ECUACIÓN DE INTENSIDAD

Las relaciones o cocientes a la lluvia de 24 horas se emplean para duraciones de varias horas. D. F. Campos A. propone los siguientes cocientes:

Valores concluidos para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas
Fuente: D. F. Campos A., 1978

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

Estos datos serán obtenidos como un porcentaje de los resultados de la *precipitación máxima probable* para 24 horas, para cada período de retorno, diferentes porcentajes de este valor según los tiempos de duración de lluvia adoptados.

Tabla 7.7 - Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias
Fuente: Elaboración propia

Tiempo de	Cociente	P.M.P. (mm) para diferentes tiempos de duración Sg. Periodo de Retorno							
Duración		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	75 años	100 años	500 años
24 hr	X24	121.1053	138.0156	149.2117	163.3580	173.8525	179.9523	184.2695	208.3417
18 hr	X18 = 91%	110.2058	125.5942	135.7826	148.6557	158.2058	163.7566	167.6853	189.5910
12 hr	X12 = 80%	96.8842	110.4125	119.3693	130.6864	139.0820	143.9619	147.4156	166.6734
8 hr	X8 = 68%	82.3516	93.8506	101.4639	111.0834	118.2197	122.3676	125.3033	141.6724
6 hr	X6 = 61%	73.8742	84.1895	91.0191	99.6484	106.0500	109.7709	112.4044	127.0885
5 hr	X5 = 57%	69.0300	78.6689	85.0507	93.1140	99.0959	102.5728	105.0336	118.7548
4 hr	X4 = 52%	62.9747	71.7681	77.5901	84.9461	90.4033	93.5752	95.8202	108.3377
3 hr	X3 = 46%	55.7084	63.4872	68.6374	75.1447	79.9721	82.7781	84.7640	95.8372
2 hr	X2 = 39%	47.2311	53.8261	58.1926	63.7096	67.8025	70.1814	71.8651	81.2533
1 hr	X1 = 30%	36.3316	41.4047	44.7635	49.0074	52.1557	53.9857	55.2809	62.5025

Basándose en los resultados de la anterior tabla, y los tiempos de duración adoptados, calculamos la intensidad equivalente para cada caso, según:

$$I = \frac{P\,[mm]}{t_{duración}\,[hr.]}$$

Intensidades de lluvia para diferentes tiempos de duración

Fuente: Elaboración propia

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	75 años	100 años
24 hr	1440	5.0461	5.7506	6.2172	6.8066	7.2439	7.4980	7.6779
18 hr	1080	6.1225	6.9775	7.5435	8.2587	8.7892	9.0976	9.3158
12 hr	720	8.0737	9.2010	9.9474	10.8905	11.5902	11.9968	12.2846
8 hr	480	10.2939	11.7313	12.6830	13.8854	14.7775	15.2959	15.6629
6 hr	360	12.3124	14.0316	15.1699	16.6081	17.6750	18.2952	18.7341
5 hr	300	13.8060	15.7338	17.0101	18.6228	19.8192	20.5146	21.0067
4 hr	240	15.7437	17.9420	19.3975	21.2365	22.6008	23.3938	23.9550
3 hr	180	18.5695	21.1624	22.8791	25.0482	26.6574	27.5927	28.2547
2 hr	120	23.6155	26.9130	29.0963	31.8548	33.9012	35.0907	35.9326
1 hr	60	36.3316	41.4047	44.7635	49.0074	52.1557	53.9857	55.2809

La representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno, Sg. Bernard es:

$$I = \frac{a * T^{b}}{t^{c}}$$

en la cual:

I =	Intensidad (mm/hr)
t =	Duración de la lluvia (min)
T =	Período de retorno (años)
a,b,c =	Parámetros de ajuste

Realizando un cambio de variable: $d = a * T^{b}$

De donde:

$$I = \frac{d}{t^{c}} \Rightarrow I = d * t^{-c}$$

Periodo de retorno para T = 2 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	5.0461	7.2724	1.6186	11.7711	52.8878
2	1080	6.1225	6.9847	1.8120	12.6562	48.7863
3	720	8.0737	6.5793	2.0886	13.7415	43.2865
4	480	10.2939	6.1738	2.3316	14.3945	38.1156
5	360	12.3124	5.8861	2.5106	14.7777	34.6462
6	300	13.8060	5.7038	2.6251	14.9730	32.5331
7	240	15.7437	5.4806	2.7564	15.1070	30.0374
8	180	18.5695	5.1930	2.9215	15.1713	26.9668
9	120	23.6155	4.7875	3.1619	15.1376	22.9201
10	60	36.3316	4.0943	3.5927	14.7097	16.7637
10	4980	149.9149	58.1555	25.4190	142.4397	346.9435

Ln (A) = 6.1265 *A* = 457.8415 *B* = -0.6164

Periodo de retorno para T = 5 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	5.7506	7.2724	1.7493	12.7217	52.8878
2	1080	6.9775	6.9847	1.9427	13.5691	48.7863
3	720	9.2010	6.5793	2.2193	14.6014	43.2865
4	480	11.7313	6.1738	2.4623	15.2015	38.1156
5	360	14.0316	5.8861	2.6413	15.5470	34.6462
6	300	15.7338	5.7038	2.7558	15.7185	32.5331
7	240	17.9420	5.4806	2.8871	15.8234	30.0374
8	180	21.1624	5.1930	3.0522	15.8501	26.9668
9	120	26.9130	4.7875	3.2926	15.7633	22.9201
10	60	41.4047	4.0943	3.7234	15.2449	16.7637
10	4980	170.8479	58.1555	26.7261	150.0410	346.9435

Ln (A) = 6.2572 *A* = 521.7714 *B* = -0.6164

Periodo de retorno para T = 10 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	6.2172	7.2724	1.8273	13.2889	52.8878
2	1080	7.5435	6.9847	2.0207	14.1139	48.7863
3	720	9.9474	6.5793	2.2973	15.1146	43.2865
4	480	12.6830	6.1738	2.5403	15.6830	38.1156
5	360	15.1699	5.8861	2.7193	16.0061	34.6462
6	300	17.0101	5.7038	2.8338	16.1634	32.5331
7	240	19.3975	5.4806	2.9651	16.2509	30.0374
8	180	22.8791	5.1930	3.1302	16.2551	26.9668
9	120	29.0963	4.7875	3.3706	16.1368	22.9201
10	60	44.7635	4.0943	3.8014	15.5642	16.7637
10	4980	184.7075	58.1555	27.5061	154.5771	346.9435

Ln (A) = 6.3352 *A* = 564.0985 *B* = -0.6164

Periodo de retorno para T = 25 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	6.8066	7.2724	1.9179	13.9477	52.8878
2	1080	8.2587	6.9847	2.1113	14.7466	48.7863
3	720	10.8905	6.5793	2.3879	15.7106	43.2865
4	480	13.8854	6.1738	2.6308	16.2422	38.1156
5	360	16.6081	5.8861	2.8099	16.5393	34.6462
6	300	18.6228	5.7038	2.9244	16.6801	32.5331
7	240	21.2365	5.4806	3.0557	16.7473	30.0374
8	180	25.0482	5.1930	3.2208	16.7255	26.9668
9	120	31.8548	4.7875	3.4612	16.5704	22.9201
10	60	49.0074	4.0943	3.8920	15.9351	16.7637
10	4980	202.2190	58.1555	28.4118	159.8447	346.9435

Ln (A) = 6.4258 *A* = 617.5789 *B* = -0.6164

Periodo de retorno para T = 50 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	7.2439	7.2724	1.9802	14.4005	52.8878
2	1080	8.7892	6.9847	2.1735	15.1815	48.7863
3	720	11.5902	6.5793	2.4502	16.1202	43.2865
4	480	14.7775	6.1738	2.6931	16.6266	38.1156
5	360	17.6750	5.8861	2.8722	16.9058	34.6462
6	300	19.8192	5.7038	2.9867	17.0352	32.5331
7	240	22.6008	5.4806	3.1180	17.0886	30.0374
8	180	26.6574	5.1930	3.2831	17.0488	26.9668
9	120	33.9012	4.7875	3.5235	16.8685	22.9201
10	60	52.1557	4.0943	3.9542	16.1900	16.7637
10	4980	215.2101	58.1555	29.0345	163.4656	346.9435

Ln (A) = 6.4881 *A* = 657.2538 *B* = -0.6164

Periodo de retorno para T = 75 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	7.4980	7.2724	2.0146	14.6513	52.8878
2	1080	9.0976	6.9847	2.2080	15.4223	48.7863
3	720	11.9968	6.5793	2.4846	16.3471	43.2865
4	480	15.2959	6.1738	2.7276	16.8395	38.1156
5	360	18.2952	5.8861	2.9066	17.1088	34.6462
6	300	20.5146	5.7038	3.0211	17.2319	32.5331
7	240	23.3938	5.4806	3.1525	17.2776	30.0374
8	180	27.5927	5.1930	3.3176	17.2279	26.9668
9	120	35.0907	4.7875	3.5579	17.0336	22.9201
10	60	53.9857	4.0943	3.9887	16.3312	16.7637
10	4980	222.7610	58.1555	29.3793	165.4711	346.9435

Ln (A) = 6.5226 *A* = 680.3143 *B* = -0.6164

Periodo de retorno para T = 100 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	7.6779	7.2724	2.0383	14.8237	52.8878
2	1080	9.3158	6.9847	2.2317	15.5879	48.7863
3	720	12.2846	6.5793	2.5083	16.5031	43.2865
4	480	15.6629	6.1738	2.7513	16.9859	38.1156
5	360	18.7341	5.8861	2.9303	17.2483	34.6462
6	300	21.0067	5.7038	3.0448	17.3671	32.5331
7	240	23.9550	5.4806	3.1762	17.4075	30.0374
8	180	28.2547	5.1930	3.3413	17.3510	26.9668
9	120	35.9326	4.7875	3.5816	17.1471	22.9201
10	60	55.2809	4.0943	4.0124	16.4283	16.7637
10	4980	228.1052	58.1555	29.6164	166.8498	346.9435

Ln (A) = 6.5463 *A* = 696.6356 *B* = -0.6164

Periodo de retorno para T = 500 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	8.6809	7.2724	2.1611	15.7166	52.8878
2	1080	10.5328	6.9847	2.3545	16.4455	48.7863
3	720	13.8894	6.5793	2.6311	17.3109	43.2865
4	480	17.7090	6.1738	2.8741	17.7439	38.1156
5	360	21.1814	5.8861	3.0531	17.9710	34.6462
6	300	23.7510	5.7038	3.1676	18.0674	32.5331
7	240	27.0844	5.4806	3.2990	18.0804	30.0374
8	180	31.9457	5.1930	3.4640	17.9886	26.9668
9	120	40.6266	4.7875	3.7044	17.7349	22.9201
10	60	62.5025	4.0943	4.1352	16.9310	16.7637
10	4980	257.9039	58.1555	30.8442	173.9902	346.9435

Ln (A) = 6.6690 *A* = 787.6412 *B* = -0.6164

Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [c]
2	457.84150435287	-0.6163860881
5	521.77135565205	-0.6163860881
10	564.09847993204	-0.6163860881
25	617.57891366676	-0.6163860881
50	657.25375452133	-0.6163860881
75	680.31428464536	-0.6163860881
100	696.63564257881	-0.6163860881
500	787.64117392770	-0.6163860881
Promedio =	622.89188865961	-0.6163860881

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno *(T)* y el término constante de regresión *(d)* , para obtener valores de la ecuación:

$$d = a * T^{b}$$

Regresión potencial

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	457.8415	0.6931	6.1265	4.2466	0.4805
2	5	521.7714	1.6094	6.2572	10.0706	2.5903
3	10	564.0985	2.3026	6.3352	14.5874	5.3019
4	25	617.5789	3.2189	6.4258	20.6839	10.3612
5	50	657.2538	3.9120	6.4881	25.3815	15.3039
6	75	680.3143	4.3175	6.5226	28.1611	18.6407
7	100	696.6356	4.6052	6.5463	30.1467	21.2076
8	500	787.6412	6.2146	6.6690	41.4455	38.6214
8	767	4983.1351	26.8733	51.3707	174.7232	112.5074

Ln (A) = 6.0950 *A* = 443.6211 *B* = 0.0972

Termino constante de regresión (a) = 443.6211
Coef. de regresión (b) = 0.097158

Finalmente se tiene la ecuación de intensidad válida para el presente estudio:

$$I = \frac{443.6211 * T^{0.097158}}{t^{0.61639}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)
T = Periodo de Retorno (años)
t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Intensidad - Tiempo de duración - Período de retorno

Fuente: Elaboración propia

Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno

Frecuencia	Duración en minutos					
años	5	10	15	20	25	30
2	175.96	114.78	89.40	74.87	65.25	58.32
5	192.35	125.47	97.72	81.84	71.33	63.74
10	205.75	134.21	104.53	87.55	76.30	68.19
25	224.90	146.71	114.26	95.70	83.40	74.53
50	240.57	156.93	122.22	102.36	89.21	79.73
75	250.24	163.23	127.13	106.48	92.79	82.93
100	257.33	167.86	130.74	109.49	95.42	85.28
500	300.89	196.27	152.87	128.03	111.58	99.72

Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno (continuación...)

Frecuencia						
años	35	40	45	50	55	60
2	53.03	48.84	45.42	42.56	40.14	38.04
5	57.97	53.39	49.65	46.53	43.87	41.58
10	62.01	57.11	53.11	49.77	46.93	44.48
25	67.78	62.42	58.05	54.40	51.30	48.62
50	72.50	66.77	62.10	58.19	54.87	52.01
75	75.41	69.45	64.59	60.53	57.08	54.10
100	77.55	71.42	66.42	62.25	58.69	55.63
500	90.68	83.51	77.66	72.78	68.63	65.04

