0.50$ m ya no existe diferencia apreciable entre los valores calculados y los observados. Hace notar, entre otros puntos, que, según Lang (1931), los valores de J , para tubos de pequeño diámetro, son todavía menores que según Darcy, y, finalmente, propone la misma fórmula:

$$D \cdot J = \left(0.00087 + \frac{0.00012 \sqrt{D} + 0.00003}{D} \right) V^2 = bV^2,$$

que, puesta bajo la forma clásica de Chèzy: $V = c \sqrt{\frac{DJ}{4}}$, da la siguiente serie de valores (calculados con mayor exactitud que la empleada por el autor de la fórmula):

D = 0.05	0.10	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.60
c = 44.6	50.8	55.7	59.4	61.0	62.0	62.6	63.1	63.8

mientras que, según Darcy, dichos valores de c son, respectivamente:

51.1 56.0 59.2 60.0 61.4 61.8 62.0 62.2 62.3.

Así pues, en el caso de tubos usados ha de aplicarse la fórmula de Sonne (Forchheimer, 1935-1950), mientras que para tubos nuevos ha de multiplicarse la pérdida de carga así calculada por un cierto coeficiente cuyo valor medio es para:

$D = 0.1 \ 0.2 \ 0.4 \ 0.6 \ 0.8 \ 1.0$ m.
respectivamente = 2.0 1.8 1.6 1.4 1.2 1.1.

Esta dificultad queda resuelta con las fórmulas propuestas por este mismo autor, en las que los valores de la velocidad media quedan afectados por unos coeficientes multiplicativos variables, en función del diámetro interior de la conducción, según que se trate de tubos seminuevos (α_1) o bien nuevos (α_2), pudiendo decirse lo mismo, en su caso, de la pérdida de carga unitaria J .

B. Biegeleisen y R. Bukowsky (1942) propusieron, como resultado del cálculo de muchas tuberías, una formulación para tubos de fundición, nuevos y usados, respectivamente. Y así podría entenderse que la velocidad y el caudal de los tubos usados es sólo el 67%, o sea $2/3$ partes, de los correspondientes a los tubos nuevos. También R. Tillmann (Forchheimer, 1935-1950) establece, para tubos nuevos de hierro, una nueva formulación.

Posteriormente, ya a partir de la segunda mitad del siglo XX, las formulaciones de empleo más corriente cuya comparación sigue ofreciendo resultados dispares en la práctica ingenieril, han sido las siguientes: Darcy-Weisbach, Hazen-Williams, Manning-Strickler-Gaukler, Scimemi, Meyer-Peter, Ludin, Stucky, Scobey, Kütter, Blasius-Flamant, Kozeny, Cruciani-Margaritora, Veronese-Datei, diversas fórmulas modernas para PVC y otras de menor uso, como las de Dupuit, Lévy, Bazin, Prony, Mougny, Sonier, Barnes, Vallot, Lang, Von Mises, Biel, Sonne, Colombo, Catani, Wegmann-Aeryns, Eytelwein o Lampe. En todos estos casos omitiremos la ampliación y desarrollo de cada una de ellas por las razones de espacio mencionadas.

Grado de rugosidad (K)	Material	K_1	β
1	Plásticos, vidrio, latón	86.85	0.62150
2	Fibro cemento, aluminio	78.29	0.63455
3	Acero, otros metales	70.02	0.64760
4	Fundición	63.92	0.65560
5	Hormigón	56.24	0.66540
6	Cerámica	49.51	0.67725

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Coeficientes de la formulación propuesta según las diferentes categorías de rugosidad.

Coeficientes de rozamiento - Desgaste normal					
Valores (D)	K_0	K_1	K_2	α_1	α_2
0.01	0.833333	1.000000	1.250000	1.200000	1.500000
0.02	1.559038	1.846990	2.265409	1.184699	1.453082
0.03	2.228147	2.616864	3.169873	1.174458	1.422650
0.04	2.857143	3.333333	4.000000	1.166667	1.400000
0.05	3.454915	4.008936	4.774575	1.160357	1.381966
0.06	4.027121	4.651531	5.505103	1.155051	1.367007
0.07	4.577706	5.266523	6.199352	1.150472	1.354249
0.08	5.109583	5.857864	6.862915	1.146447	1.343146
0.09	5.625000	6.428571	7.500000	1.142857	1.333333
0.10	6.125741	6.981019	8.113883	1.139620	1.324555
0.20	10.557281	11.803399	13.383054	1.118034	1.267661
0.30	14.316767	15.827417	17.694468	1.105516	1.235926
0.40	17.660738	19.371294	21.448744	1.096856	1.214487
0.50	20.710678	22.581381	24.823584	1.090326	1.198589
0.60	23.536857	25.540682	27.917451	1.085136	1.186116
0.70	26.184669	28.302039	30.791969	1.080863	1.175954
0.80	28.685614	30.901699	33.488856	1.077254	1.167444
0.90	31.062690	33.365876	36.037961	1.074146	1.160169
1.00	33.333333	35.714286	38.461538	1.071429	1.153846
1.10	35.511161	37.962220	40.776719	1.069022	1.148279
1.20	37.607060	40.121834	42.997033	1.066870	1.143323
1.30	39.629907	42.202985	45.133391	1.064928	1.138872
1.40	41.587058	44.213804	47.194746	1.063163	1.134842
1.50	43.484692	46.161094	49.188557	1.061548	1.131169
1.60	45.328063	48.050615	51.121116	1.060063	1.127803
1.70	47.121683	49.887299	52.997789	1.058691	1.124701
1.80	48.869465	51.675409	54.823199	1.057417	1.121829
1.90	50.574826	53.418657	56.601361	1.056230	1.119161
2.00	52.240775	55.120302	58.335789	1.055120	1.116672
2.10	53.869976	56.783225	60.029580	1.054079	1.114342
2.20	55.464803	58.409984	61.685482	1.053100	1.112155
2.30	57.027383	60.002867	63.305944	1.052176	1.110097
2.40	58.559628	61.563929	64.893160	1.051303	1.108155
2.50	60.063268	63.095023	66.449109	1.050476	1.106319
2.60	61.539873	64.597828	67.975578	1.049691	1.104578
2.70	62.990872	66.073872	69.474190	1.048944	1.102925
2.80	64.417572	67.524548	70.946423	1.048232	1.101352
2.90	65.821171	68.951132	72.393631	1.047553	1.099853
3.00	67.202771	70.354796	73.817052	1.046903	1.098423

Tabla 17. Coeficientes de rozamiento absolutos y relativos. Desgaste normal.

NOTA: JUSTIFICACIÓN DE LOS VALORES DE LOS COEFICIENTES DE ROZAMIENTO
En condiciones normales de funcionamiento, conservación y envejecimiento, se propone la toma en consideración de los siguientes valores del coeficiente m de la fórmula de Kutter:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Tubos usados} \quad \rightarrow m = 0.25 \\ \text{Tubos semi-nuevos} \rightarrow m = 0.20 \\ \text{Tubos nuevos} \quad \rightarrow m = 0.15 \end{array} \right.$$

Con ello, y en función del diámetro D (m), los coeficientes absolutos de rozamiento anteriormente tabulados valdrán:

$$\begin{aligned} - \text{ Tubos usados: } K_0 &= \frac{100 \cdot R}{0.25 + \sqrt{R}} = \frac{25 \cdot D}{0.25 + \frac{\sqrt{D}}{2}} = \frac{50 \cdot D}{0.50 + \sqrt{D}} \\ - \text{ Tubos semi-nuevos: } K_1 &= \frac{100 \cdot R}{0.20 + \sqrt{R}} = \frac{25 \cdot D}{0.20 + \frac{\sqrt{D}}{2}} = \frac{50 \cdot D}{0.40 + \sqrt{D}} \\ - \text{ Tubos nuevos: } K_2 &= \frac{100 \cdot R}{0.15 + \sqrt{R}} = \frac{25 \cdot D}{0.15 + \frac{\sqrt{D}}{2}} = \frac{50 \cdot D}{0.30 + \sqrt{D}} \end{aligned}$$

Del mismo modo, y en relación a la velocidad y el caudal del agua en los tubos usados, se tendrán los siguientes coeficientes relativos de rozamiento en función del diámetro interior de los tubos:

- Para tubos semi-nuevos $\rightarrow \alpha_1 = \frac{K_1}{K_0} = \frac{0.50 + \sqrt{D}}{0.40 + \sqrt{D}}$
- Para tubos nuevos $\rightarrow \alpha_2 = \frac{K_2}{K_0} = \frac{0.50 + \sqrt{D}}{0.30 + \sqrt{D}}$

que se han tabulado para la serie de diámetros interiores $D \in (0.01, 3.00)$.

Valores de		Tubos usados (l/s)						
J (‰)	D (m)	Biel	Biegeleisen-Bukowsky	Darcy	Kütter	Hazen-Williams	Franquet	Caudal medio
0.1	0.04	-	0.035	0.044	0.028	0.035	0.039	0.036
	0.10	-	0.37	0.49	0.39	0.39	0.45	0.42
	1.00	231	142	172	231	166	202	191
2.154	0.04	0.176	0.177	0.202	0.130	0.184	0.182	0.175
	0.10	2.26	1.88	2.28	1.79	2.04	2.08	2.06
	1.00	1110	716	799	1070	872	939	918
46.42	0.04	0.91	0.89	0.94	0.60	0.96	0.85	0.86
	0.10	11.0	9.5	10.6	8.3	10.7	9.6	9.9
	1.00	5200	3604	2950	4980	4579	4359	4279
1000	0.04	4.31	4.50	4.36	2.79	5.06	3.92	4.16
	0.10	50.7	47.8	49.2	38.6	56.3	44.7	47.9
	1.00	24200	18100	13700	23100	24030	20230	20560

NOTA: En el caso de la fórmula de Biel (1907), los dos valores no calculados se hallan por debajo del límite inferior de aplicación o validez de dicha fórmula. Elaboración propia.

Tabla 18. Comparación de las seis formulaciones analizadas en tubería de fundición en servicio.

Valores de		Tubos usados (l/s)						
J (‰)	D (m)	Biel	Biegeleisen-Bukowsky	Darcy	Kütter	Hazen-Williams	Franquet	DM
0.1	0.04	-	-0.001	+0.008	-0.008	-0.001	+0.003	0.004
	0.10	-	-0.05	+0.07	-0.03	-0.03	+0.03	0.04
	1.00	+40	-49	-19	+40	-25	+11	31
2.154	0.04	+0.001	+0.002	+0.027	-0.045	+0.009	+0.007	0.015
	0.10	+0.20	-0.18	+0.22	-0.27	-0.02	+0.02	0.15
	1.00	+192	-202	-119	+152	-46	+21	122
46.42	0.04	+0.05	+0.03	+0.08	-0.26	+0.10	-0.01	0.09
	0.10	+1.1	-0.4	+0.7	-1.6	+0.8	-0.3	0.8
	1.00	+921	-675	-1329	+701	+300	+80	668
1000	0.04	+0.15	+0.34	+0.20	-1.37	+0.90	-0.24	0.53
	0.10	+2.8	-0.1	+1.3	-9.3	+8.4	-3.2	4.2
	1.00	+3640	-2460	-6860	+2540	+3470	-330	3217
Nº outliers		6	5	6	10	4	0	-

NOTA: Las cantidades sombreadas indican los outliers de cada fórmula. Elaboración propia.

Tabla 19. Discrepancias de las formulaciones analizadas en tubería de fundición en servicio.

Valores de		VARIABLE CAUDAL TIPIFICADA Y							
J (‰)	D (m)	Biel	Biegeleisen-Bukowsky	Darcy	Kütter	Hazen-Williams	Franquet	Media	Varianza
0.1	0.04	-	-0.25	1.60	-1.60	-0.25	0.50	0	1
	0.10	-	-1.10	1.85	-0.75	-0.75	0.75	0	1
	1.00	1.21	-1.49	-0.50	1.21	-0.76	0.33	0	1
2.154	0.04	0.05	0.09	1.18	-2.05	0.41	0.32	0	1
	0.10	1.11	-1.00	1.29	-1.40	-0.11	0.11	0	1
	1.00	1.37	-1.44	-0.85	1.10	-0.33	0.15	0	1
46.42	0.04	0.41	0.29	0.66	-2.15	0.83	-0.04	0	1
	0.10	1.02	-0.43	0.75	-1.72	0.70	-0.32	0	1
	1.00	1.18	-0.86	-1.70	0.90	0.38	0.10	0	1
1000	0.04	0.21	0.49	0.29	-1.94	1.29	-0.34	0	1
	0.10	0.52	-0.02	0.24	-1.71	1.55	-0.58	0	1
	1.00	0.97	-0.65	-1.82	0.67	0.92	-0.09	0	1
Módulos Σ		8.05	8.11	12.73	17.20	8.28	3.63	-	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. Variable caudal tipificada.

Valores de		NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%						
J (%)	D (m)	Biel	Biegeleisen-Bukowsky	Darcy	Kütter	Hazen-Williams	Franquet	Nº aceptaciones
0.1	0.04	-	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	3
	0.10	-	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	4
	1.00	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ	1
2.154	0.04	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	4
	0.10	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	4
	1.00	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	4
46.42	0.04	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	5
	0.10	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	5
	1.00	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	4
1000	0.04	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	4
	0.10	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	4
	1.00	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	5
nº outliers		3	2	7	8	3	0	47

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. Clasificación según el nivel de confianza del 95%.

Materiales y procedimiento empleados en el ensayo experimental

En primer lugar hubo que escoger la tubería objeto de nuestro estudio, determinando los siguientes factores: material de que estaba hecha, diámetro interior (en caso de ser exterior se tuvo que determinar el interior mediante el espesor de la pared, medido con pie de rey), longitud y piezas especiales.

También hubo que determinar las características del fluido (agua potable) que circula por su interior y la temperatura (que resultó ser de 19°C en los tres casos), puesto que la viscosidad cinemática, como es sabido, es función de la temperatura.

Se tuvo que proceder, asimismo, a la aplicación del caudalímetro a cada tubería para determinar, en todo momento, la cantidad de fluido que circulaba por el tramo analizado. Para ello, se utilizó un caudalímetro Dostmann, modelo P-770-M, fabricado por PCE Instruments, que también ofrecía la temperatura centígrada mediante una pantalla de cristal líquido (LCD).

Una vez colocado el caudalímetro se abrieron las llaves de compuerta para permitir el paso del fluido hasta que el caudalímetro indicaba el caudal deseado (hay que tener en cuenta que la obtención de datos concretos o discretos, como por ejemplo 1 l/s, 2 l/s, ... resulta harto difícil, puesto que esta operación no se realiza mecánicamente, sino manualmente).

Cuando se obtuvo el paso del fluido deseado, se midió la presión al inicio de la tubería y al final de la misma mediante un manómetro analógico de glicerina. Para ello fue preciso, antes de hacer las tomas de muestras, calibrar el manómetro. En caso de presentar un cierto margen de error, éste será el mismo tanto en la primera toma como en la segunda, con lo que se puede afectar al dato en concreto pero no a la diferencia entre datos.

La pérdida de carga obtenida hasta el momento es la que se produjo entre el inicio y el final de la tubería. Por último, para obtener la pérdida de carga unitaria (m/m lineal), se tuvo que calcular la relación existente entre la pérdida total de carga y la longitud del tramo de la tubería analizada, esto es: $J = H/L$.

MATERIAL: PEAD

FÓRMULA: MANNING-STRICKLER-GAUKLER

FLUIDO	t (°C)	v (m ² /s)	D (m)	e (m)	d (m)	g (m/s ²)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	n	J (m/m)	l (m)	Hr (mca)	Hr+Hs (mca)	Hreal (mca)	Diferencia (mca)	Dif. ² / Hr + Hs (mca)
Agua	19	1.0444·10 ⁻⁶	0.1250	0.0060	0.1130	9.81	0.0031	0.3041	0.0075	0.0006	316	0.1911	0.2198	0.5165	-0.2967	0.4005
Agua	19	1.0444·10 ⁻⁶	0.1250	0.0060	0.1130	9.81	0.0050	0.4986	0.0075	0.0016	316	0.5136	0.5906	1.5495	-0.9589	1.5569
Agua	19	1.0444·10 ⁻⁶	0.1250	0.0060	0.1130	9.81	0.0098	0.9772	0.0075	0.0062	316	1.9729	2.2668	4.6485	-2.3817	2.5024
Agua	19	1.0444·10 ⁻⁶	0.1250	0.0060	0.1130	9.81	0.0141	1.4060	0.0075	0.0129	316	4.0840	4.6966	7.7475	-3.0509	1.9819
Agua	19	1.0444·10 ⁻⁶	0.1250	0.0060	0.1130	9.81	0.0195	1.9445	0.0075	0.0247	316	7.8112	8.9829	13.4290	-4.4461	2.2006
Agua	19	1.0444·10 ⁻⁶	0.1250	0.0060	0.1130	9.81	0.0236	2.3533	0.0075	0.0362	316	11.4413	13.1575	19.6270	-6.4695	3.1810
Agua	19	1.0444·10 ⁻⁶	0.1250	0.0060	0.1130	9.81	0.0268	2.6724	0.0075	0.0470	316	14.7543	16.9675	24.7920	-7.8245	3.6082

Diferencia media absoluta: 3.6326 m.c.a. $\chi^2 = 15.4315$ m.c.a.

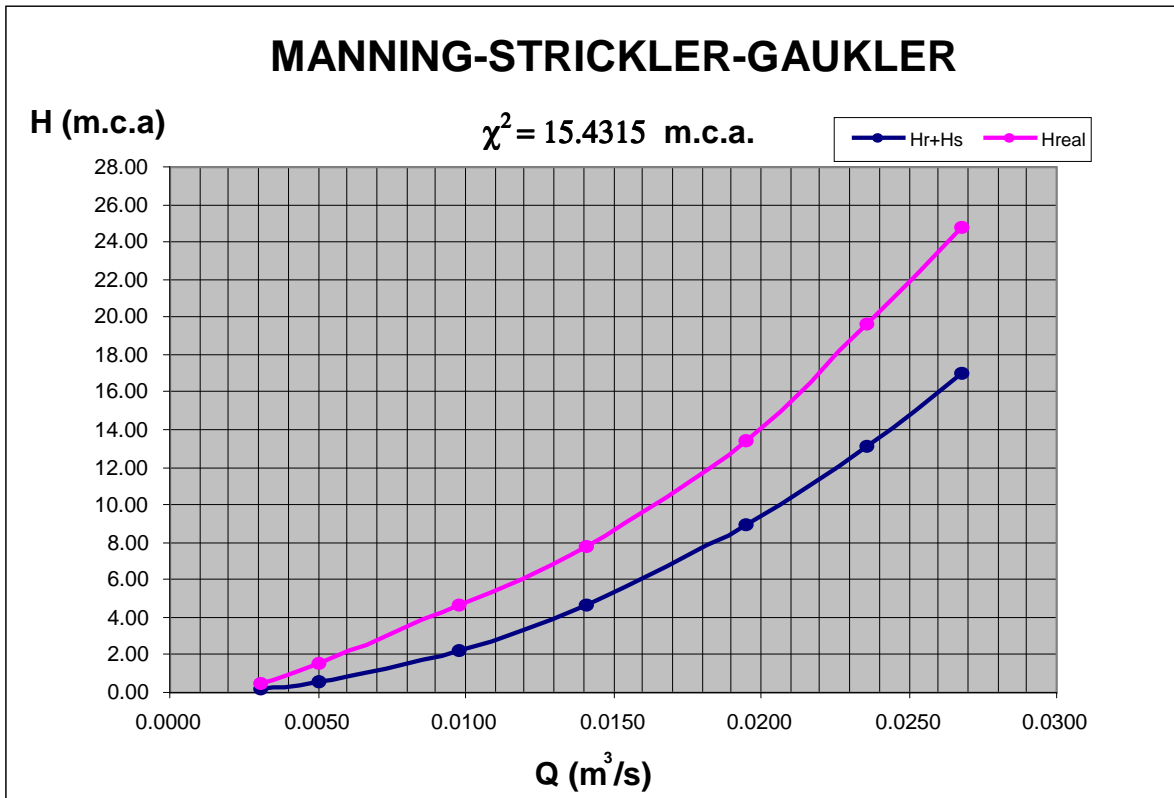


Tabla y gráfico 22. Diferencias observadas entre presiones teóricas y reales.

FÓRMULA	MAT. TUBERÍA	Discrepancia media absoluta	Σ discrep. (m.c.a.)	nº de orden	χ^2 (m)
Darcy - Weisbach	PEAD	3.2883	7.1275	6	11.0218*
	PVC	0.3757			0.5576
	FIB	3.4635			6.5877**
Blasius – Flamant	PEAD	3.2890	4.9870	2	10.9472*
	PVC	0.4418			0.6845
	FIB	1.2562			0.7423
Manning – Strickler	PEAD	3.6326	16.3789	7	15.4315*
	PVC	0.7108			1.4338
	FIB	12.0355			32.5649*
Kütter	PEAD	1.1048	7.1203	5	2.1137
	PVC	2.3454			8.6678**
	FIB	3.6701			4.6439**
Hazen – Williams	PEAD	3.0870	6.0733	3	9.6981**
	PVC	0.4358			0.6724
	FIB	2.5505			2.4251**
Scobey	PEAD	2.2102	6.1499	4	4.8745**
	PVC	0.7130			1.3545
	FIB	3.2267			3.6613**
Franquet	PEAD	1.5276	4.1719	1	1.7142
	PVC	0.6860			1.3504
	FIB	1.9583			1.6699**

Fuente: elaboración propia.

Tabla 23. Discrepancias entre los valores observados y los reales.

NOTA: Se han señalado en la tabla anterior con un asterisco (*) aquellas formulaciones empíricas que difieren significativamente de las observadas al nivel de significación del 0.10, lo que sucede con las formulaciones de Darcy-Weisbach, Blasius-Flamant y Manning-Strickler-Gaukler [17], para el PEAD, y también para esta última en el caso del FIB. Puede suceder, no obstante, que la concordancia entre ambas distribuciones no sea tan buena como para no dudar razonablemente de lo deducido, o bien que los resultados obtenidos empíricamente están sujetos a una razonable influencia de error muestral, por lo que procede también realizar el estudio de la distribución de probabilidad $\chi^2_{0.10}$ en todos los casos, habiéndose señalado con doble asterisco (**) aquellas formulaciones algo dudosas, en este último sentido.