Anexo 1 Datos de precipitación máxima diaria de las estaciones, Tupiza, Cotagaita Mosoj Llajta y Atocha

Tabla A.1. 1 Precipitaciones máximas diarias Estación Tupiza

Estación:	Tupiza	Latitud Sur:	21,4383
Departamento:	Potosí	Longitud Oeste:	65,7153
Provincia:	Sud Chichas	Altitud m.s.n.m.	2.923

Precipitación Máxima Diaria												
Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.990	18,5	11	9	12	0	0	0	0	0	0	12	8
1.991	20,1	13,1	5,2	2	0	0	0	0	5,4	8,2	9,5	16
1.992	28,4	9,2	18,2	0	0	0	0,5	0	0	0,5	12,4	13
1.993	24,4	26,2	24,5	3,2	0,1	0	0	10,5	0	8,1	4,5	38,5
1.994	12,6	4,5	8,3	0	0	0	0	0	0	4,9	8,8	25,9
1.995	17,3	19,4	20,6	0	0	0	0	0	29	0	4	12,4
1.996	16,4	10,3	9,4	11,4	6,6	0	0	1	0,6	0	5,7	20,5
1.997	20	18,6	22,5	3,5	0	0	0	0	8,8	0	11	14,5
1.998	20	13,5	5	4,2	0	1,2	0	0	0	3,5	4,7	6,5
1.999	21,4	7,4	16,5	1	0	0	0	0	4,7	0,5	0	7,8
2.000	25,2	20,4	11,2	3,4	0	0	0	0	0	0	2,2	36,8
2.001	12,8	24,6	20,5	2	0	0	0	0,5	0	0	3	14,5
2.002	6,8	19,5	17,1	0	0	0	2,4	0	0	13,5	5,7	5,5
2.003	15,2	9,2	27,5	0	0	0	0	0	0	4,5	0,3	8,5
2.004	19,5	8,6	20	4,4	0	0	0	2,8	2,5	2,4	0	10,5
2.005	21,2	26,2	5,6	0	0	0	0	0	0	6,5	8,2	15,2
2.006	15,5	13,4	24,2	0,7	0,5	0	0	0	0	1,4	16,5	20
2.007	24,2	4	34,3	0,2	0	0	0	0	0	23,2	17,2	44
2.008	22,5	14,4	11	2,8	0	0	0	0	0	3,6	10,5	58
2.009	15,5	30	6,8	49	0	0	0	0	0	0	3,2	21
2.010	20	49,5	10	0,5	1	0	0	0	0	0	0	13,2
2.011	12,2	25,2	17,2	2,6	5,3	0	0	0	0,2	6	3,5	16
2.012	54,8	16,2	21,4	1,7	0,1	0	0	0	0,4	6,2	29,6	28
2.013	48	17,3	9,8	0	0	0	0	0	0,6	8,4	5,1	42,5
2.014	31,3	48	2,4	1,5	1	0	0	0,4	0	0,8	6,7	2
2.015	28,4	17,4	12,3	9	0	0	0	0	28,3	0	0	6,2
2.016	23,5	24,2	0	0	0	0	0	0	8,7	0	2,4	4,6
2.017	20,5	10	8,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	8,3	10,5
2.018	21	15,8	5	0,2	0	0	0,1	0	0	3	11	19,5
2.019	11,7	10,5	22	2,5	0	0	2,3	0	0	0,4	18	12
2.020	19	20,5	16	5,5	0	0	0	0	4,5	7	1	18,5

Fuente: *(Servicio Nacional de Meteorológia e Hidrología, 2024)*

Tabla A.1. 2 Precipitaciones máximas diarias Estación Cotagaita Mosoj Llajta

Estación:	Cotagaita Mosoj Llajta						Latitud Sur:		20,8206			
Departamento:	Potosí						Longitud Oeste:		65,6589			
Provincia:	Sud Chichas						Altitud m.s.n.m.		2.616			
Precipitación Máxima Diaria												
Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.990	22	18	14	0	0	0	0	5	0	3,8	11,6	18,5
1.991	38	21,1	15,3	0	0	0	0	0	10	18,4	11,5	8,5
1.992	28	24	10	7	0	0	0	0	0	10,2	1,5	20
1.993	11,7	13,5	20,3	0,8	0	0	0	4,9	0,2	0	0	8,5
1.994	15,4	27,5	0	0	0	0	0	0	1,6	6,5	3,6	39
1.995	42,5	32,5	20,5	0	0	0	0	0	8	0	11,7	21,1
1.996	12	13,5	10,4	14	0	0	0	5,7	5	4	8,5	23
1.997	31	29	14	0	0	0	0	0	8	2,5	5	5
1.998	34	5,5	2	7	0	0	0	0	0	9	15	20
1.999	30	13	12	0	0	0	0	0	0	0	0	8,1
2.000	40,5	7	36	1,5	0	0	0	0	0	8,1	0	9,5
2.001	30	20	8,5	1,5	0	0	0	0,2	2	0	10	10
2.002	5,5	34	26	2	0	1,5	0	0	0	19,5	6	14,5
2.003	22	12	9	2,5	2,5	0	0	0	4	2,5	0	15
2.004	29	19	14,5	5	0	0	0	6	0,5	0	10	12
2.005	35	3,3	8	2	0	0	0	0	8	5	27,5	21,5
2.006	20	8	12	0	0	0	0	0	2,5	1,5	6,5	19
2.007	27	19	25	0	0	0	0	0	0	2	9	8
2.008	29,5	33	10	1	0	0	0	0	0	0	0	19
2.009	4	18	12,5	12	0	0	0	0	0	0	0	15
2.010	6	37	4	3,5	0	0	0	0	0	0	0	10
2.011	10	10	14	4	13,5	0	2,5	0	4	0	4	14
2.012	27	16	12	14	0	0	0	0	0	19,5	1,8	21
2.013	14	16	6	0	1,5	0	0	5	0	2	3,5	18
2.014	22	12	2	2,5	0	0	0	5	0	2,5	8	8
2.015	22	19	28	5	0	0	0	0	0	6	0	0
2.016	14,5	16	6,5	7	0	0	0	0	10,6	0	3	12
2.017	8	9	9	0	0	0	0	0	5	0	7	10
2.018	12	16	8	0	0	0	0	0	0	6	6	18,5
2.019	16	21	10	5	0	0	8	0	1	5	15	6
2.020	18	22	24	0	0	0	0	0	10	12	2	18

Fuente: *(Servicio Nacional de Meteorológia e Hidrología, 2024)*

Tabla A.1. 3 Precipitaciones máximas diarias Estación Atocha

Estación:	Atocha						Latitud Sur:			20,9333		
Departamento:	Potosí						Longitud Oeste:			66,22		
Provincia:	Sud Chichas						Altitud m.s.n.m.			3700		
Precipitación Máxima Diaria												
Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.990	4,0	14,2	3,0	3,5	0	1,5	0	0	0	0	7,5	19,5
1.991	10,8	10,5	7,5	3,5	0	0,0	0	0	0	13,0	3,5	3,5
1.992	15,5	17,5	6,5	0	0	2,4	0	0	0	1,5	13,4	12,6
1.993	19,5	40,6	5,6	0	0	0	0	10,6	5,5	3,5	1,5	20,6
1.994	19,4	16,5	9,5	1,5	0	0	0	0	1,0	2,5	8,5	20,5
1.995	16,4	16,4	12,4	0,0	0	0	0,0	0,0	9,9	0	5,2	16,5
1.996	10,5	14,5	2,5	1,5	0	0	0	1,5	0	0	9,5	10,5
1.997	19,5	20,5	16,5	0,0	0	0	0	0	18,5	0	4,5	2,5
1.998	15,5	15,5	4,5	0,0	0	3,5	0	0	0	7,5	16,5	12,5
1.999	10,5	19,5	14,5	0,6	0	0	1,5	0	4,5	2,5	0	8,5
2.000	***21,1***	***7,6***	***16,0***	***1,4***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***3,0***	***0,5***	***12,6***
2.001	***14,6***	***13,9***	***8,5***	***1,1***	***0***	***0***	***0***	***0,2***	***0,8***	***0,0***	***4,6***	***7,5***
2.002	***3,9***	***18,3***	***14,6***	***0,8***	***0***	***1***	***1***	***0***	***0***	***11,1***	***3,8***	***7,1***
2.003	***12,9***	***7,3***	***11,0***	***1,0***	***1***	***0***	***0***	***0***	***1,6***	***2,2***	***0,1***	***8,3***
2.004	***17,2***	***10,1***	***11,4***	***3,3***	***0***	***0***	***0***	***3,2***	***0,9***	***0,7***	***4,1***	***7,8***
2.005	20,7	8,8	4,9	0,8	0	0	0	0	3,3	0,0	46,5	20,5
2.006	15,5	13,5	22,7	7,0	12,5	0	0	0	0	1,5	5,0	11,6
2.007	15,5	10,5	6,5	0	0	0	0	0	0	0	30,5	10,6
2.008	11,6	12,6	3,5	1,2	0	0	0	0	0	1,0	3,0	24,9
2.009	6,3	16,6	7,4	19,5	0	0	0	0	8,6	0	10,5	50,5
2.010	45,5	20,6	6,5	6,5	10,5	0	0	0	6,5	0	0	6,5
2.011	13,6	12,5	16,5	10,5	12,0	0	1,1	0	1,9	2	2,9	11,1
2.012	28,1	11,8	11,6	6,6	0	0	0	0	0	11,5	5,6	24,6
2.013	25,5	35,5	30,5	0	7,6	5,5	0	15,5	6,5	8,5	0	22,5
2.014	30,5	30,6	0	20,5	0	0	0	10,5	7,5	17,5	12,5	25,5
2.015	30,5	28,9	20,7	25,6	10,7	0	0	0	0	0	0	6,0
2.016	25,6	28,7	0	0	0	0	5	0	18,6	0	0	7,2
2.017	9,9	7,1	6,6	0	0	0	0	0	0	7,5	7,6	17,6
2.018	20,7	19,6	16,0	0	0	7,5	10,0	0	0	3,6	6,1	14,4
2.019	***11,0***	***12,9***	***11,4***	***3,1***	***0***	***0***	***4,4***	***0***	***0,5***	***2,4***	***12,5***	***6,5***
2.020	14,5	16,5	8,4	1,8	0	0	0	0	6,2	7,9	1,3	14,4

Fuente: *(Servicio Nacional de Meteorológia e Hidrología, 2024)*

Precipitacion Maxima Diaria TUPIZA ESTACION PATRON 1												
AÑOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1.990	18,5	11	9	12	0	0	0	0	0	0	12	8
1.991	20,1	13,1	5,2	2	0	0	0	0	5,4	8,2	9,5	16
1.992	28,4	9,2	18,2	0	0	0	0,5	0	0	0,5	12,4	13
1.993	24,4	26,2	24,5	3,2	0,1	0	0	10,5	0	8,1	4,5	38,5
1.994	12,6	4,5	8,3	0	0	0	0	0	0	4,9	8,8	25,9
1.995	17,3	19,4	20,6	0	0	0	0	0	29	0	4	12,4
1.996	16,4	10,3	9,4	11,4	6,6	0	0	1	0,6	0	5,7	20,5
1.997	20	18,6	22,5	3,5	0	0	0	0	8,8	0	11	14,5
1.998	20	13,5	5	4,2	0	1,2	0	0	0	3,5	4,7	6,5
1.999	21,4	7,4	16,5	1	0	0	0	0	4,7	0,5	0	7,8
2.000	25,2	20,4	11,2	3,4	0	0	0	0	0	0	2,2	36,8
2.001	12,8	24,6	20,5	2	0	0	0	0,5	0	0	3	14,5
2.002	6,8	19,5	17,1	0	0	0	2,4	0	0	13,5	5,7	5,5
2.003	15,2	9,2	27,5	0	0	0	0	0	0	4,5	0,3	8,5
2.004	19,5	8,6	20	4,4	0	0	0	2,8	2,5	2,4	0	10,5
2.005	21,2	26,2	5,6	0	0	0	0	0	0	6,5	8,2	15,2
2.006	15,5	13,4	24,2	0,7	0,5	0	0	0	0	1,4	16,5	20
2.007	24,2	4	34,3	0,2	0	0	0	0	0	23,2	17,2	44
2.008	22,5	14,4	11	2,8	0	0	0	0	0	3,6	10,5	58
2.009	15,5	30	6,8	49	0	0	0	0	0	0	3,2	21
2.010	20	49,5	10	0,5	1	0	0	0	0	0	0	13,2
2.011	12,2	25,2	17,2	2,6	5,3	0	0	0	0,2	6	3,5	16
2.012	54,8	16,2	21,4	1,7	0,1	0	0	0	0,4	6,2	29,6	28
2.013	48	17,3	9,8	0	0	0	0	0	0,6	8,4	5,1	42,5
2.014	31,3	48	2,4	1,5	1	0	0	0,4	0	0,8	6,7	2
2.015	28,4	17,4	12,3	9	0	0	0	0	28,3	0	0	6,2
2.016	23,5	24,2	0	0	0	0	0	0	8,7	0	2,4	4,6
2.017	20,5	10	8,4	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	8,3	10,5
2.018	21	15,8	5	0,2	0	0	0,1	0	0	3	11	19,5
2.019	11,7	10,5	22	2,5	0	0	2,3	0	0	0,4	18	12
2.020	19	20,5	16	5,5	0	0	0	0	4,5	7	1	18,5

Precipitacion Maxima Diaria COTAGAITA MOSOJ LLAJTA ESTACION PATRON 2												
AÑOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1.990	22	18	14	0	0	0	0	5	0	3,8	11,6	18,5
1.991	38	21,1	15,3	0	0	0	0	0	10	18,4	11,5	8,5
1.992	28	24	10	7	0	0	0	0	0	10,2	1,5	20
1.993	11,7	13,5	20,3	0,8	0	0	0	4,9	0,2	0	0	8,5
1.994	15,4	27,5	0	0	0	0	0	0	1,6	6,5	3,6	39
1.995	42,5	32,5	20,5	0	0	0	0	0	8	0	11,7	21,1
1.996	12	13,5	10,4	14	0	0	0	5,7	5	4	8,5	23
1.997	31	29	14	0	0	0	0	0	8	2,5	5	5
1.998	34	5,5	2	7	0	0	0	0	0	9	15	20
1.999	30	13	12	0	0	0	0	0	0	0	0	8,1
2.000	40,5	7	36	1,5	0	0	0	0	0	8,1	0	9,5
2.001	30	20	8,5	1,5	0	0	0	0,2	2	0	10	10
2.002	5,5	34	26	2	0	1,5	0	0	0	19,5	6	14,5
2.003	22	12	9	2,5	2,5	0	0	0	4	2,5	0	15
2.004	29	19	14,5	5	0	0	0	6	0,5	0	10	12
2.005	35	3,3	8	2	0	0	0	0	8	5	27,5	21,5
2.006	20	8	12	0	0	0	0	0	2,5	1,5	6,5	19
2.007	27	19	25	0	0	0	0	0	0	2	9	8
2.008	29,5	33	10	1	0	0	0	0	0	0	0	19
2.009	4	18	12,5	12	0	0	0	0	0	0	0	15
2.010	6	37	4	3,5	0	0	0	0	0	0	0	10
2.011	10	10	14	4	13,5	0	2,5	0	4	0	4	14
2.012	27	16	12	14	0	0	0	0	0	19,5	1,8	21
2.013	14	16	6	0	1,5	0	0	5	0	2	3,5	18
2.014	22	12	2	2,5	0	0	0	5	0	2,5	8	8
2.015	22	19	28	5	0	0	0	0	0	6	0	0
2.016	14,5	16	6,5	7	0	0	0	0	10,6	0	3	12
2.017	8	9	9	0	0	0	0	0	5	0	7	10
2.018	12	16	8	0	0	0	0	0	0	6	6	18,5
2.019	16	21	10	5	0	0	8	0	1	5	15	6
2.020	18	22	24	0	0	0	0	0	10	12	2	18

Precipitacion Maxima Diaria ATOCHA COMPLETAR DATOS												
AÑOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1.990	4,0	14,2	3,0	3,5	0	1,5	0	0	0	0	7,5	19,5
1.991	10,8	10,5	7,5	3,5	0	0,0	0	0	0	13,0	3,5	3,5
1.992	15,5	17,5	6,5	0	0	2,4	0	0	0	1,5	13,4	12,6
1.993	19,5	40,6	5,6	0	0	0	0	10,6	5,5	3,5	1,5	20,6
1.994	19,4	16,5	9,5	1,5	0	0	0	0	1,0	2,5	8,5	20,5
1.995	16,4	**16,4**	**12,4**	**0,0**	**0**	**0**	**0,0**	**0,0**	**9,9**	**0**	**5,2**	16,5
1.996	10,5	14,5	2,5	1,5	0	0	0	1,5	0	0	9,5	10,5
1.997	19,5	20,5	16,5	0,0	0	0	0	0	18,5	0	4,5	2,5
1.998	15,5	15,5	4,5	0,0	0	3,5	0	0	0	7,5	16,5	12,5
1.999	10,5	19,5	14,5	0,6	0	0	1,5	0	4,5	2,5	0	8,5
2.000	**21,1**	**7,6**	**16,0**	**1,4**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**3,0**	**0,5**	**12,6**
2.001	**14,6**	**13,9**	**8,5**	**1,1**	**0**	**0**	**0**	**0,2**	**0,8**	**0,0**	**4,6**	**7,5**
2.002	**3,9**	**18,3**	**14,6**	**0,8**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**11,1**	**3,8**	**7,1**
2.003	**12,9**	**7,3**	**11,0**	**1,0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**1,6**	**2,2**	**0,1**	**8,3**
2.004	**17,2**	**10,1**	**11,4**	**3,3**	**0**	**0**	**0**	**3,2**	**0,9**	**0,7**	**4,1**	**7,8**
2.005	**20,7**	**8,8**	**4,9**	**0,8**	**0**	**0**	**0**	**0**	**3,3**	0,0	46,5	20,5
2.006	15,5	13,5	22,7	7,0	12,5	0	0	0	0	1,5	5,0	11,6
2.007	15,5	10,5	6,5	0	0	0	0	0	0	0	30,5	10,6
2.008	11,6	12,6	3,5	**1,2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1,0**	**3,0**	**24,9**
2.009	**6,3**	**16,6**	**7,4**	**19,5**	**0**	**0**	0	0	8,6	0	10,5	50,5
2.010	45,5	20,6	6,5	6,5	10,5	0	0	0	6,5	0	0	6,5
2.011	13,6	12,5	16,5	10,5	12,0	0	**1,1**	**0**	**1,9**	**2**	**2,9**	**11,1**
2.012	**28,1**	**11,8**	**11,6**	**6,6**	**0**	**0**	0	0	0	11,5	5,6	24,6
2.013	25,5	35,5	30,5	0	7,6	5,5	0	15,5	6,5	8,5	0	22,5
2.014	30,5	30,6	0	20,5	0	0	0	10,5	7,5	17,5	12,5	25,5
2.015	30,5	28,9	20,7	25,6	10,7	0	0	0	0	0	0	6,0
2.016	25,6	28,7	0	0	0	0	5	0	18,6	0	0	7,2
2.017	**9,9**	**7,1**	**6,6**	**0**	**0**	**0**	0	0	0	7,5	7,6	17,6
2.018	20,7	19,6	16,0	0	0	7,5	10,0	**0**	**0**	**3,6**	**6,1**	**14,4**
2.019	**11,0**	**12,9**	**11,4**	**3,1**	**0**	**0**	**4,4**	**0**	**0,5**	**2,4**	**12,5**	**6,5**
2.020	**14,5**	16,5	8,4	**1,8**	**0**	**0**	**0**	**0**	**6,2**	**7,9**	**1,3**	**14,4**

Precip. Max Diaria
mm
18,5
20,1
28,4
38,5
25,9
29,0
20,5
22,5
20,0
21,4
36,8
24,6
19,5
27,5
20,0
26,2
24,2
44,0
58,0
49,0
49,5
25,2
54,8
48,0
48,0
28,4
24,2
20,5
21,0
22,0
20,5

Precip. Max Diaria
mm
22,0
38,0
28,0
20,3
39,0
42,5
23,0
31,0
34,0
30,0
40,5
30,0
34,0
22,0
29,0
35,0
20,0
27,0
33,0
18,0
37,0
14,0
27,0
18,0
22,0
28,0
16,0
10,0
18,5
21,0
24,0

Precip. Max Diaria
mm
19,5
13,0
17,5
40,6
20,5
16,5
14,5
20,5
16,5
19,5
21,1
14,6
18,3
12,9
17,2
46,5
22,7
30,5
24,9
50,5
45,5
16,5
28,1
35,5
30,6
30,5
28,7
17,6
20,7
12,9
16,5

Anexo 2 Curvas I-D-F ajustadas a la cuenca del río Tupiza

Tabla A.2. 1 Precipitación máxima media areal para un T=10 años

Precipitación máxima media areal T=10 años				
Mín (mm)	Máx (mm)	Promedio (mm)	Área (km^2)	Área*Promedio
25,60	31,11	28,35	339,62	9.629,59
31,11	35,32	33,21	384,20	12.760,40
35,32	38,53	36,92	421,99	15.580,67
38,53	42,74	40,63	682,23	27.720,45
42,74	48,25	45,49	482,36	21.943,03
		Total	2.310,41	87.634,14
		PMMA (mm)	**37,93**	

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2. 2 Precipitación máxima media areal para un T=25 años

Precipitación máxima media areal T=25 años				
Mín (mm)	Máx (mm)	Promedio (mm)	Área (km^2)	Área*Promedio
33,40	36,30	34,85	296,14	10.320,85
36,30	39,35	37,82	201,15	7.608,43
39,35	42,39	40,87	247,40	10.111,09
42,39	45,44	43,92	345,85	15.188,28
45,44	48,48	46,96	377,59	17.732,02
48,48	51,53	50,01	493,96	24.701,40
51,53	54,58	53,05	281,15	14.915,90
54,58	56,05	55,31	67,14	3.714,10
		Total	2.310,39	104.292,08
		PMMA (mm)	**45,14**	

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2. 3 Precipitación máxima media areal para un T=50 años

Precipitación máxima media areal T=50 años				
Mín (mm)	Máx (mm)	Promedio (mm)	Área (km^2)	Área*Promedio
37,25	40,51	38,88	292,67	11.378,92
40,51	43,95	42,23	199,71	8.433,41
43,95	47,38	45,67	240,50	10.982,62
47,38	50,82	49,10	352,14	17.291,35
50,82	54,26	52,54	387,42	20.355,29
54,26	57,70	55,98	495,85	27.756,16
57,70	61,13	59,41	274,87	16.331,12
61,13	62,85	61,99	67,23	4.167,75
		Total	2.310,39	116.696,62
		PMMA (mm)	**50,51**	

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2. 4 Precipitación máxima media areal para un T=100 años

Precipitación máxima media areal T=100 años				
Mín (mm)	Máx (mm)	Promedio (mm)	Área (km^2)	Área*Promedio
41,06	44,68	42,87	289,96	12.430,59
44,68	48,51	46,59	198,65	9.256,04
48,51	52,34	50,42	235,88	11.893,62
52,34	56,16	54,25	355,87	19.306,34
56,16	59,99	58,08	396,02	23.000,67
59,99	63,82	61,91	496,40	30.730,91
63,82	67,65	65,74	270,29	17.767,58
67,65	69,60	68,62	67,32	4.619,41
		Total	2.310,40	129.005,15
		PMMA (mm)	**55,84**	

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2. 5 Precipitación máxima media areal para un T=200 años

Precipitación máxima media areal T=200 años				
Mín (mm)	Máx (mm)	Promedio (mm)	Área (km^2)	Área*Promedio
49,89	54,33	52,11	287,78	14.997,03
54,33	59,06	56,70	197,90	11.220,78
59,06	63,79	61,43	232,69	14.293,35
63,79	68,52	66,15	358,25	23.700,05
68,52	73,25	70,88	401,95	28.490,76
73,25	77,97	75,61	497,41	37.609,58
77,97	82,70	80,34	267,00	21.450,48
82,70	85,19	83,94	67,41	5.658,25
		Total	2.310,40	157.420,30
		PMMA (mm)	**68,14**	

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2. 6 Precipitación máxima media areal para un T=500 años

Precipitación máxima media areal T=500 años				
Mín (mm)	Máx (mm)	Promedio (mm)	Área (km^2)	Área*Promedio
49,89	54,33	52,11	285,47	14.876,19
54,33	59,06	56,70	197,13	11.177,04
59,06	63,79	61,43	229,79	14.115,26
63,79	68,52	66,15	360,21	23.829,07
68,52	73,25	70,88	408,67	28.967,45
73,25	77,97	75,61	497,77	37.636,45
77,97	82,70	80,34	263,86	21.197,71
82,70	85,19	83,94	67,51	5.666,81
		Total	2.310,40	157.465,97
		PMMA (mm)	**68,16**	

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2. 7 Precipitación máxima media areal para la cuenca del río Tupiza.

Precipitación máxima media areal	
T (años)	P (mm)
10	37,93
25	45,14
50	50,51
100	55,84
200	68,14
500	68,16

Fuente: Elaboración propia

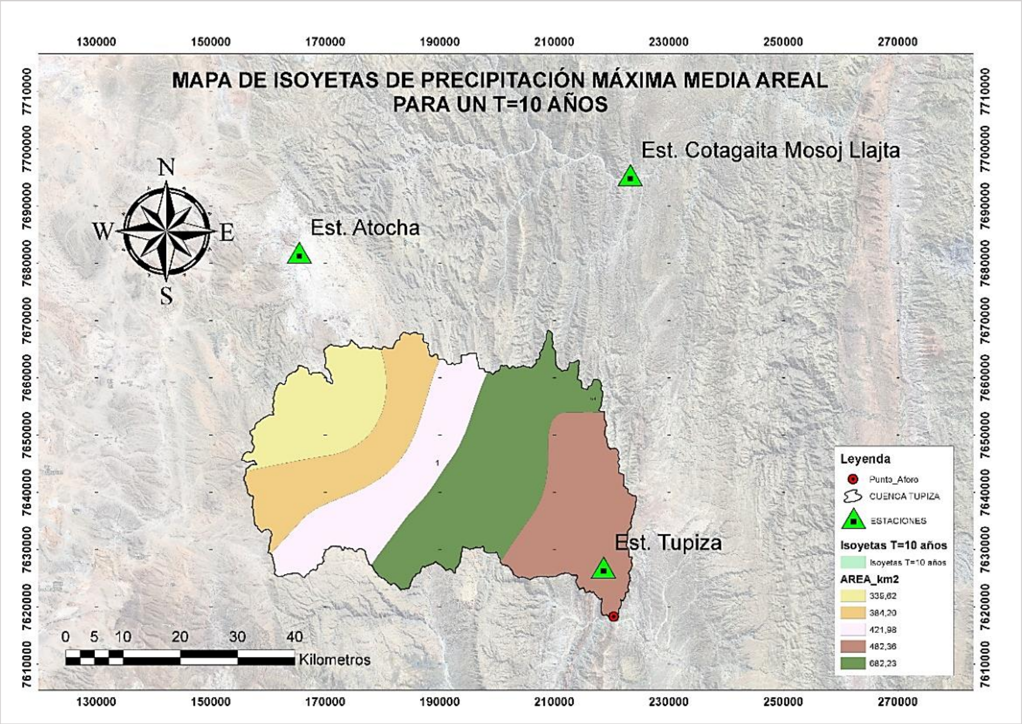


Figura A.2. 1 Mapa de isoyetas de precipitación máxima media areal para un T= 10 años

Fuente: Elaboración propia

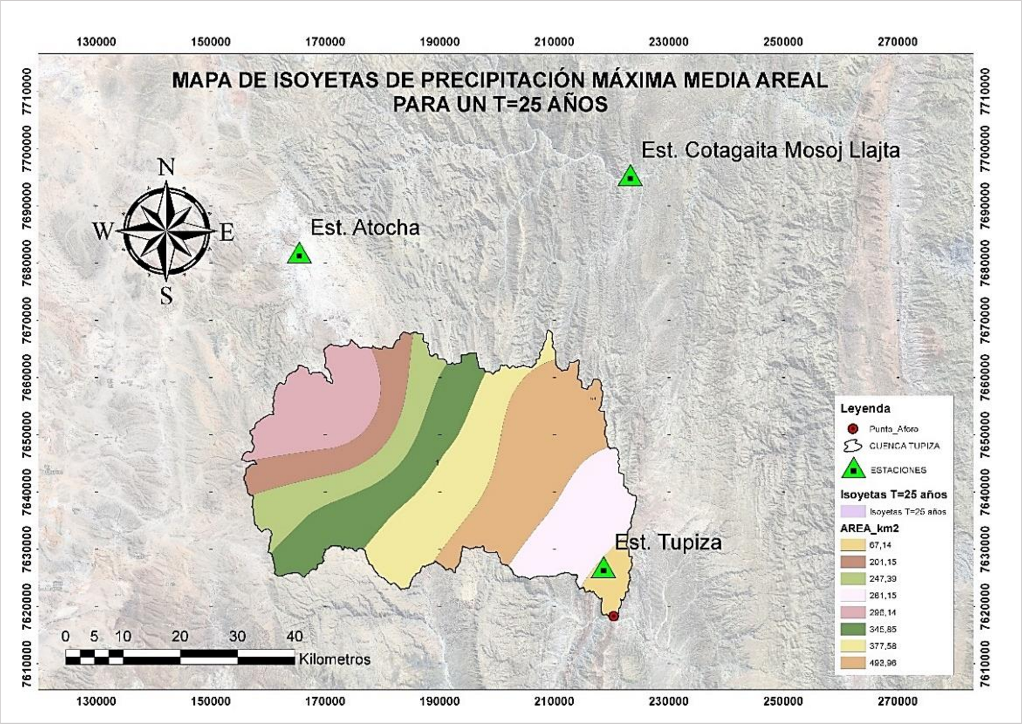


Figura A.2. 2 Mapa de isoyetas de precipitación máxima media areal para un T= 25 años

Fuente: Elaboración propia

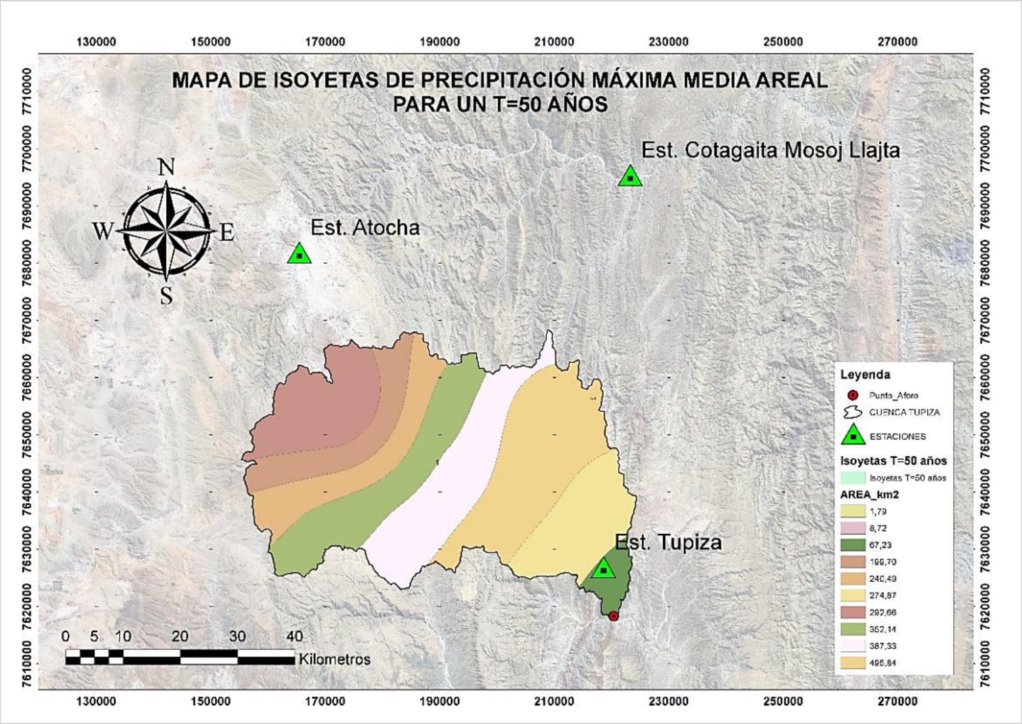


Figura A.2. 3 Mapa de isoyetas de precipitación máxima media areal para un T= 50 años

Fuente: Elaboración propia

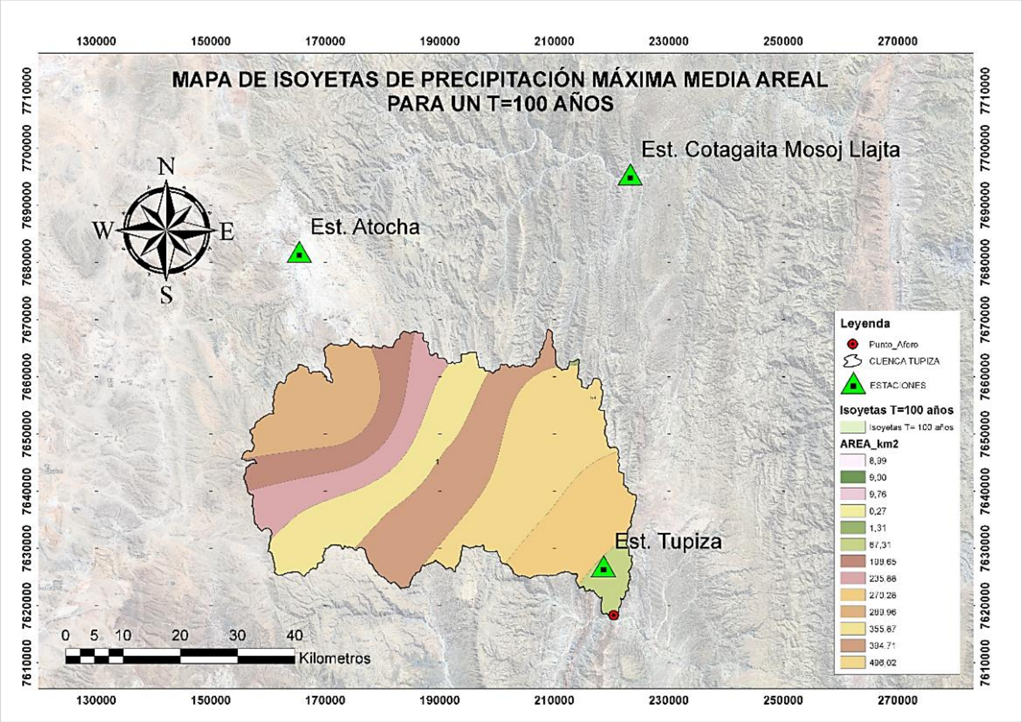


Figura A.2. 4 Mapa de isoyetas de precipitación máxima media areal para un T= 100 años

Fuente: Elaboración propia

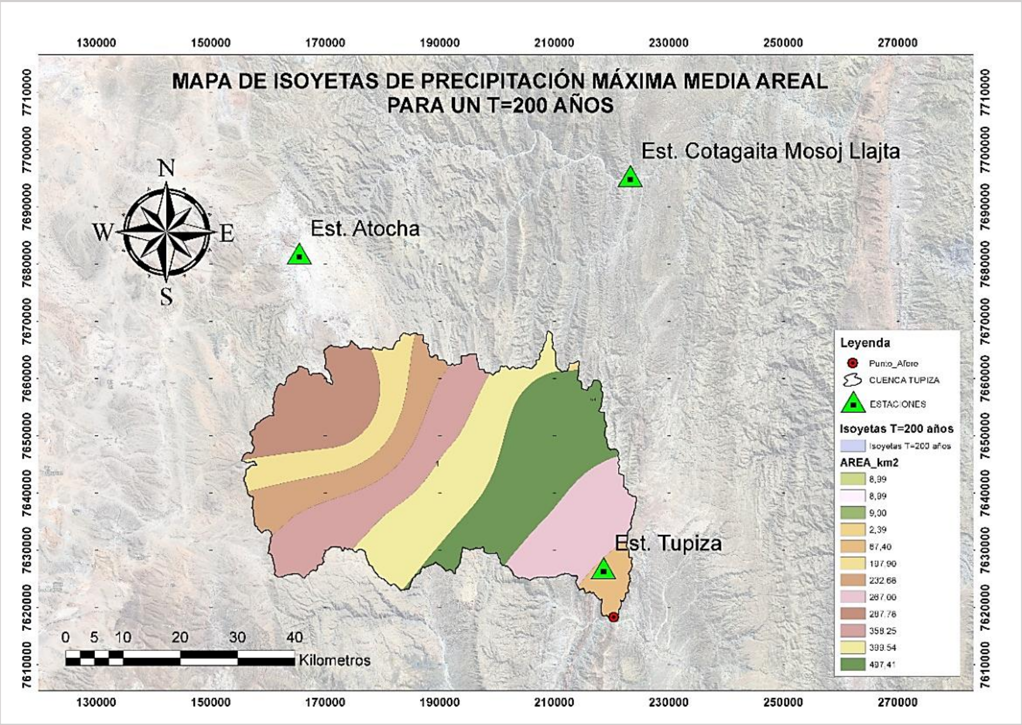


Figura A.2. 5 Mapa de isoyetas de precipitación máxima media areal para un T= 200 años

Fuente: Elaboración propia

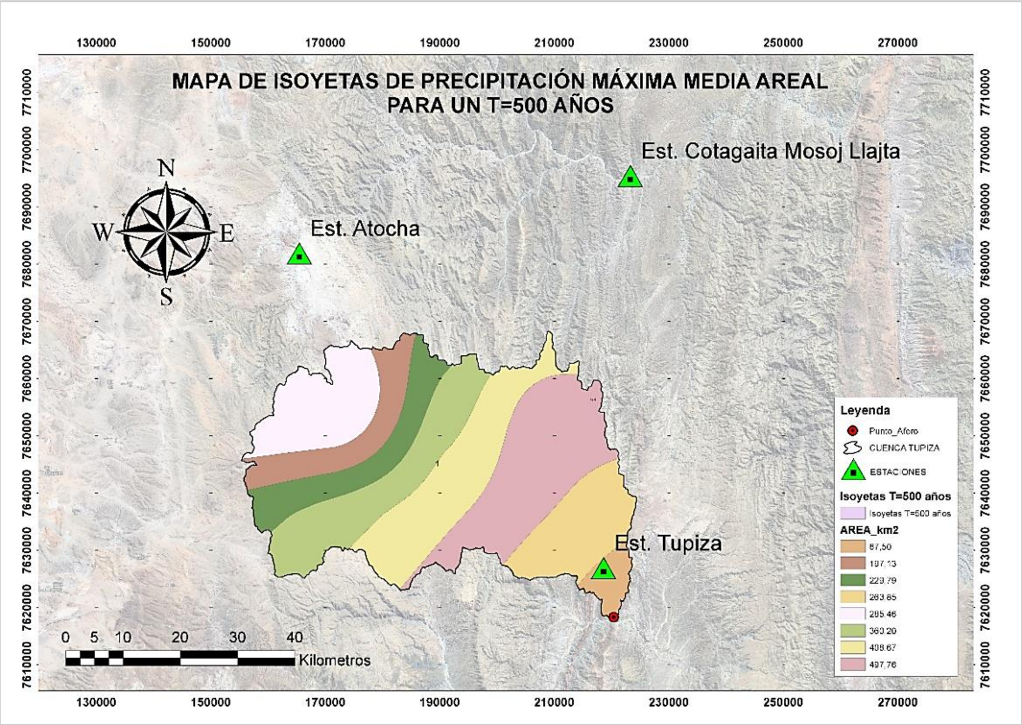


Figura A.2. 6 Mapa de isoyetas de precipitación máxima media areal para un T= 500 años

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2. 8 Discretización de la precipitación para diferentes duraciones

Duración (min)	**Pmáx 24 h (mm)**					
	37,93	45,14	50,51	55,84	68,14	68,16
	T (años)					
	10	25	50	100	200	500
	Precipitación (mm)					
15	12,12	14,42	16,14	17,84	21,77	21,77
30	14,41	17,15	19,19	21,21	25,89	25,89
60	17,14	20,39	22,82	25,23	30,78	30,78
120	20,38	24,25	27,14	30,00	36,61	36,61
240	24,24	28,84	32,27	35,68	43,53	43,53
480	28,82	34,30	38,38	42,43	51,77	51,77
960	34,27	40,79	45,64	50,45	61,57	61,57
1.440	37,93	45,14	50,51	55,84	68,14	68,14

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2. 9 Intensidades para diferentes duraciones

Duración (h)	**T (años)**					
	10	25	50	100	200	500
	Intensidad (mm/h)					
0,25	48,47	57,68	64,55	71,35	87,07	87,07
0,50	28,82	34,30	38,38	42,43	51,77	51,77
1	17,14	20,39	22,82	25,23	30,78	30,78
2	10,19	12,13	13,57	15,00	18,30	18,30
4	6,06	7,21	8,07	8,92	10,88	10,88
8	3,60	4,29	4,80	5,30	6,47	6,47
16	2,14	2,55	2,85	3,15	3,85	3,85
24	1,58	1,88	2,10	2,33	2,84	2,84

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2. 10 Aplicación de la regresión múltiple

			m	**n**	**K**
			0,16	**0,75**	**261,68**
D (min)	**T(años)**	**I (mm/h)**	**x2=log D**	**x1=log T**	**y=log I**
15	10,00	48,47	1,18	1,00	1,69
30	10,00	28,82	1,48	1,00	1,46
60	10,00	17,14	1,78	1,00	1,23
120	10,00	10,19	2,08	1,00	1,01
240	10,00	6,06	2,38	1,00	0,78
480	10,00	3,60	2,68	1,00	0,56
960	10,00	2,14	2,98	1,00	0,33
1.440	10,00	1,58	3,16	1,00	0,20
15	25,00	57,68	1,18	1,40	1,76
30	25,00	34,30	1,48	1,40	1,54
60	25,00	20,39	1,78	1,40	1,31
120	25,00	12,13	2,08	1,40	1,08
240	25,00	7,21	2,38	1,40	0,86
480	25,00	4,29	2,68	1,40	0,63
960	25,00	2,55	2,98	1,40	0,41
1.440	25,00	1,88	3,16	1,40	0,27
15	50,00	64,55	1,18	1,70	1,81
30	50,00	38,38	1,48	1,70	1,58
60	50,00	22,82	1,78	1,70	1,36
120	50,00	13,57	2,08	1,70	1,13
240	50,00	8,07	2,38	1,70	0,91
480	50,00	4,80	2,68	1,70	0,68
960	50,00	2,85	2,98	1,70	0,46
1.440	50,00	2,10	3,16	1,70	0,32
15	100,00	71,35	1,18	2,00	1,85
30	100,00	42,43	1,48	2,00	1,63
60	100,00	25,23	1,78	2,00	1,40
120	100,00	15,00	2,08	2,00	1,18
240	100,00	8,92	2,38	2,00	0,95
480	100,00	5,30	2,68	2,00	0,72
960	100,00	3,15	2,98	2,00	0,50
1.440	100,00	2,33	3,16	2,00	0,37
15	200,00	87,07	1,18	2,30	1,94
30	200,00	51,77	1,48	2,30	1,71
60	200,00	30,78	1,78	2,30	1,49

D (min)	T(años)	I (mm/h)	**m** **0,16** **x2=log D**	**n** **0,75** **x1=log T**	**K** **261,68** **y=log I**
120	200,00	18,30	2,08	2,30	1,26
240	200,00	10,88	2,38	2,30	1,04
480	200,00	6,47	2,68	2,30	0,81
960	200,00	3,85	2,98	2,30	0,59
1.440	200,00	2,84	3,16	2,30	0,45
15	500,00	87,07	1,18	2,70	1,94
30	500,00	51,77	1,48	2,70	1,71
60	500,00	30,78	1,78	2,70	1,49
120	500,00	18,30	2,08	2,70	1,26
240	500,00	10,88	2,38	2,70	1,04
480	500,00	6,47	2,68	2,70	0,81
960	500,00	3,85	2,98	2,70	0,59
1.440	500,00	2,84	3,16	2,70	0,45

Tabla A.2.10 (continuación)

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2. 11 Resumen de la regresión múltiple

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	1,00
Coeficiente de determinación R^2	1,00
R^2 ajustado	1,00
Error típico	0,02
Observaciones	48,00

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2,00	12,39	6,20	15.988,64	0,00
Residuos	45,00	0,02	0,00		
Total	47,00	12,41			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	2,42	0,01	178,02	0,00	2,39	2,45	2,39	2,45
Variable X 1	-0,75	0,00	-176,00	0,00	-0,76	-0,74	-0,76	-0,74
Variable X 2	0,16	0,01	31,66	0,00	0,15	0,17	0,15	0,17

Fuente: Elaboración propia

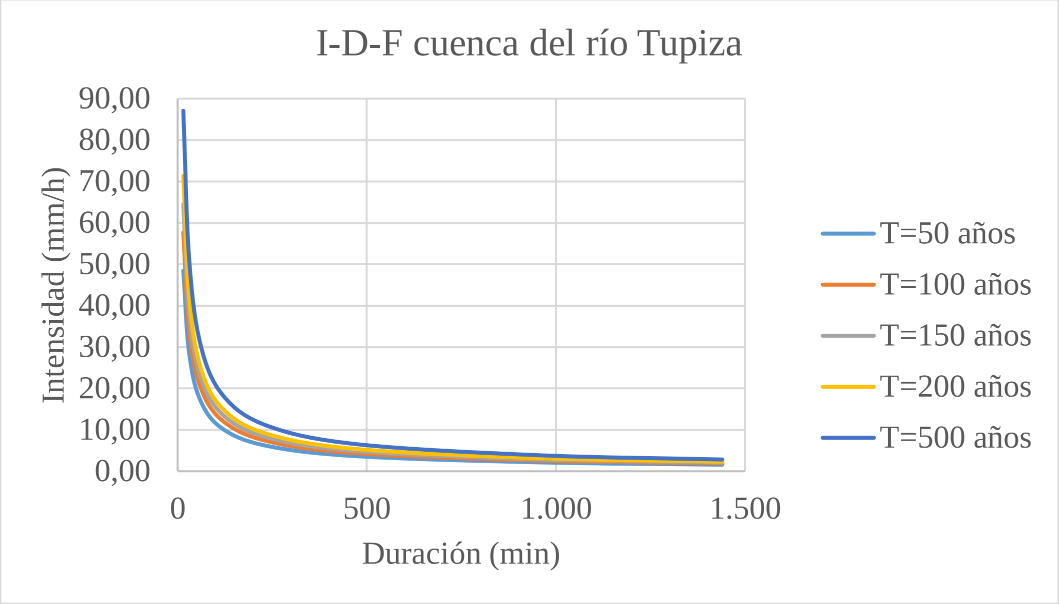


Figura A.2. 7 Curvas I-D-F para la cuenca del río Tupiza

Fuente: Elaboración propia

Ecuación calibrada para la cuenca del río Tupiza

$$I_{máx} = \frac{261{,}68 * T^{0{,}16}}{D^{0{,}75}}$$

donde:

- $I_{máx}$: intensidad máxima en, mm/h
- T: periodo de retorno en, años
- D: duración en, minutos

AÑO	Pmax (mm)	
1.990,00	19,50	8,66
1.991,00	13,00	11,10
1.992,00	17,50	11,10
1.993,00	40,60	11,84
1.994,00	20,50	12,90
1.995,00	16,50	13,00
1.996,00	14,50	13,93
1.997,00	20,50	14,50
1.998,00	16,50	14,63
1.999,00	19,50	15,27
2.000,00	21,11	16,50
2.001,00	14,63	16,50
2.002,00	18,31	16,75
2.003,00	12,90	17,22
2.004,00	17,22	17,50
2.005,00	31,29	18,31
2.006,00	15,27	18,88
2.007,00	20,52	19,31
2.008,00	16,75	19,50
2.009,00	33,98	19,50
2.010,00	30,61	20,50
2.011,00	11,10	20,50
2.012,00	18,88	20,52
2.013,00	23,89	20,52
2.014,00	20,59	20,59
2.015,00	20,52	21,11
2.016,00	19,31	23,89
2.017,00	11,84	30,61
2.018,00	13,93	31,29
2.019,00	8,66	33,98
2.020,00	11,10	40,60

N datos	31

Nro Datos=	31
Media=	19,07
Desviacion=	7,01
α =	5,47
μ =	15,91
Δmax =	0,13
Δcrt.=	0,24
Δcrt.>Δmax	Se ajusta

Probabilidad de ocurrencia		
T (años)	**P(Pmax≤p)**	**p (mm)**
10,00	0,90	28,21
25,00	0,96	33,40
50,00	0,98	37,25
100,00	0,99	41,06
200,00	1,00	44,87
500,00	1,00	49,89

Precipitación máxima media area de la cuenca	
T (años)	**p (mm)**
10,00	37,93
25,00	45,14
50,00	50,51
100,00	55,84
200,00	68,14
500,00	68,16

Duración (h)	Duración (min)	Pmax 24 Hrs (mm)					
		37,93	45,14	50,51	55,84	68,14	68,16
		T (años)					
		10,00	25,00	50,00	100,00	200,00	500,00
		Precipitación (mm)					
0,25	15	12,12	14,42	16,14	17,84	21,77	21,77
0,50	30	14,41	17,15	19,19	21,21	25,89	25,89
1	60	17,14	20,39	22,82	25,23	30,78	30,78
2	120	20,38	24,25	27,14	30,00	36,61	36,61
4	240	24,24	28,84	32,27	35,68	43,53	43,53
8	480	28,82	34,30	38,38	42,43	51,77	51,77
16	960	34,27	40,79	45,64	50,45	61,57	61,57
24	1.440	37,93	45,14	50,51	55,84	68,14	68,14

Duración (min)	Duración (hrs)	T (años)					
		10,00	25,00	50,00	100,00	200,00	500,00
		Intensidad (mm/hr)					
15	0,25	48,47	57,68	64,55	71,35	87,07	87,07
30	0,50	28,82	34,30	38,38	42,43	51,77	51,77
60	1	17,14	20,39	22,82	25,23	30,78	30,78
120	2	10,19	12,13	13,57	15,00	18,30	18,30
240	4	6,06	7,21	8,07	8,92	10,88	10,88
480	8	3,60	4,29	4,80	5,30	6,47	6,47
960	16	2,14	2,55	2,85	3,15	3,85	3,85
1.440	24	1,58	1,88	2,10	2,33	2,84	2,84

$$I_{max} = \frac{261.675177 * T^{0.15998847}}{D^{0,75}}$$

			m	n	K
			0,16	**0,75**	**261,68**
D (min)	**T(años)**	**I (mm/h)**	**x2=log D**	**x1=log T**	**y=log I**
15	10,00	48,47	1,18	1,00	1,69
30	10,00	28,82	1,48	1,00	1,46
60	10,00	17,14	1,78	1,00	1,23
120	10,00	10,19	2,08	1,00	1,01
240	10,00	6,06	2,38	1,00	0,78
480	10,00	3,60	2,68	1,00	0,56
960	10,00	2,14	2,98	1,00	0,33
1.440	10,00	1,58	3,16	1,00	0,20
15	25,00	57,68	1,18	1,40	1,76
30	25,00	34,30	1,48	1,40	1,54
60	25,00	20,39	1,78	1,40	1,31
120	25,00	12,13	2,08	1,40	1,08
240	25,00	7,21	2,38	1,40	0,86
480	25,00	4,29	2,68	1,40	0,63
960	25,00	2,55	2,98	1,40	0,41
1.440	25,00	1,88	3,16	1,40	0,27
15	50,00	64,55	1,18	1,70	1,81
30	50,00	38,38	1,48	1,70	1,58
60	50,00	22,82	1,78	1,70	1,36
120	50,00	13,57	2,08	1,70	1,13
240	50,00	8,07	2,38	1,70	0,91
480	50,00	4,80	2,68	1,70	0,68
960	50,00	2,85	2,98	1,70	0,46
1.440	50,00	2,10	3,16	1,70	0,32

15	100,00	71,35	1,18	2,00	1,85
30	100,00	42,43	1,48	2,00	1,63
60	100,00	25,23	1,78	2,00	1,40
120	100,00	15,00	2,08	2,00	1,18
240	100,00	8,92	2,38	2,00	0,95
480	100,00	5,30	2,68	2,00	0,72
960	100,00	3,15	2,98	2,00	0,50
1.440	100,00	2,33	3,16	2,00	0,37
15	200,00	87,07	1,18	2,30	1,94
30	200,00	51,77	1,48	2,30	1,71
60	200,00	30,78	1,78	2,30	1,49
120	200,00	18,30	2,08	2,30	1,26
240	200,00	10,88	2,38	2,30	1,04
480	200,00	6,47	2,68	2,30	0,81
960	200,00	3,85	2,98	2,30	0,59
1.440	200,00	2,84	3,16	2,30	0,45
15	500,00	87,07	1,18	2,70	1,94
30	500,00	51,77	1,48	2,70	1,71
60	500,00	30,78	1,78	2,70	1,49
120	500,00	18,30	2,08	2,70	1,26
240	500,00	10,88	2,38	2,70	1,04
480	500,00	6,47	2,68	2,70	0,81
960	500,00	3,85	2,98	2,70	0,59
1.440	500,00	2,84	3,16	2,70	0,45

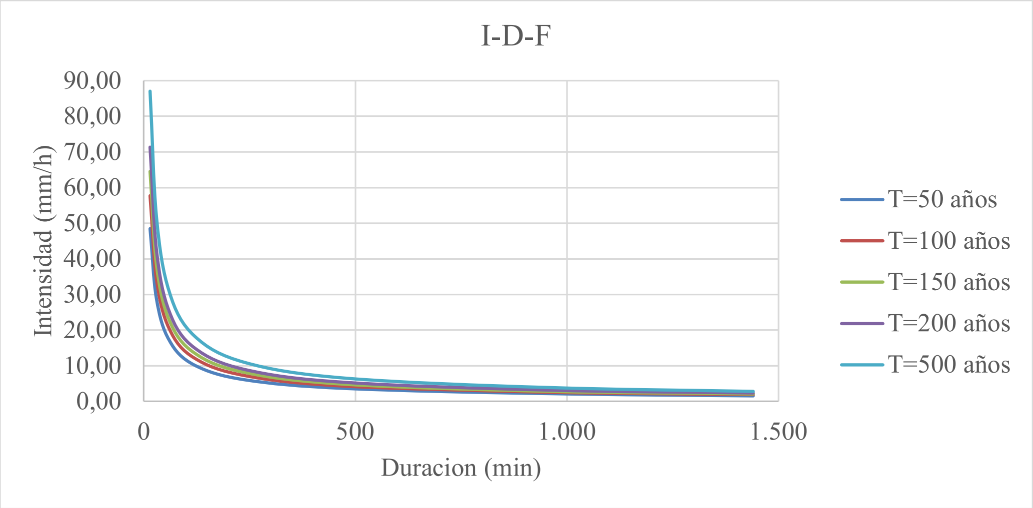
Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiı	1,00
Coeficiente de determinación R^	1,00
R^2 ajustado	1,00
Error típico	0,02
Observaciones	48,00

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2,00	12,39	6,20	15.988,64	0,00
Residuos	45,00	0,02	0,00		
Total	47,00	12,41			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilida d	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	2,42	0,01	178,02	0,00	2,39	2,45	2,39	2,45
Variable X 1	-0,75	0,00	-176,00	0,00	-0,76	-0,74	-0,76	-0,74
Variable X 2	0,16	0,01	31,66	0,00	0,15	0,17	0,15	0,17



$$I_{max} = \frac{k * T^m}{D^n}$$

$$I_{max} = \frac{261.675177 * T^{0.15998847}}{D^{0,75}}$$

T=	73,00	Años
D=	10,00	h
Imax=	**4,29**	mm/h

Anexo 3 Hietogramas generados

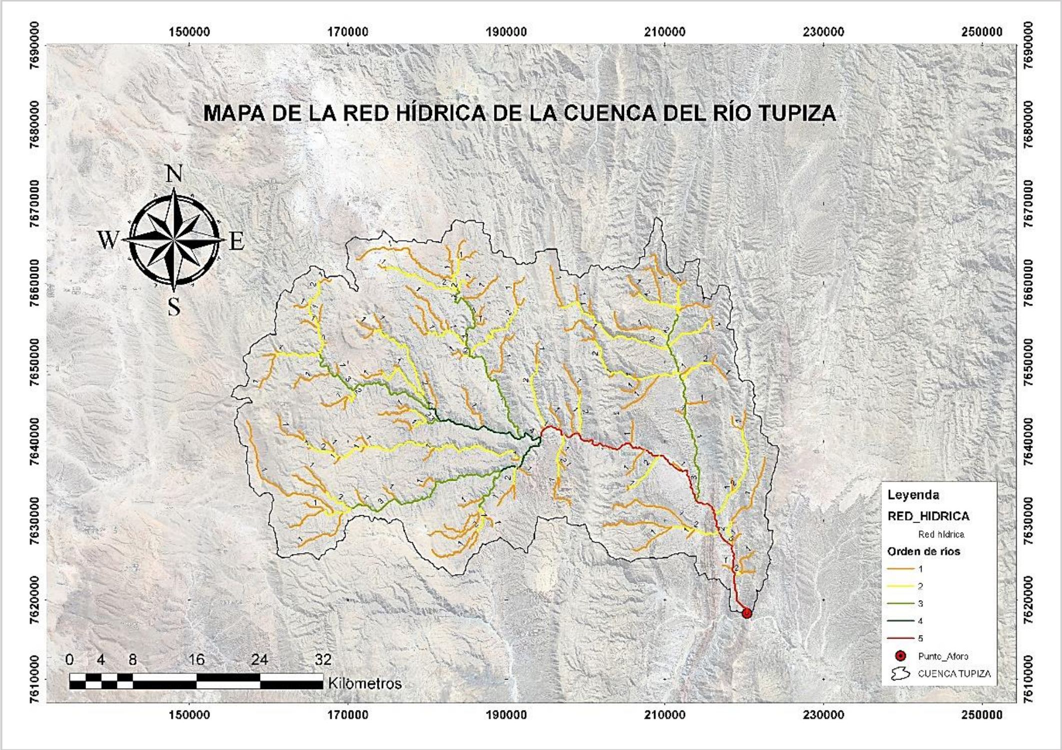


Figura A.3. 1 Mapa de la red hídrica de la cuenca del río Tupiza

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.3. 1 Planilla de duraciones e intensidades , método bloques alternos

①	②	③	④	⑤	Volumen acumulado	
t	**I(idf)**	**I(△t)**	**Bloque**	**I(t)**	**mm**	**%**
h	**mm/h**	**mm/h**		**mm/h**	0,00	0,00
1	24,11	24,11	1	1,11	24,11	0,56
2	14,34	4,56	2	1,33	28,68	0,67
3	10,58	3,06	3	1,68	31,74	0,74
4	8,53	2,37	4	2,37	34,10	0,80
5	7,21	1,96	5	4,56	36,06	0,84
6	6,29	1,68	6	24,11	37,74	0,88
7	5,60	1,48	7	3,06	39,22	0,91
8	5,07	1,33	8	1,96	40,55	0,95
9	4,64	1,21	9	1,48	41,77	0,97
10	4,29	1,11	10	1,21	42,88	1,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.3. 2 Planilla de duraciones e intensidades, método rectangular

		Volumen acumulado	
D (min)	**I(mm/h)**	**mm**	**%**
0	0,00	0,00	0,00
1	4,29	4,29	0,10
2	4,29	8,58	0,20
3	4,29	12,86	0,30
4	4,29	17,15	0,40
5	4,29	21,44	0,50
6	4,29	25,73	0,60
7	4,29	30,02	0,70
8	4,29	34,30	0,80
9	4,29	38,59	0,90
10	4,29	42,88	1,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.3. 3 Planilla de duraciones e intensidades, método triangular

			Volumen acumulado	
D (h)	**I(mm/h)**	**Iprom**	**mm**	**%**
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	1,72	0,86	0,86	0,02
2	3,43	2,57	3,43	0,10
3	5,15	4,29	7,72	0,22
4	6,86	6,00	13,72	0,39
5	8,58	7,72	21,44	0,61
6	6,86	6,00	27,44	0,78
7	5,15	4,29	31,73	0,90
8	3,43	2,57	34,30	0,98
9	1,72	0,86	35,16	1,00
10	0,00	0,00	35,16	1,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.3. 4 Planilla de duraciones e intensidades, método Sifalda

Duración	Intensidad	intensidad Prom.	Volumen acumulado	
(h)	(mm/h)	(mm/h)	mm	%
0	0,64		0,64	0,02
1	2,10	1,37	2,01	0,05
2	3,56	2,83	4,84	0,12
3	9,86	6,71	11,55	0,28
4	9,86	9,86	21,42	0,52
5	9,86	9,86	31,28	0,76
6	3,60	3,26	34,54	0,84
7	2,92	2,57	37,11	0,90
8	2,23	1,89	39,00	0,95
9	1,54	1,20	40,20	0,98
10	0,86	0,86	41,05	1,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.3. 5 Planilla de duraciones e intensidades, método doble triángulo

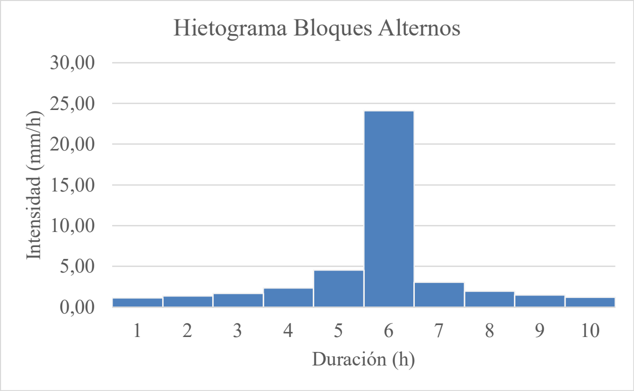
Duración	Intensidad	I promedio	Volumen acumulado	
(h)	(mm/h)	(mm/h)	mm	%
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,74	0,37	0,37	0,01
2	1,48	1,11	1,48	0,04
3	2,22	1,85	3,33	0,10
4	2,96	2,59	5,92	0,18
5	40,55	21,76	27,68	0,82
6	2,96	2,59	30,26	0,90
7	2,22	1,85	32,11	0,96
8	1,48	1,11	33,22	0,99
9	0,74	0,37	33,59	1,00
10	0,00	0,00	33,59	1,00

Fuente: Elaboración propia

Hietograma bloques alternos

$$I_{max} = \frac{261.675177 * T^{0.15998847}}{D^{0,75}}$$

①	②	③	④	⑤	Volumen acumulado		primer momento de precipitacion
t	I(idf)	I(△t)	Bloque	I(t)	mm	%	(t)
h	mm/h	mm/h		mm/h	0,00	0,00	
1	24,11	24,11	1	1,11	24,11	0,56	0,28
2	14,34	4,56	2	1,33	28,68	0,67	1,00
3	10,58	3,06	3	1,68	31,74	0,74	1,85
4	8,53	2,37	4	2,37	34,10	0,80	2,78
5	7,21	1,96	5	4,56	36,06	0,84	3,78
6	6,29	1,68	6	24,11	37,74	0,88	4,84
7	5,60	1,48	7	3,06	39,22	0,91	5,95
8	5,07	1,33	8	1,96	40,55	0,95	7,09
9	4,64	1,21	9	1,48	41,77	0,97	8,28
10	4,29	1,11	10	1,21	42,88	1,00	9,50
							45,36

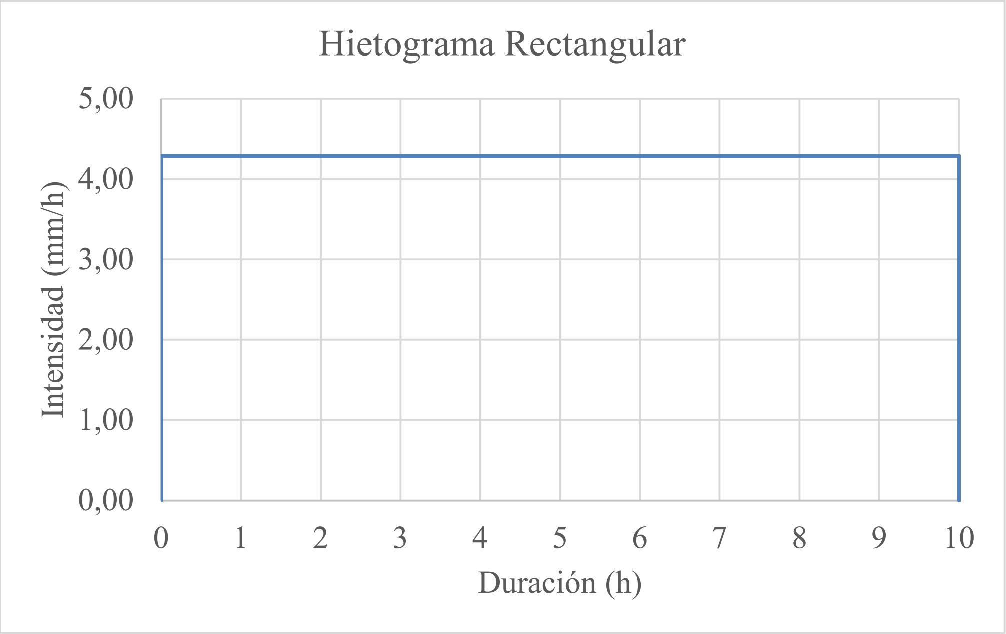


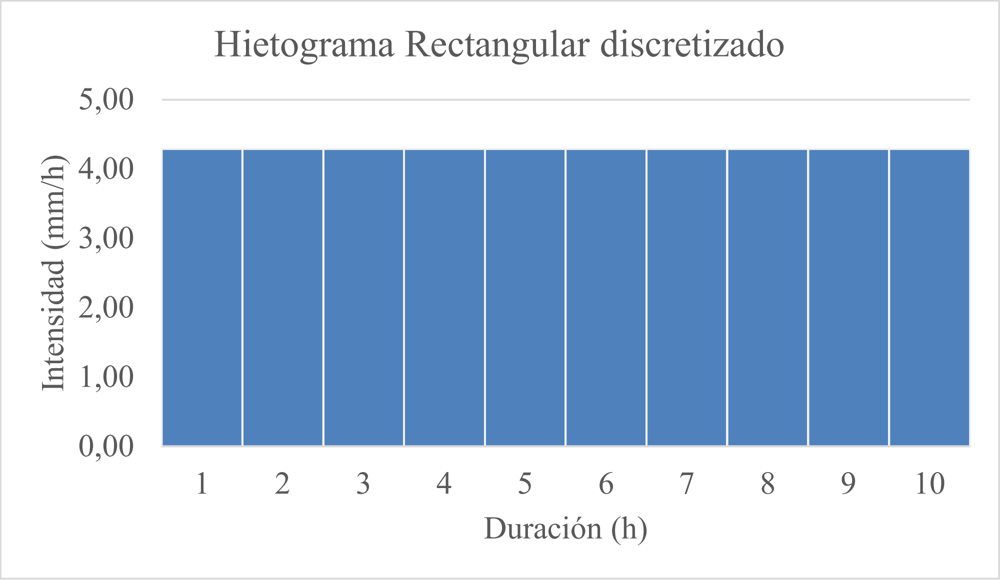
Hietograma rectangular

Datos de entrada		
T=	73,00	Años
D=	10,00	h
Imax=	**4,29**	mm/h

GRAFICA	
0,00	0,00
0,00	4,29
10,00	4,29
10,00	0,00

			Volumen acumulado		primer momento de precipitacio
D (%)	D (min)	I(mm/h)	mm	%	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,10	1,00	4,29	4,29	0,10	0,05
0,20	2,00	4,29	8,58	0,20	0,30
0,30	3,00	4,29	12,86	0,30	0,75
0,40	4,00	4,29	17,15	0,40	1,40
0,50	5,00	4,29	21,44	0,50	2,25
0,60	6,00	4,29	25,73	0,60	3,30
0,70	7,00	4,29	30,02	0,70	4,55
0,80	8,00	4,29	34,30	0,80	6,00
0,90	9,00	4,29	38,59	0,90	7,65
1,00	10,00	4,29	42,88	1,00	9,50
					35,75





Hietograma Rectangular discretizado
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
Intensidad (mm/h)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Duración (h)

Hietograma triangular

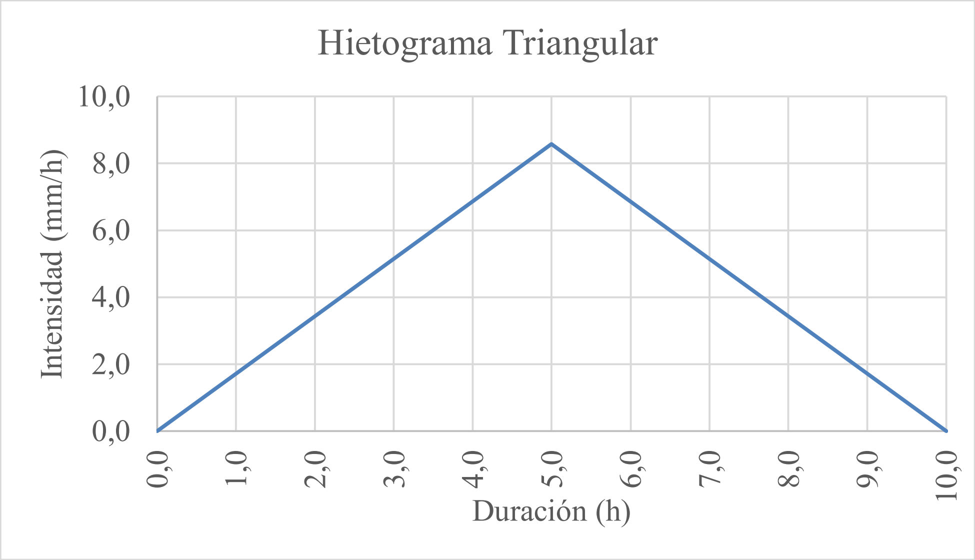
Datos de entrada		
T=	73	Años
D=	10,00	h
Imax=	**4,29**	mm/h

Calculo de la intensidad

$i_{p,T} = 2 * i_{p,T} =$ 8,58 mm/h

$t_p = r * t_d = 0{,}6 * t_d =$ 5,00 h

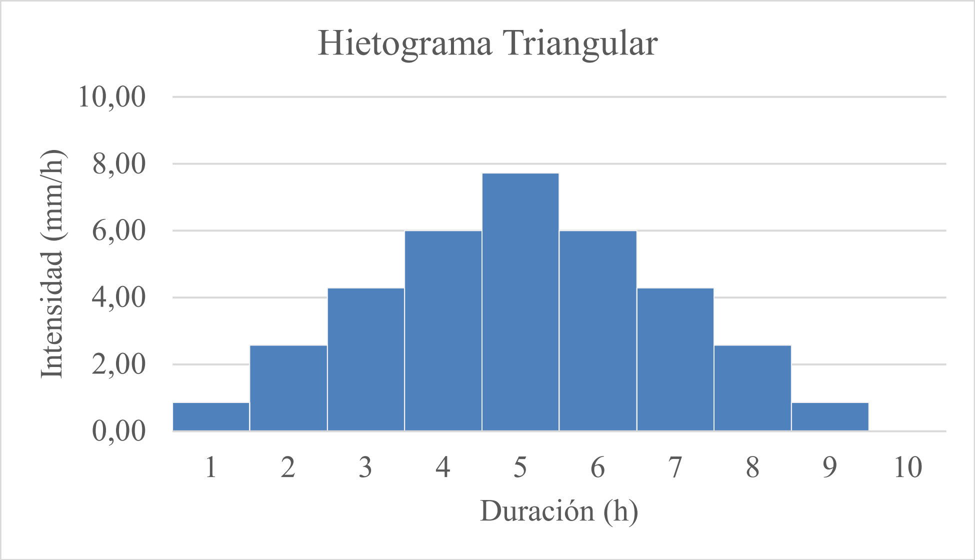
GRAFICA		Vol.Acum
D (h)	**I(mm/h)**	**(mm)**
0,00	0,00	0,00
5,00	8,58	42,88
10,00	0,00	0,00



hietograma discretizado

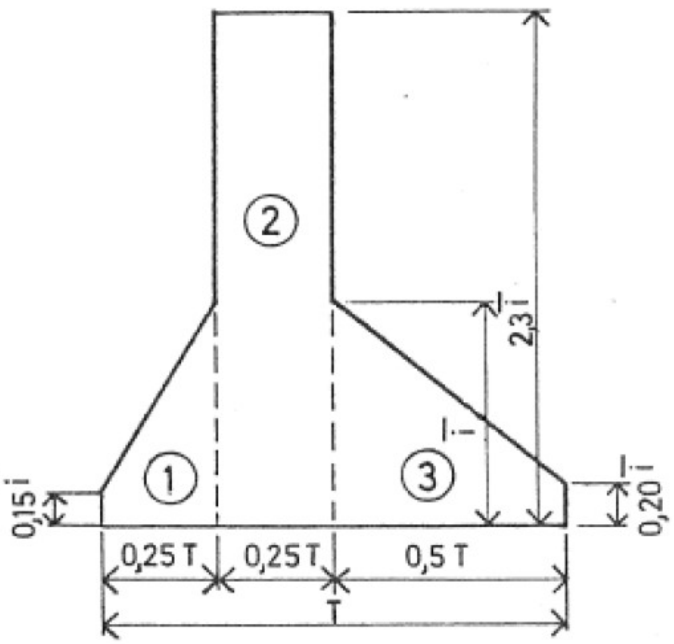
$$\begin{cases} 0 \leq t \leq t_p : \; i(t) = i_p \dfrac{t}{t_p} \\ t_p \leq t \leq t_d \text{:} \; i(t) = i_p \left(\dfrac{t_d}{t_d - t_p} - \dfrac{t}{t_d - t_p} \right) \end{cases}$$

			Volumen acumulado		primer momento del evento
D (h)	I(mm/h)	Iprom	mm	%	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	
1	1,72	0,86	0,86	0,02	0,01
2	3,43	2,57	3,43	0,10	0,15
3	5,15	4,29	7,72	0,22	0,55
4	6,86	6,00	13,72	0,39	1,37
5	8,58	7,72	21,44	0,61	2,74
6	6,86	6,00	27,44	0,78	4,29
7	5,15	4,29	31,73	0,90	5,87
8	3,43	2,57	34,30	0,98	7,32
9	1,72	0,86	35,16	1,00	8,50
10	0,00	0,00	35,16	1,00	9,50
	42,88				40,29

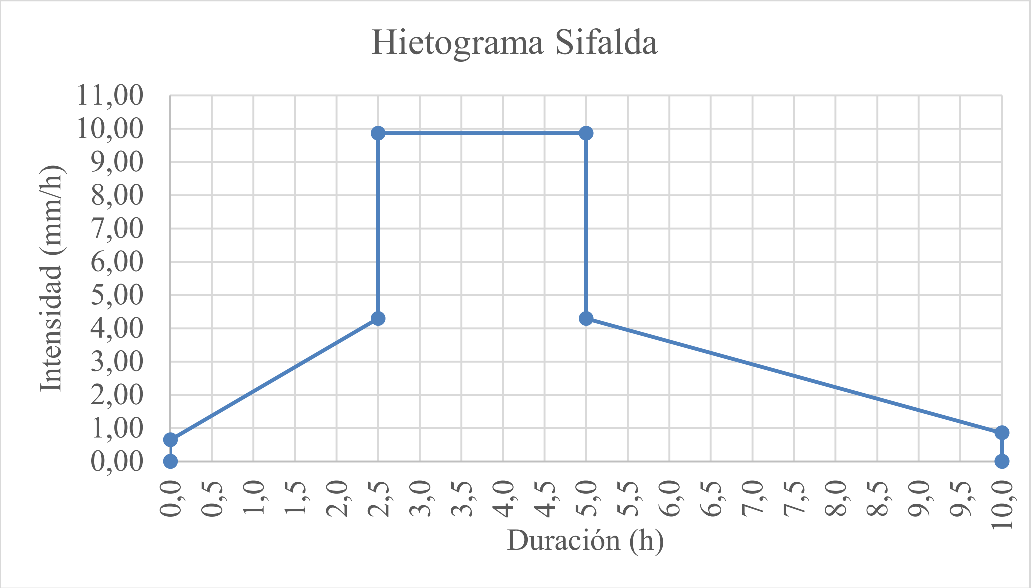


HIETOGRAMA METODO DE SIFALDA

Datos de entrada		
i(d=10h)=	**4,29**	**mm/h**
t_d =	**10,00**	h



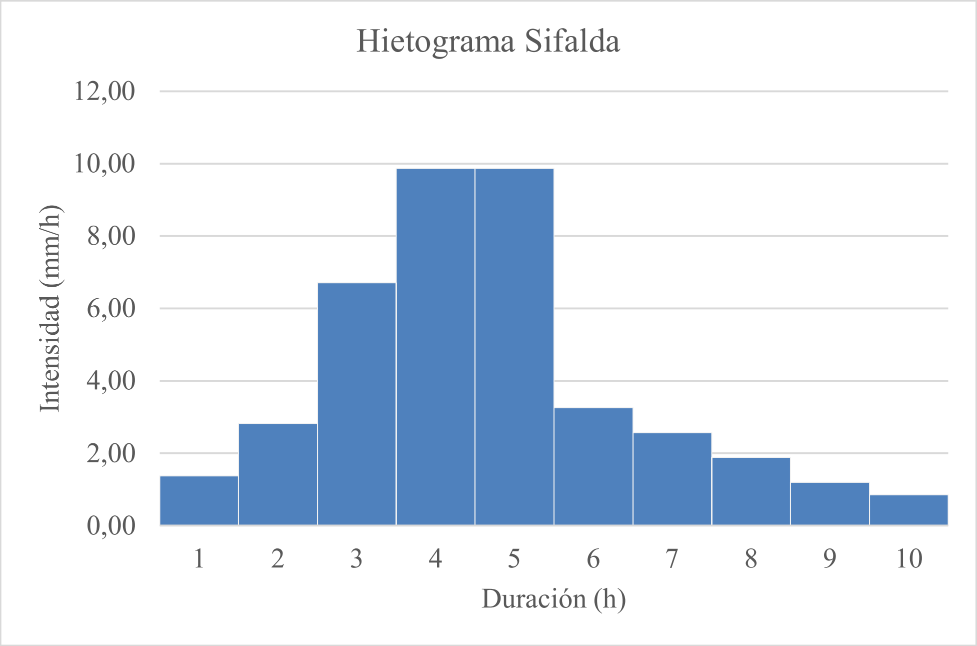
Bloque	**Ii**	**If**	**t**	**Pacum**	**Pacum**
	(mm/h)	**(mm/h)**	**(h)**	**(mm)**	**(%)**
Bloque 1	0,64	4,29	2,50	6,16	14,11
Bloque 2	9,86	9,86	2,50	24,66	56,44
Bloque 3	4,29	0,86	5,00	12,86	29,45
				43,68	100,00



RAMA ASCENDENTE	
tiempo (h)	**intensidad (mm/h)**
0,00	0,64
1,00	2,10
2,00	3,56
3,00	9,86
4,00	9,86
5,00	9,86

RAMA DESCENDENTE	
tiempo (h)	**intensidad (mm/h)**
6,00	3,60
7,00	2,92
8,00	2,23
9,00	1,54
10,00	0,86
11,00	0,00

Duración	Intensidad	intensidad Prom.	Volumen acumulado		Primer momento de precipitacio
(h)	(mm/h)	(mm/h)	mm	%	
0	0,64		0,64	0,02	
1	2,10	1,37	2,01	0,05	0,02
2	3,56	2,83	4,84	0,12	0,18
3	9,86	6,71	11,55	0,28	0,70
4	9,86	9,86	21,42	0,52	1,83
5	9,86	9,86	31,28	0,76	3,43
6	3,60	3,26	34,54	0,84	4,63
7	2,92	2,57	37,11	0,90	5,88
8	2,23	1,89	39,00	0,95	7,12
9	1,54	1,20	40,20	0,98	8,32
10	0,86	0,86	41,05	1,00	9,50
					41,61



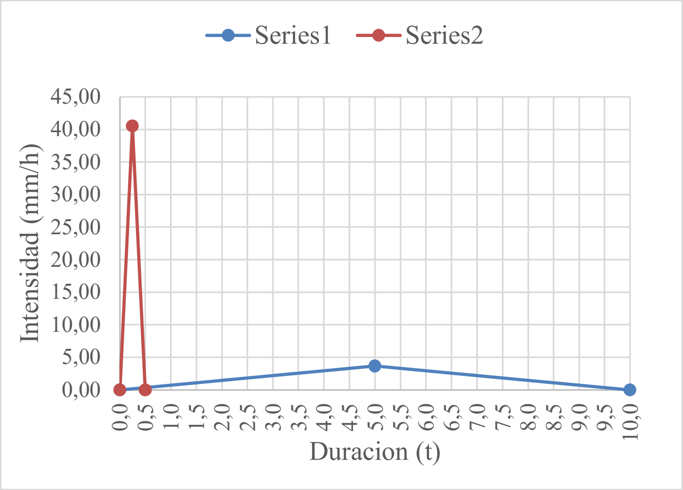
Hietograma Sifalda
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
Intensidad (mm/h)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Duración (h)

HIETOGRAMA DOBLE TRIANGULAR

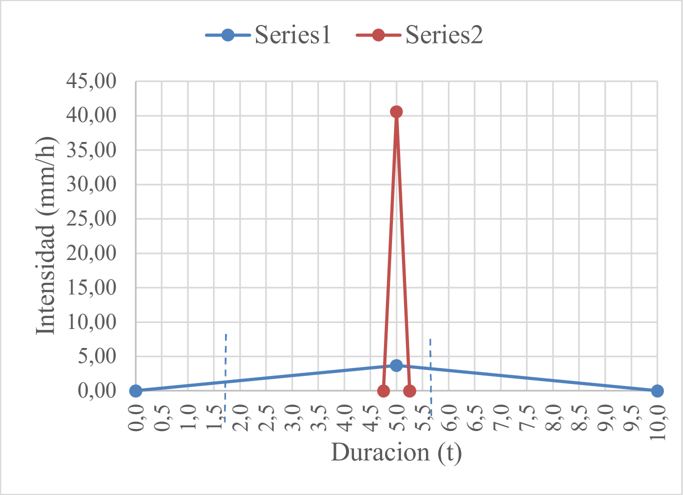
Para situar el pico del hietograma se ha empleado el mismo coeficiente de avance para el hietograma triangular (0,5)

D	T	Imax	tp
(h)	(años)	(mm/h)	(h)
10,00	29,00	3,70	5,00
0,50	73,00	40,55	0,25

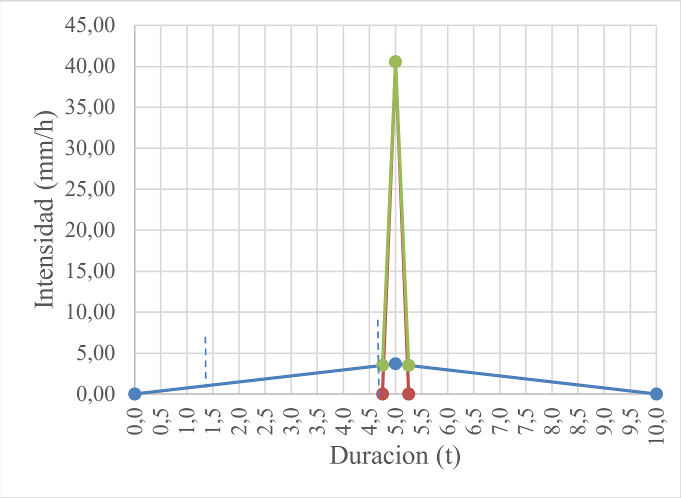
$$I_{max} = \frac{261.675177 * T^{0.15998847}}{D^{0,75}}$$



T (29 años)		T (73 años)	
tiempo	intensidad	tiempo	intensidad
(h)	(mm/h)	(h)	(mm/h)
0,00	0,00	0,00	0,00
5,00	3,70	0,25	40,55
10,00	0,00	0,50	0,00

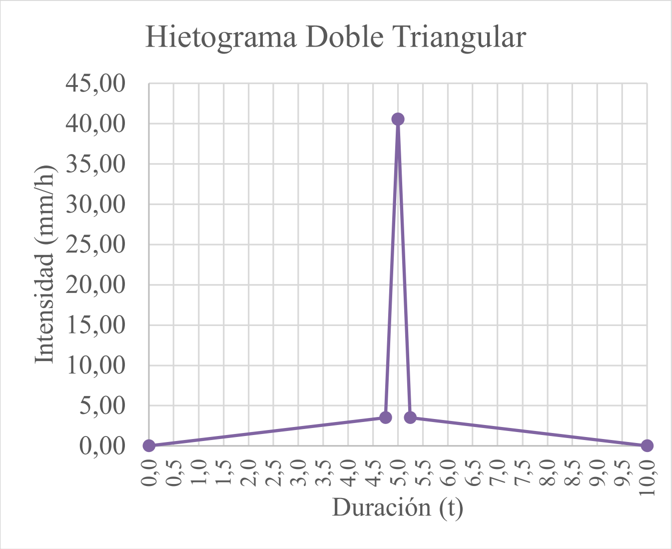


T (73 años)	
tiempo	intensidad
(h)	(mm/h)
4,75	0,00
5,00	40,55
5,25	0,00

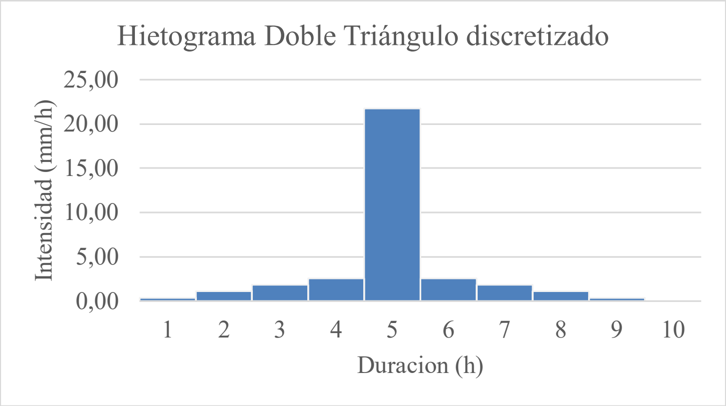


intensidad inicio y final		
tiempo	**intensidad**	
(h)	**(mm/h)**	**(mm/h)**
4,75	0,00	3,51
5,00	40,55	40,55
5,25	0,00	3,51

-0,92



tiempo	**intensidad**
(h)	**(mm/h)**
0,00	0,00
4,75	3,51
5,00	40,55
5,25	3,51
10,00	0,00



Duración	Intensidad	I promedio	Volumen acumulado		primer
(h)	(mm/h)	(mm/h)	mm	%	momento
0	0,00	0,00	0,00	0,00	
1	0,74	0,37	0,37	0,01	0,01
2	1,48	1,11	1,48	0,04	0,07
3	2,22	1,85	3,33	0,10	0,25
4	2,96	2,59	5,92	0,18	0,62
5	40,55	21,76	27,68	0,82	3,71
6	2,96	2,59	30,26	0,90	4,95
7	2,22	1,85	32,11	0,96	6,21
8	1,48	1,11	33,22	0,99	7,42
9	0,74	0,37	33,59	1,00	8,50
10	0,00	0,00	33,59	1,00	9,50
	55,35				41,23

Anexo 4 Hidrogramas generados asociados a cada hietograma

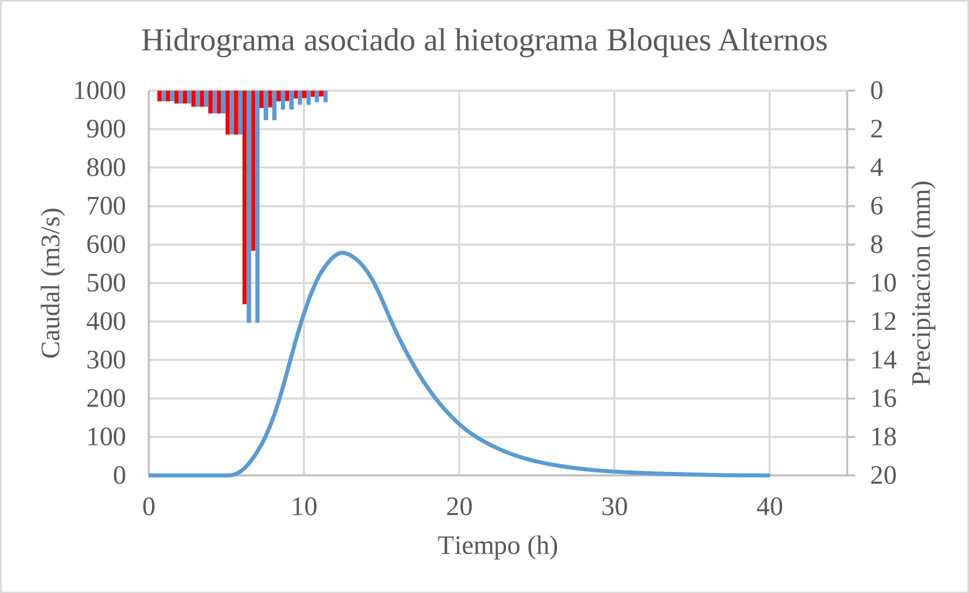


Figura A.4. 1 Hidrograma asociado al hietograma bloques alternos

Fuente: Elaboración propia

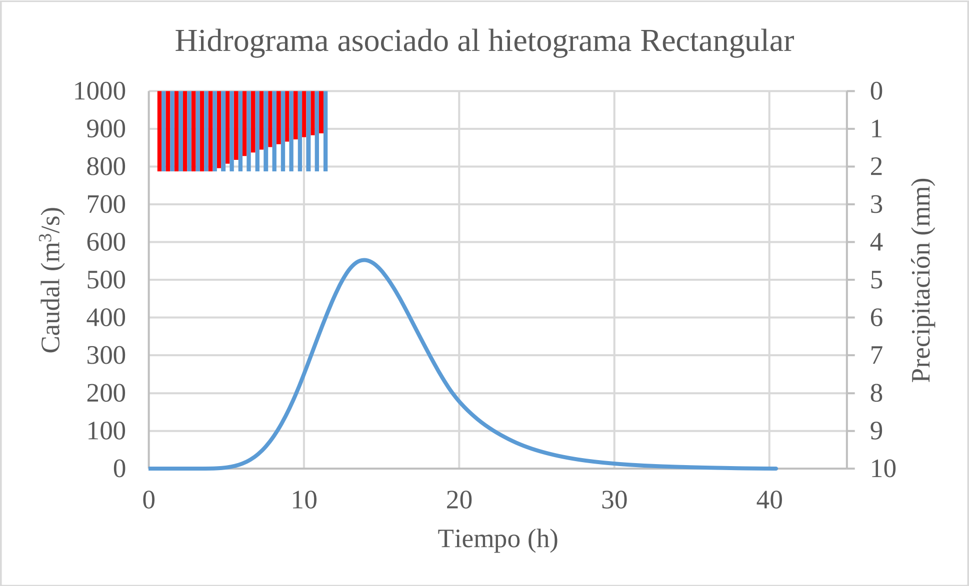


Figura A.4. 2 Hidrograma asociado al hietograma rectangular

Fuente: Elaboración propia

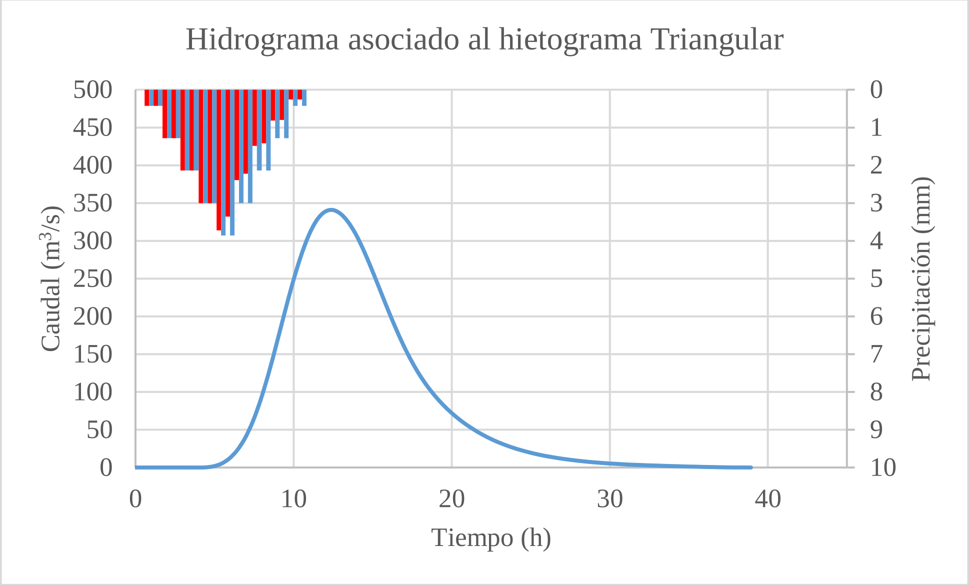


Figura A.4. 3 Hidrograma asociado al hietograma triangular

Fuente: Elaboración propia

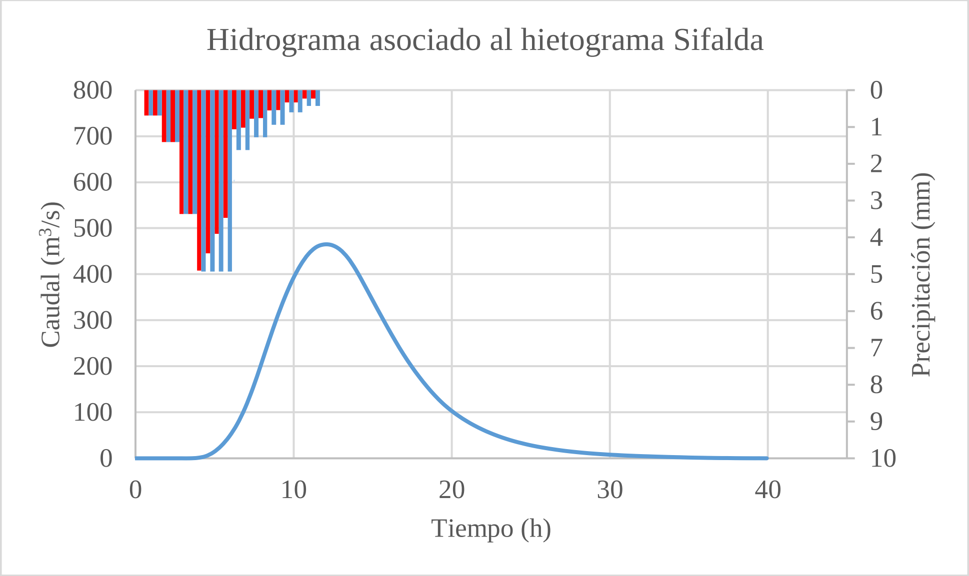


Figura A.4. 4 Hidrograma asociado al hietograma Sifalda

Fuente: Elaboración propia

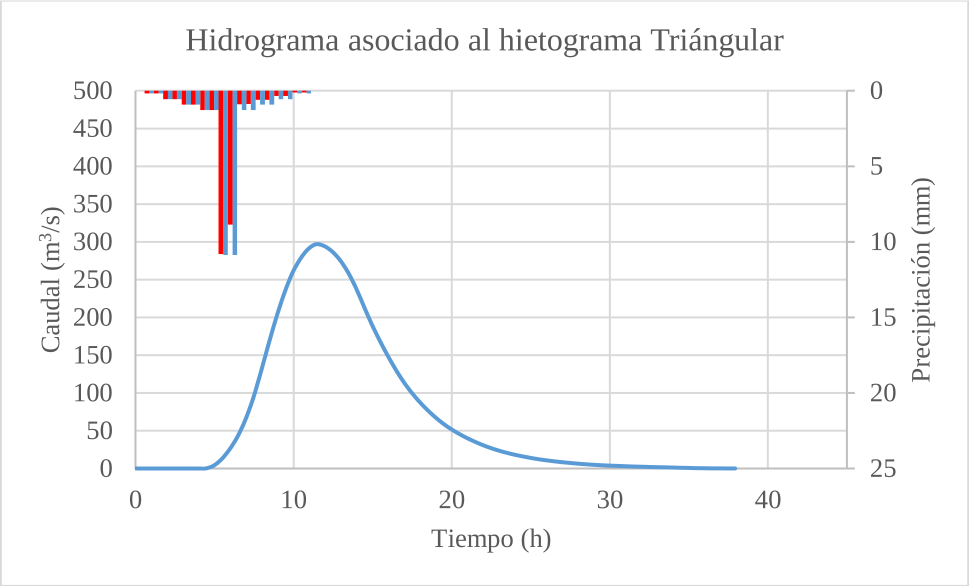
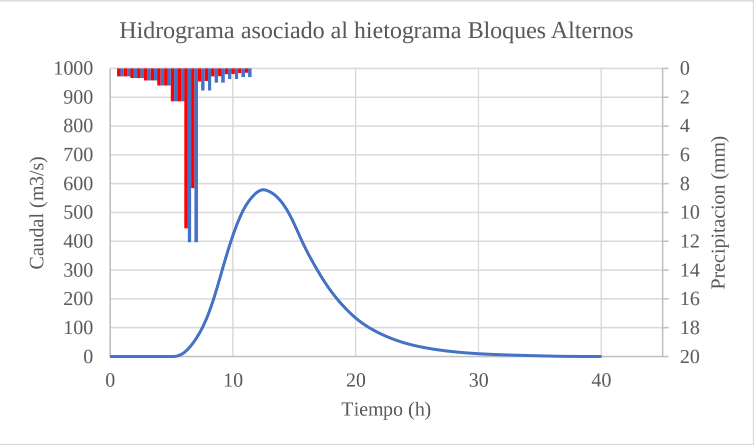


Figura A.4. 5 Hidrograma asociado al hietograma doble triángulo

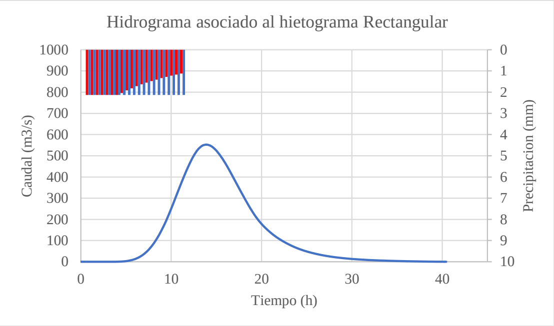
Fuente: Elaboración propia

Tiempo	Precipitacion (mm)	Infiltracion (mm)	Exceso (mm)	Caudal directo (m3/s)	Caudal base (m3/s)	Caudal total (m3/s)
00:00				0	0	0
00:30	0,56	0,56	0	0	0	0
01:00	0,56	0,56	0	0	0	0
01:30	0,67	0,67	0	0	0	0
02:00	0,67	0,67	0	0	0	0
02:30	0,84	0,84	0	0	0	0
03:00	0,84	0,84	0	0	0	0
03:30	1,18	1,18	0	0	0	0
04:00	1,18	1,18	0	0	0	0
04:30	2,28	2,28	0	0	0	0
05:00	2,28	2,28	0	0	0	0
05:30	12,06	11,1	0,96	1,6	0	1,6
06:00	12,06	8,32	3,73	11,1	0	11,1
06:30	1,53	0,9	0,63	30,5	0	30,5
07:00	1,53	0,87	0,66	58,3	0	58,3
07:30	0,98	0,55	0,43	94,1	0	94,1
08:00	0,98	0,53	0,45	141	0	141
08:30	0,74	0,4	0,34	200,9	0	200,9
09:00	0,74	0,39	0,35	272,2	0	272,2
09:30	0,61	0,32	0,29	345,5	0	345,5
10:00	0,61	0,31	0,29	412,6	0	412,6
10:30	0	0	0	470	0	470
11:00	0	0	0	515,4	0	515,4
11:30	0	0	0	547,1	0	547,1
12:00	0	0	0	569,1	0	569,1
12:30	0	0	0	578,7	0	578,7
13:00	0	0	0	573,2	0	573,2
13:30	0	0	0	559,5	0	559,5
14:00	0	0	0	537,4	0	537,4
14:30	0	0	0	506,1	0	506,1
15:00	0	0	0	465,2	0	465,2
15:30	0	0	0	418,2	0	418,2
16:00	0	0	0	373,2	0	373,2
16:30	0	0	0	332,9	0	332,9
17:00	0	0	0	295,8	0	295,8
17:30	0	0	0	261,2	0	261,2
18:00	0	0	0	230,2	0	230,2
18:30	0	0	0	202,5	0	202,5
19:00	0	0	0	177,9	0	177,9
19:30	0	0	0	155,7	0	155,7
20:00	0	0	0	136,1	0	136,1
20:30	0	0	0	119	0	119
21:00	0	0	0	104,5	0	104,5



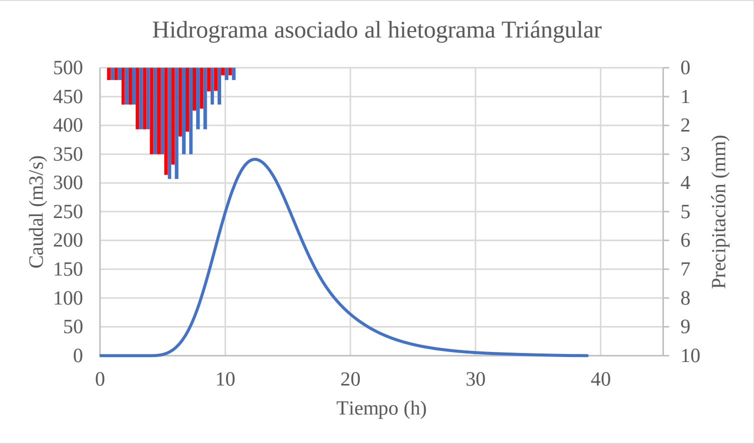
21:30	0	0	0	92	0	92
22:00	0	0	0	80,9	0	80,9
22:30	0	0	0	71,1	0	71,1
23:00	0	0	0	62,3	0	62,3
23:30	0	0	0	54,6	0	54,6
00:00	0	0	0	47,8	0	47,8
00:30	0	0	0	41,9	0	41,9
01:00	0	0	0	36,8	0	36,8
01:30	0	0	0	32,4	0	32,4
02:00	0	0	0	28,4	0	28,4
02:30	0	0	0	25	0	25
03:00	0	0	0	21,9	0	21,9
03:30	0	0	0	19,2	0	19,2
04:00	0	0	0	16,9	0	16,9
04:30	0	0	0	14,8	0	14,8
05:00	0	0	0	13	0	13
05:30	0	0	0	11,4	0	11,4
06:00	0	0	0	10	0	10
06:30	0	0	0	8,9	0	8,9
07:00	0	0	0	7,8	0	7,8
07:30	0	0	0	6,9	0	6,9
08:00	0	0	0	6,1	0	6,1
08:30	0	0	0	5,4	0	5,4
09:00	0	0	0	4,7	0	4,7
09:30	0	0	0	4,2	0	4,2
10:00	0	0	0	3,6	0	3,6
10:30	0	0	0	3,1	0	3,1
11:00	0	0	0	2,5	0	2,5
11:30	0	0	0	2	0	2
12:00	0	0	0	1,5	0	1,5
12:30	0	0	0	1	0	1
13:00	0	0	0	0,7	0	0,7
13:30	0	0	0	0,5	0	0,5
14:00	0	0	0	0,4	0	0,4
14:30	0	0	0	0,2	0	0,2
15:00	0	0	0	0,2	0	0,2
15:30	0	0	0	0,1	0	0,1
	0	0	0	0	0	0

Tiempo	Precipitacion (mm)	Infiltracion (mm)	Exceso (mm)	Caudal directo (m3/s)	Caudal base (m3/s)	Caudal total (m3/s)
00:00				0	0	0
00:30	2,13	2,13	0	0	0	0
01:00	2,13	2,13	0	0	0	0
01:30	2,13	2,13	0	0	0	0
02:00	2,13	2,13	0	0	0	0
02:30	2,13	2,13	0	0	0	0
03:00	2,13	2,13	0	0	0	0
03:30	2,13	2,13	0	0	0	0
04:00	2,13	2,04	0,09	0,2	0	0,2
04:30	2,13	1,92	0,21	0,9	0	0,9
05:00	2,13	1,82	0,31	2,6	0	2,6
05:30	2,13	1,72	0,41	6,1	0	6,1
06:00	2,13	1,63	0,5	11,9	0	11,9
06:30	2,13	1,55	0,58	21,1	0	21,1
07:00	2,13	1,48	0,65	34,7	0	34,7
07:30	2,13	1,41	0,72	53,7	0	53,7
08:00	2,13	1,34	0,79	78,8	0	78,8
08:30	2,13	1,28	0,85	110,4	0	110,4
09:00	2,13	1,22	0,91	148,6	0	148,6
09:30	2,13	1,17	0,96	193	0	193
10:00	2,13	1,12	1,01	243,3	0	243,3
10:30	0	0	0	297,2	0	297,2
11:00	0	0	0	351,8	0	351,8
11:30	0	0	0	404,4	0	404,4
12:00	0	0	0	453,3	0	453,3
12:30	0	0	0	495,6	0	495,6
13:00	0	0	0	528	0	528
13:30	0	0	0	547,2	0	547,2
14:00	0	0	0	552,4	0	552,4
14:30	0	0	0	545,1	0	545,1
15:00	0	0	0	527,1	0	527,1
15:30	0	0	0	500,7	0	500,7
16:00	0	0	0	468,6	0	468,6
16:30	0	0	0	431,9	0	431,9
17:00	0	0	0	392,4	0	392,4
17:30	0	0	0	352,7	0	352,7
18:00	0	0	0	313,6	0	313,6
18:30	0	0	0	275,6	0	275,6
19:00	0	0	0	240	0	240
19:30	0	0	0	208,2	0	208,2
20:00	0	0	0	181,5	0	181,5
20:30	0	0	0	159,2	0	159,2
21:00	0	0	0	139,9	0	139,9
21:30	0	0	0	122,9	0	122,9
22:00	0	0	0	108,2	0	108,2
22:30	0	0	0	95,2	0	95,2
23:00	0	0	0	83,7	0	83,7
23:30	0	0	0	73,3	0	73,3
00:00	0	0	0	64,2	0	64,2
00:30	0	0	0	56,3	0	56,3
01:00	0	0	0	49,4	0	49,4
01:30	0	0	0	43,4	0	43,4
02:00	0	0	0	38,1	0	38,1
02:30	0	0	0	33,4	0	33,4
03:00	0	0	0	29,3	0	29,3
03:30	0	0	0	25,7	0	25,7
04:00	0	0	0	22,5	0	22,5
04:30	0	0	0	19,8	0	19,8
05:00	0	0	0	17,4	0	17,4



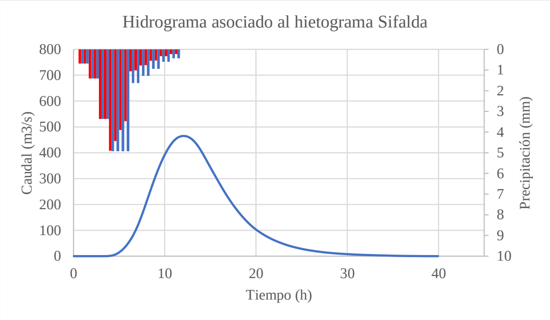
05:30	0	0	0	15,3	0	15,3
06:00	0	0	0	13,5	0	13,5
06:30	0	0	0	11,8	0	11,8
07:00	0	0	0	10,4	0	10,4
07:30	0	0	0	9,2	0	9,2
08:00	0	0	0	8	0	8
08:30	0	0	0	7,1	0	7,1
09:00	0	0	0	6,2	0	6,2
09:30	0	0	0	5,5	0	5,5
10:00	0	0	0	4,8	0	4,8
10:30	0	0	0	4,2	0	4,2
11:00	0	0	0	3,6	0	3,6
11:30	0	0	0	3,1	0	3,1
12:00	0	0	0	2,6	0	2,6
12:30	0	0	0	2,2	0	2,2
13:00	0	0	0	1,8	0	1,8
13:30	0	0	0	1,4	0	1,4
14:00	0	0	0	1	0	1
14:30	0	0	0	0,7	0	0,7
15:00	0	0	0	0,5	0	0,5
15:30	0	0	0	0,3	0	0,3
16:00	0	0	0	0,1	0	0,1
16:30	0	0	0	0	0	0

Tiempo	Precipitacion (mm)	Infiltracion (mm)	Exceso (mm)	Caudal directo (m3/s)	Caudal base (m3/s)	Caudal total (m3/s)
00:00				0	0	0
00:30	0,43	0,43	0	0	0	0
01:00	0,43	0,43	0	0	0	0
01:30	1,28	1,28	0	0	0	0
02:00	1,28	1,28	0	0	0	0
02:30	2,14	2,14	0	0	0	0
03:00	2,14	2,14	0	0	0	0
03:30	3	3	0	0	0	0
04:00	3	3	0	0	0	0
04:30	3,86	3,72	0,14	0,2	0	0,2
05:00	3,86	3,36	0,5	1,6	0	1,6
05:30	3	2,39	0,61	5,1	0	5,1
06:00	3	2,22	0,78	11,9	0	11,9
06:30	2,14	1,49	0,65	22,9	0	22,9
07:00	2,14	1,42	0,72	39,1	0	39,1
07:30	1,28	0,82	0,47	61,5	0	61,5
08:00	1,28	0,8	0,49	90,6	0	90,6
08:30	0,43	0,26	0,17	125,5	0	125,5
09:00	0,43	0,26	0,17	164,5	0	164,5
09:30	0	0	0	204,8	0	204,8
10:00	0	0	0	243,5	0	243,5
10:30	0	0	0	277,9	0	277,9
11:00	0	0	0	306	0	306
11:30	0	0	0	326,3	0	326,3
12:00	0	0	0	337,8	0	337,8
12:30	0	0	0	340,9	0	340,9
13:00	0	0	0	336,4	0	336,4
13:30	0	0	0	325,4	0	325,4
14:00	0	0	0	308,8	0	308,8
14:30	0	0	0	287,4	0	287,4
15:00	0	0	0	262,8	0	262,8
15:30	0	0	0	236,8	0	236,8
16:00	0	0	0	210,7	0	210,7
16:30	0	0	0	185,7	0	185,7
17:00	0	0	0	162,6	0	162,6
17:30	0	0	0	141,9	0	141,9
18:00	0	0	0	123,9	0	123,9
18:30	0	0	0	108,4	0	108,4
19:00	0	0	0	95,1	0	95,1
19:30	0	0	0	83,5	0	83,5
20:00	0	0	0	73,4	0	73,4
20:30	0	0	0	64,5	0	64,5
21:00	0	0	0	56,7	0	56,7



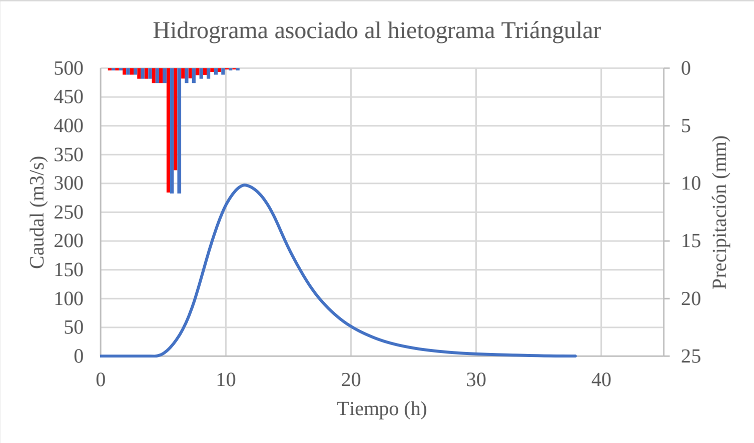
21:30	0	0	0	49,8	0	49,8
22:00	0	0	0	43,7	0	43,7
22:30	0	0	0	38,3	0	38,3
23:00	0	0	0	33,6	0	33,6
23:30	0	0	0	29,5	0	29,5
00:00	0	0	0	25,8	0	25,8
00:30	0	0	0	22,7	0	22,7
01:00	0	0	0	19,9	0	19,9
01:30	0	0	0	17,4	0	17,4
02:00	0	0	0	15,3	0	15,3
02:30	0	0	0	13,5	0	13,5
03:00	0	0	0	11,8	0	11,8
03:30	0	0	0	10,4	0	10,4
04:00	0	0	0	9,1	0	9,1
04:30	0	0	0	8	0	8
05:00	0	0	0	7	0	7
05:30	0	0	0	6,2	0	6,2
06:00	0	0	0	5,4	0	5,4
06:30	0	0	0	4,8	0	4,8
07:00	0	0	0	4,2	0	4,2
07:30	0	0	0	3,7	0	3,7
08:00	0	0	0	3,3	0	3,3
08:30	0	0	0	2,9	0	2,9
09:00	0	0	0	2,6	0	2,6
09:30	0	0	0	2,2	0	2,2
10:00	0	0	0	1,9	0	1,9
10:30	0	0	0	1,6	0	1,6
11:00	0	0	0	1,3	0	1,3
11:30	0	0	0	1,1	0	1,1
12:00	0	0	0	0,8	0	0,8
12:30	0	0	0	0,6	0	0,6
13:00	0	0	0	0,4	0	0,4
13:30	0	0	0	0,2	0	0,2
14:00	0	0	0	0,1	0	0,1
14:30	0	0	0	0,1	0	0,1
15:00	0	0	0	0	0	0

Tiempo	Precipitacion (mm)	Infiltracion (mm)	Exceso (mm)	Caudal directo (m3/s)	Caudal base (m3/s)	Caudal total (m3/s)
00:00				0	0	0
00:30	0,69	0,69	0	0	0	0
01:00	0,69	0,69	0	0	0	0
01:30	1,41	1,41	0	0	0	0
02:00	1,41	1,41	0	0	0	0
02:30	3,36	3,36	0	0	0	0
03:00	3,36	3,36	0	0	0	0
03:30	4,93	4,9	0,03	0	0	0
04:00	4,93	4,43	0,5	1	0	1
04:30	4,93	3,9	1,03	4,5	0	4,5
05:00	4,93	3,47	1,46	13,1	0	13,1
05:30	1,63	1,06	0,57	27,3	0	27,3
06:00	1,63	1,02	0,61	47,5	0	47,5
06:30	1,28	0,78	0,5	74,3	0	74,3
07:00	1,28	0,76	0,52	109,5	0	109,5
07:30	0,94	0,55	0,4	153,1	0	153,1
08:00	0,94	0,54	0,41	202,9	0	202,9
08:30	0,6	0,33	0,27	254,4	0	254,4
09:00	0,6	0,33	0,27	303,8	0	303,8
09:30	0,43	0,23	0,2	348,7	0	348,7
10:00	0,43	0,23	0,2	387,7	0	387,7
10:30	0	0	0	419,5	0	419,5
11:00	0	0	0	443,7	0	443,7
11:30	0	0	0	458,9	0	458,9
12:00	0	0	0	464,7	0	464,7
12:30	0	0	0	463,1	0	463,1
13:00	0	0	0	453,6	0	453,6
13:30	0	0	0	435,7	0	435,7
14:00	0	0	0	410,1	0	410,1
14:30	0	0	0	379,6	0	379,6
15:00	0	0	0	347,7	0	347,7
15:30	0	0	0	316,1	0	316,1
16:00	0	0	0	285,2	0	285,2
16:30	0	0	0	255,2	0	255,2
17:00	0	0	0	227	0	227
17:30	0	0	0	201,2	0	201,2
18:00	0	0	0	177,7	0	177,7
18:30	0	0	0	156,1	0	156,1
19:00	0	0	0	136,7	0	136,7
19:30	0	0	0	119,5	0	119,5
20:00	0	0	0	104,8	0	104,8
20:30	0	0	0	92,2	0	92,2
21:00	0	0	0	81,1	0	81,1
21:30	0	0	0	71,3	0	71,3
22:00	0	0	0	62,7	0	62,7
22:30	0	0	0	55,1	0	55,1
23:00	0	0	0	48,4	0	48,4
23:30	0	0	0	42,5	0	42,5
00:00	0	0	0	37,3	0	37,3
00:30	0	0	0	32,8	0	32,8
01:00	0	0	0	28,8	0	28,8
01:30	0	0	0	25,3	0	25,3
02:00	0	0	0	22,3	0	22,3
02:30	0	0	0	19,6	0	19,6
03:00	0	0	0	17,2	0	17,2
03:30	0	0	0	15,1	0	15,1
04:00	0	0	0	13,3	0	13,3
04:30	0	0	0	11,7	0	11,7
05:00	0	0	0	10,3	0	10,3



05:30	0	0	0	9,1	0	9,1
06:00	0	0	0	8	0	8
06:30	0	0	0	7,1	0	7,1
07:00	0	0	0	6,2	0	6,2
07:30	0	0	0	5,5	0	5,5
08:00	0	0	0	4,8	0	4,8
08:30	0	0	0	4,3	0	4,3
09:00	0	0	0	3,7	0	3,7
09:30	0	0	0	3,2	0	3,2
10:00	0	0	0	2,7	0	2,7
10:30	0	0	0	2,3	0	2,3
11:00	0	0	0	1,8	0	1,8
11:30	0	0	0	1,4	0	1,4
12:00	0	0	0	1,1	0	1,1
12:30	0	0	0	0,8	0	0,8
13:00	0	0	0	0,6	0	0,6
13:30	0	0	0	0,5	0	0,5
14:00	0	0	0	0,3	0	0,3
14:30	0	0	0	0,2	0	0,2
15:00	0	0	0	0,1	0	0,1
15:30	0	0	0	0,1	0	0,1
16:00	0	0	0	0	0	0

Tiempo	Precipitacion (mm)	Infiltracion (mm)	Exceso (mm)	Caudal directo (m3/s)	Caudal base (m3/s)	Caudal total (m3/s)
00:00				0	0	0
00:30	0,19	0,19	0	0	0	0
01:00	0,19	0,19	0	0	0	0
01:30	0,56	0,56	0	0	0	0
02:00	0,56	0,56	0	0	0	0
02:30	0,93	0,93	0	0	0	0
03:00	0,93	0,93	0	0	0	0
03:30	1,29	1,29	0	0	0	0
04:00	1,29	1,29	0	0	0	0
04:30	10,88	10,8	0,08	0,1	0	0,1
05:00	10,88	8,86	2,02	3,7	0	3,7
05:30	1,29	0,91	0,39	12,1	0	12,1
06:00	1,29	0,88	0,42	24,8	0	24,8
06:30	0,93	0,61	0,31	41,4	0	41,4
07:00	0,93	0,6	0,33	63,6	0	63,6
07:30	0,56	0,35	0,2	92,3	0	92,3
08:00	0,56	0,35	0,21	127,9	0	127,9
08:30	0,19	0,12	0,07	165,8	0	165,8
09:00	0,19	0,12	0,07	201,6	0	201,6
09:30	0	0	0	233,1	0	233,1
10:00	0	0	0	259,1	0	259,1
10:30	0	0	0	277,6	0	277,6
11:00	0	0	0	290,6	0	290,6
11:30	0	0	0	296,8	0	296,8
12:00	0	0	0	294,4	0	294,4
12:30	0	0	0	287,3	0	287,3
13:00	0	0	0	275,9	0	275,9
13:30	0	0	0	260	0	260
14:00	0	0	0	239,5	0	239,5
14:30	0	0	0	215,3	0	215,3
15:00	0	0	0	191,4	0	191,4
15:30	0	0	0	170	0	170
16:00	0	0	0	150,2	0	150,2
16:30	0	0	0	131,9	0	131,9
17:00	0	0	0	115,5	0	115,5
17:30	0	0	0	101,3	0	101,3
18:00	0	0	0	89	0	89
18:30	0	0	0	78,1	0	78,1
19:00	0	0	0	68,4	0	68,4
19:30	0	0	0	59,9	0	59,9
20:00	0	0	0	52,6	0	52,6
20:30	0	0	0	46,3	0	46,3
21:00	0	0	0	40,7	0	40,7



21:30	0	0	0	35,8	0	35,8
22:00	0	0	0	31,3	0	31,3
22:30	0	0	0	27,4	0	27,4
23:00	0	0	0	24	0	24
23:30	0	0	0	21,1	0	21,1
00:00	0	0	0	18,5	0	18,5
00:30	0	0	0	16,3	0	16,3
01:00	0	0	0	14,3	0	14,3
01:30	0	0	0	12,5	0	12,5
02:00	0	0	0	11	0	11
02:30	0	0	0	9,7	0	9,7
03:00	0	0	0	8,5	0	8,5
03:30	0	0	0	7,5	0	7,5
04:00	0	0	0	6,5	0	6,5
04:30	0	0	0	5,7	0	5,7
05:00	0	0	0	5	0	5
05:30	0	0	0	4,4	0	4,4
06:00	0	0	0	3,9	0	3,9
06:30	0	0	0	3,5	0	3,5
07:00	0	0	0	3,1	0	3,1
07:30	0	0	0	2,7	0	2,7
08:00	0	0	0	2,4	0	2,4
08:30	0	0	0	2,1	0	2,1
09:00	0	0	0	1,8	0	1,8
09:30	0	0	0	1,6	0	1,6
10:00	0	0	0	1,3	0	1,3
10:30	0	0	0	1	0	1
11:00	0	0	0	0,8	0	0,8
11:30	0	0	0	0,5	0	0,5
12:00	0	0	0	0,4	0	0,4
12:30	0	0	0	0,2	0	0,2
13:00	0	0	0	0,2	0	0,2
13:30	0	0	0	0,1	0	0,1
14:00	0	0	0	0,1	0	0,1
14:30	0	0	0	0	0	0

Anexo 5 Cálculos complementarios

Calibración de la curva de descarga con Manning n=0.03 (Vauchel et al., 2006)

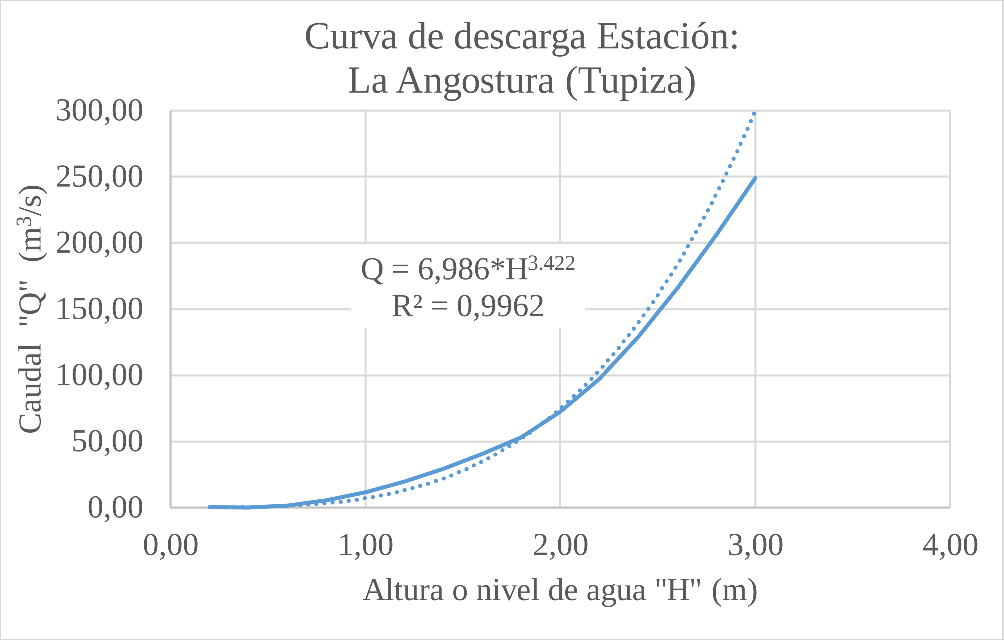


Tabla A.5. 1 Curva de descarga Estación La Angostura

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.5. 2 Niveles de agua máximos registrados en la Estación La Angostura (Tupiza)

Año	**Alturas de agua (m)**
2.005	2,4
2.006	2,6
2.007	2,8
2.008	2,5
2.009	1,5
2.010	2,6
2.011	1,7
2.012	0,6
2.013	2,8
2.014	2,1
2.015	1,8
2.016	1,8
2.017	1,7
2.018	3,5
2.019	1,3

Año	Alturas de agua (m)
2.020	1,3
2.021	2,5
2.022	1,0
2.023	3,0
2.024	2,0
2.025	3,0

Tabla A.5.2 (Continuación)

Fuente: *(Comisión trinacional para el desarrollo de la cuenca del río Pilcomayo, 2024)*

Tabla A.5. 3 Caudales máximos obtenidos con la curva de descarga en la Estación La Angostura

Año	Alturas de agua (m)	Qmáx (m^3/s)
2.005	2,4	139,74
2.006	2,6	183,77
2.007	2,8	236,81
2.008	2,5	160,69
2.009	1,5	27,98
2.010	2,6	183,77
2.011	1,7	42,94
2.012	0,6	1,22
2.013	2,8	236,81
2.014	2,1	88,48
2.015	1,8	52,21
2.016	1,8	52,21
2.017	1,7	42,94
2.018	3,5	508,19
2.019	1,3	17,15
2.020	1,3	17,15
2.021	2,5	160,69
2.022	1,0	6,99
2.023	3,0	299,87
2.024	2,0	74,88
2.025	3,0	299,87

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.5. 4 Distribución Gumbel aplicada a los caudales máximos y obtención del periodo de retorno

m	**P = X**	**P(x)=m/(n+1)**	**z = (x-µ)/α**	**F(z)**	**Δ│F(z) - P(x)│**	**T=(1/1-F(z))**
1	3,26	0,05	-0,65	0,15	0,10	1,17
2	6,99	0,09	-0,61	0,16	0,07	1,19
3	6,99	0,14	-0,61	0,16	0,02	1,19
4	17,15	0,18	-0,51	0,19	0,01	1,23
5	17,15	0,23	-0,51	0,19	0,04	1,23
6	27,98	0,27	-0,41	0,22	0,05	1,29
7	42,94	0,32	-0,26	0,27	0,04	1,38
8	42,94	0,36	-0,26	0,27	0,09	1,38
9	52,21	0,41	-0,17	0,31	0,10	1,44
10	52,21	0,45	-0,17	0,31	0,15	1,44
11	74,88	0,50	0,05	0,39	0,11	1,63
12	88,48	0,55	0,18	0,44	0,11	1,77
13	160,69	0,59	0,89	0,66	0,07	2,97
14	160,69	0,64	0,89	0,66	0,03	2,97
15	183,77	0,68	1,11	0,72	0,04	3,57
16	183,77	0,73	1,11	0,72	0,01	3,57
17	236,81	0,77	1,63	0,82	0,05	5,63
18	236,81	0,82	1,63	0,82	0,00	5,63
19	299,87	0,86	2,25	0,90	0,04	9,97
20	299,87	0,91	2,25	0,90	0,01	9,97
21	508,19	0,95	4,28	0,99	0,03	**72,76**

Fuente: Elaboración propia

CURVA DE DESCARGA

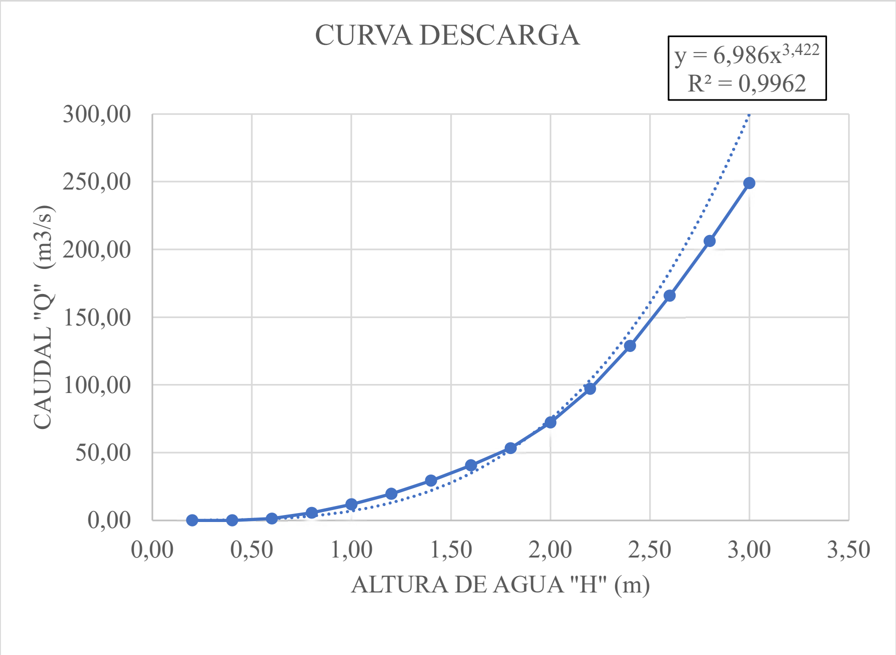
DATOS	
Altura (m)	**Longitud (m)**
2,8	0,0
1,0	1,0
0,5	2,4
-0,6	2,4
-0,5	3,9
-0,6	5,4
-0,6	6,9
-0,6	8,4
-0,3	9,9
-0,3	11,4
-0,5	12,9
-0,6	14,4
-0,6	15,9
-0,7	17,4
-0,7	18,9
-0,7	20,4
-0,6	21,9
-0,5	23,4
-0,4	24,9
-0,3	26,4
-0,3	27,9
-0,2	29,4
-0,3	30,9
-0,4	32,4
-0,4	33,9
-0,4	35,4
-0,9	36,9
-0,9	38,4
-0,7	39,9
-0,7	41,4
-0,7	42,9
-0,5	44,4
-0,1	45,9
0,0	47,4
0,1	48,9
0,6	51,7
2,2	54,5

NVL. DEL AGUA	AREAS				
	PARCIAL			ACUM.	TOTAL
(m)	(m2)			(m2)	(m2)
0,20	3,00	2,00		5,00	5,00
0,40	5,00	0,13	0,10	5,23	10,23
0,60	5,46	0,16	0,10	5,72	15,95
0,80	5,98	0,12	0,10	6,20	22,15
1,00	6,40	0,04	0,13	6,57	28,72
1,20	6,86	0,08	0,17	7,11	35,83
1,40	7,24	0,20	0,14	7,58	43,41
1,60	7,60	0,10	0,18	7,88	51,29
1,80	8,40	0,10	0,14	8,64	59,93

PERIMETRO			
PARCIAL		ACUM.	TOTAL
(m)		(m)	(m)
15,00	10,00	25,00	25,00
1,22	1,02	2,24	27,24
1,81	1,02	2,83	30,07
1,32	1,02	2,34	32,41
0,82	1,41	2,24	34,64
0,63	1,41	2,05	36,69
0,82	1,41	2,24	38,93
1,02	1,41	2,43	41,36
1,00	1,30	2,31	43,67

ECUACION DE MANING							
COTAS	**COEF.**	**AREA**	**P**	**R**	**R^(2/3)**	**S^(1/2)**	**Q**
m	**rogosidad**	**m2**	**m**	**m**	**m**	**m/m**	**m3/s**
0,20	0,030	0,45	3,00	0,15	0,28	0,02	0,08
0,40	0,030	0,48	21,50	0,02	0,08	0,02	0,03
0,60	0,030	6,28	34,50	0,18	0,32	0,02	1,35
0,80	0,030	14,78	35,70	0,41	0,56	0,02	5,47
1,00	0,030	23,93	37,90	0,63	0,74	0,02	11,74
1,20	0,030	33,23	40,10	0,83	0,88	0,02	19,55
1,40	0,030	42,83	41,30	1,04	1,02	0,02	29,26
1,60	0,030	52,63	42,50	1,24	1,15	0,02	40,46
1,80	0,030	62,73	43,70	1,44	1,27	0,02	53,22
2,00	0,030	75,99	44,60	1,70	1,43	0,02	72,27
2,20	0,030	91,52	45,50	2,01	1,59	0,02	97,21
2,40	0,030	109,20	46,40	2,35	1,77	0,02	128,80
2,60	0,030	128,10	47,30	2,71	1,94	0,02	165,92
2,80	0,030	147,18	48,30	3,05	2,10	0,02	206,22
3,00	0,030	166,44	49,50	3,36	2,24	0,02	249,03
3,20	0,030	176,94	50,70	3,49	2,30	0,02	271,39
3,40	0,030	187,44	51,90	3,61	2,35	0,02	294,14
3,60	0,030	198,07	53,10	3,73	2,41	0,02	317,59
3,80	0,030	208,72	54,30	3,84	2,45	0,02	341,43

0,0325



1. Obtencion del periodo de retorno asociado a los caudales

Años	Qmax (m3/s)
2.005	6,99
2.006	183,77
2.007	236,81
2.008	160,69
2.009	27,98
2.010	183,77
2.011	42,94
2.012	1,22
2.013	236,81
2.014	88,48
2.015	52,21
2.016	52,21
2.017	42,94
2.018	508,19
2.019	17,15
2.020	17,15
2.021	160,69
2.022	6,99
2.023	299,87
2.024	74,88
2.025	299,87
n	21

3,26
6,99
6,99
17,15
17,15
27,98
42,94
42,94
52,21
52,21
74,88
88,48
160,69
160,69
183,77
183,77
236,81
236,81
299,87
299,87
508,19
21

$$P(x) = \frac{m}{n+1}$$

2. Calculo de la media y desviacion estandar para los datos no agrupados

$$\bar{X} = \frac{1}{n} * \sum x_i = \quad 128,74$$

redondear

3,00

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum (x - \bar{X})^2} = \quad 131,42$$

3. Calculo de la variable estandarizada Z:

Usando la ecuacion:

$$Z = \frac{x - \mu}{\propto}$$

Se obtine la columna (4) de la tabla 2.1

4. Estimacion de parametros metodo de momentos

4.1. Calculo del coeficiente de varianza

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} = \quad 1{,}02$$

4.2. Calculo del parametro de posicion

$$\mu = \bar{x} - 0{,}45 S_x = \quad 69{,}61$$

4.3. Calculo del parametro de escala

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S_x = \quad 102{,}47$$

5. Calculo de F(Z)=F(X)

$$F(z) = e^{-e^{-z}}$$

Usando la tabla de funcion de distribucion acumulada se obtiene la columna (5) de la la tabla 2.1

6. Calculo de Δ=max|$F(x)$−$P(x)$|

A partir de la las columnas (3) y (5) se obtine los Δ=max|$F(x)$−$P(x)$|, la misma que se muestra en la col

Tabla 2.1

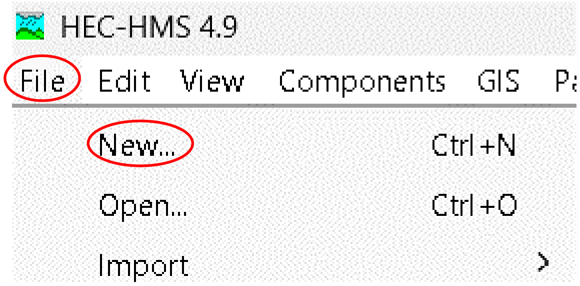
1	2	3	4		5	6	
m	**P = X**	**P(x)=m/(n+1)**	**z = (x-μ)/α**		**F(z)**	**Δ│F(z) - P(x)│**	**T=(1/1-F(z))**
1	3,26	0,05	-0,65	-0,65	0,15	0,10	1,17
2	6,99	0,09	-0,61	-0,61	0,16	0,07	1,19
3	6,99	0,14	-0,61	-0,61	0,16	0,02	1,19
4	17,15	0,18	-0,51	-0,51	0,19	0,01	1,23
5	17,15	0,23	-0,51	-0,51	0,19	0,04	1,23
6	27,98	0,27	-0,41	-0,41	0,22	0,05	1,29
7	42,94	0,32	-0,26	-0,26	0,27	0,04	1,38
8	42,94	0,36	-0,26	-0,26	0,27	0,09	1,38
9	52,21	0,41	-0,17	-0,17	0,31	0,10	1,44
10	52,21	0,45	-0,17	-0,17	0,31	0,15	1,44
11	74,88	0,50	0,05	0,05	0,39	0,11	1,63
12	88,48	0,55	0,18	0,18	0,44	0,11	1,77
13	160,69	0,59	0,89	0,89	0,66	0,07	2,97
14	160,69	0,64	0,89	0,89	0,66	0,03	2,97
15	183,77	0,68	1,11	1,11	0,72	0,04	3,57
16	183,77	0,73	1,11	1,11	0,72	0,01	3,57
17	236,81	0,77	1,63	1,63	0,82	0,05	5,63
18	236,81	0,82	1,63	1,63	0,82	0,00	5,63
19	299,87	0,86	2,25	2,25	0,90	0,04	9,97
20	299,87	0,91	2,25	2,25	0,90	0,01	9,97
21	508,19	0,95	4,28	4,28	0,99	0,03	**72,76**

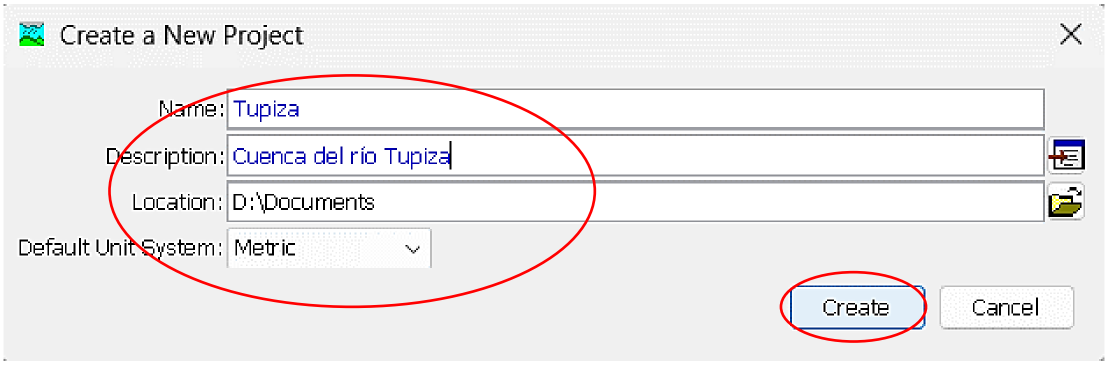
Anexo 6 Guía de Simulación de Caudales en HEC-HMS basada en Hietogramas Intensidad-Duración-Frecuencia

Pasos para estimar el caudal máximo de la cuenca del río Tupiza en el software HEC-HMS, utilizando el método de transformación de lluvia-escorrentía hidrograma unitario SCS y método de perdida, numero de curva.

1. **Crear nuevo proyecto**

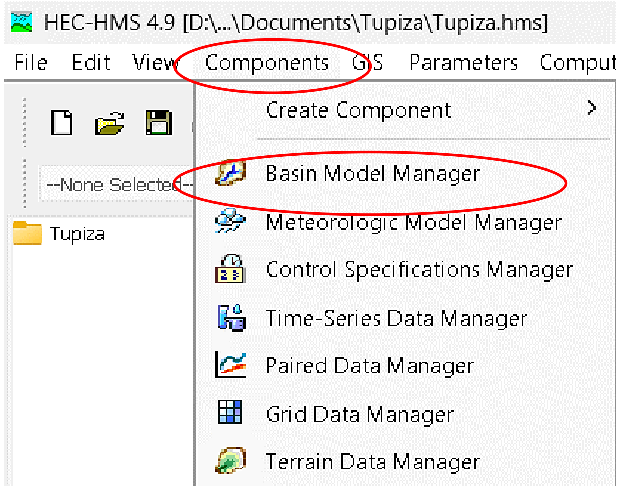
File> New> Name> Description> Location> Create

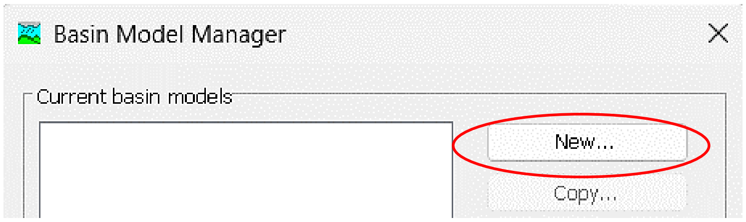




2. **Definir modelo de la cuenca**

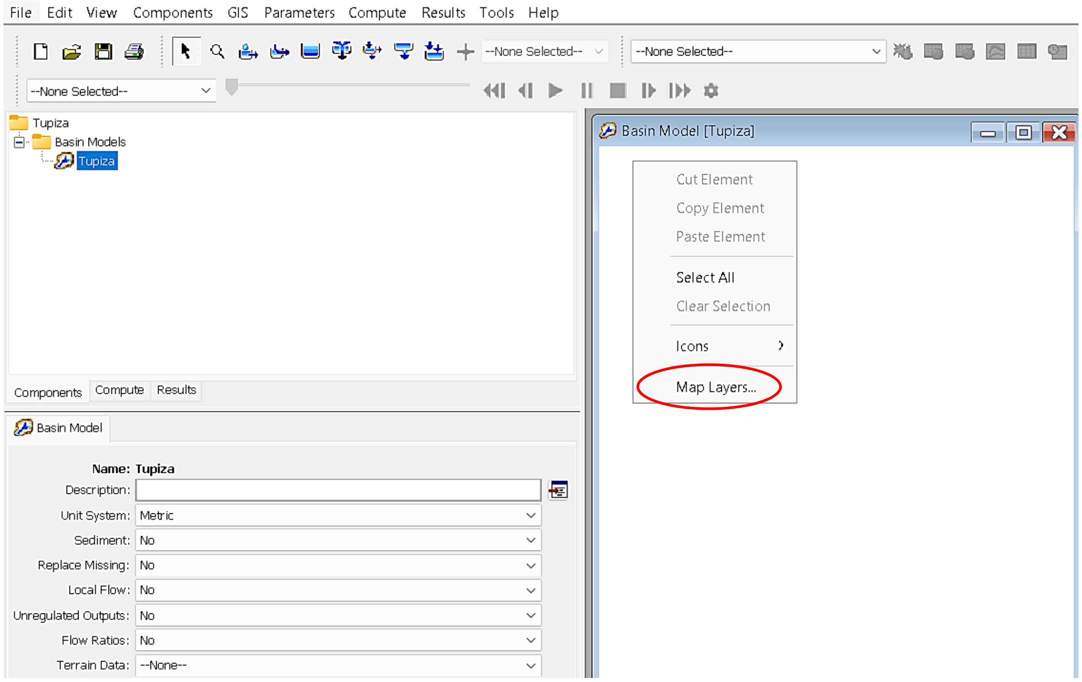
Componets> Basin Model Manager> New> Create

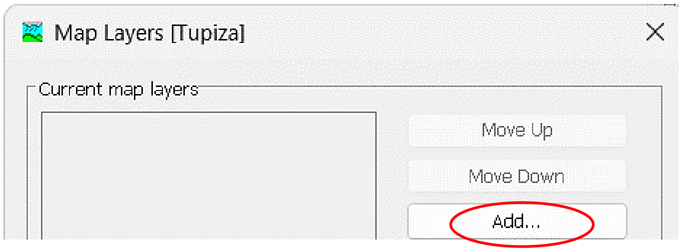


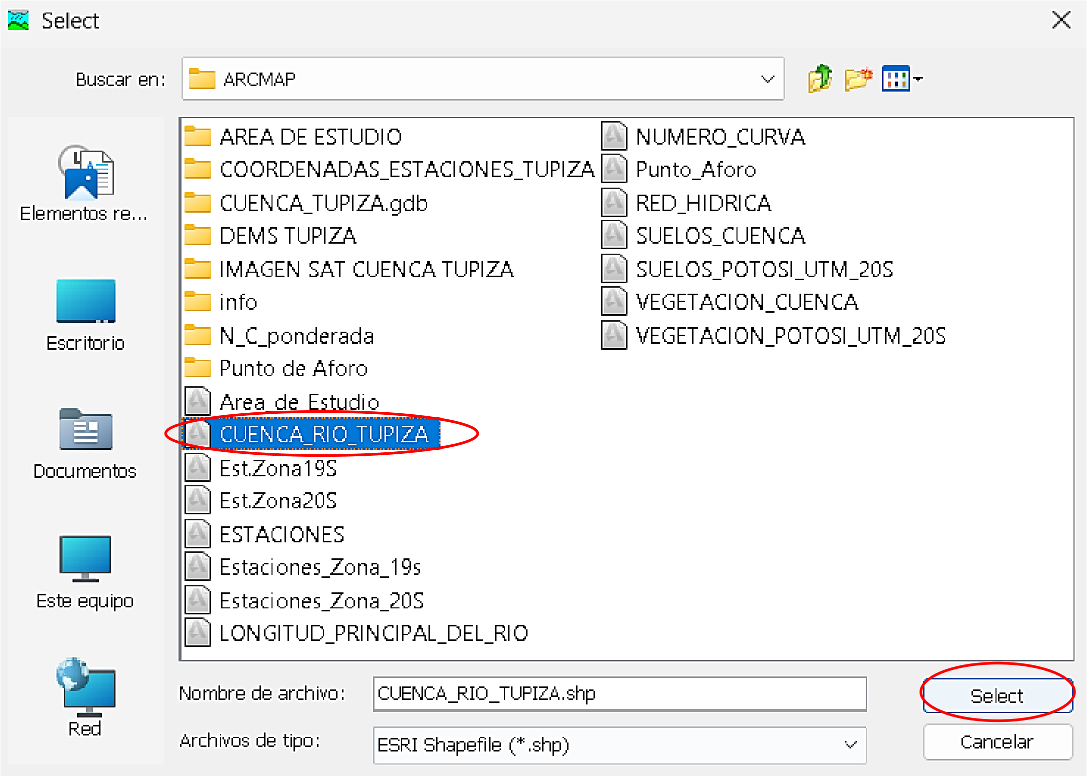


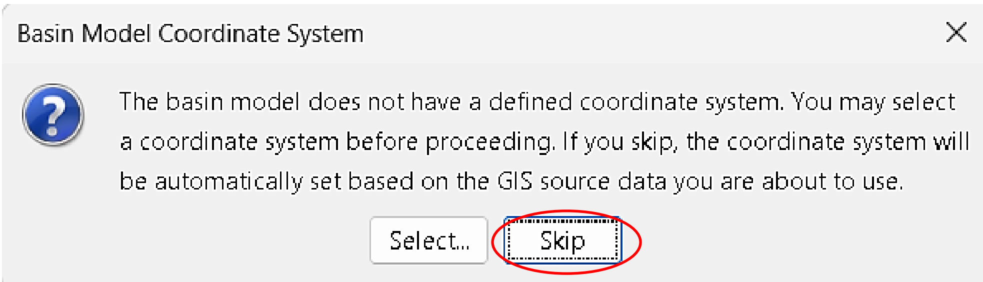
3. Añadir mapa de la cuenca

Clic derecho Basin Model> Map Layer> Add> Select> Skip


File Edit View Components GIS Parameters Compute Results Tools Help
--None Selected--
--None Selected--
--None Selected--
Tupiza
Basin Models
Tupiza
Components Compute Results
Basin Model
Name: Tupiza
Description:
Unit System: Metric
Sediment: No
Replace Missing: No
Local Flow: No
Unregulated Outputs: No
Flow Ratios: No
Terrain Data: --None--
Basin Model [Tupiza]
Cut Element
Copy Element
Paste Element
Select All
Clear Selection
Icons
Map Layers...


Map Layers [Tupiza]
Current map layers
Move Up
Move Down
Add...





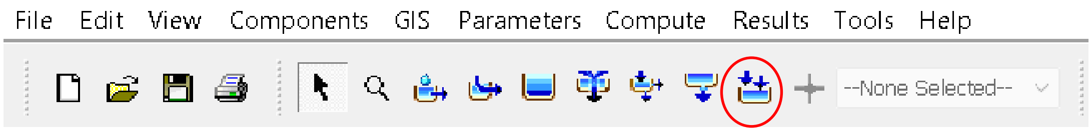
4. Crear los elementos hidrológicos

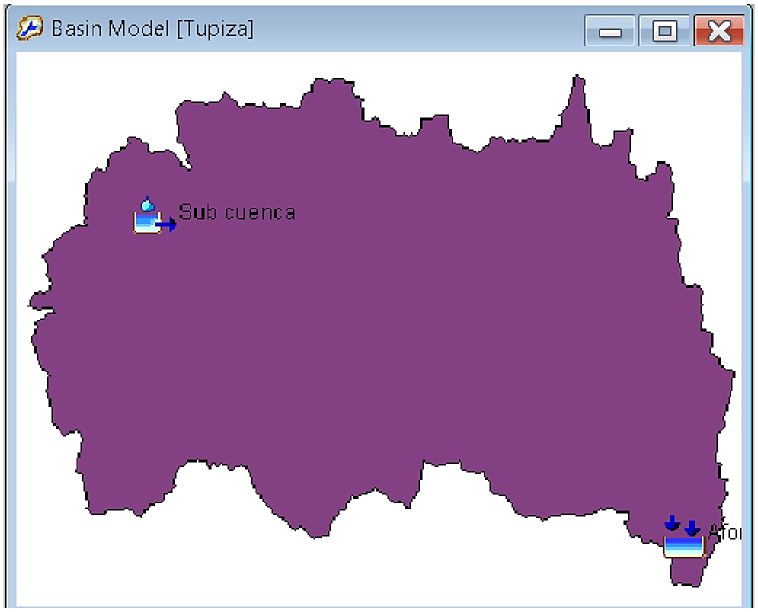
Para definir la estructura del modelo de la cuenca, el programa dispone de los elementos hidrológicos, resaltado con el rectángulo verde, con estos siete elementos se puede elaborar una cuenca tan compleja como requiera el problema que se estan tratando y como la permita la información de campo.

En este caso solo se hará uso de las herramientas Subbasin y Sink

Subbasin> clic derecho en la parte alta de la cuenca> create

Sink> clic derecho en la parte baja de la cuenca> create

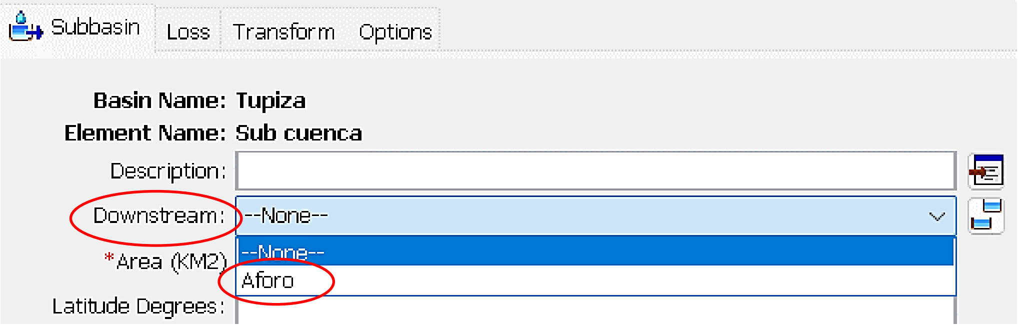


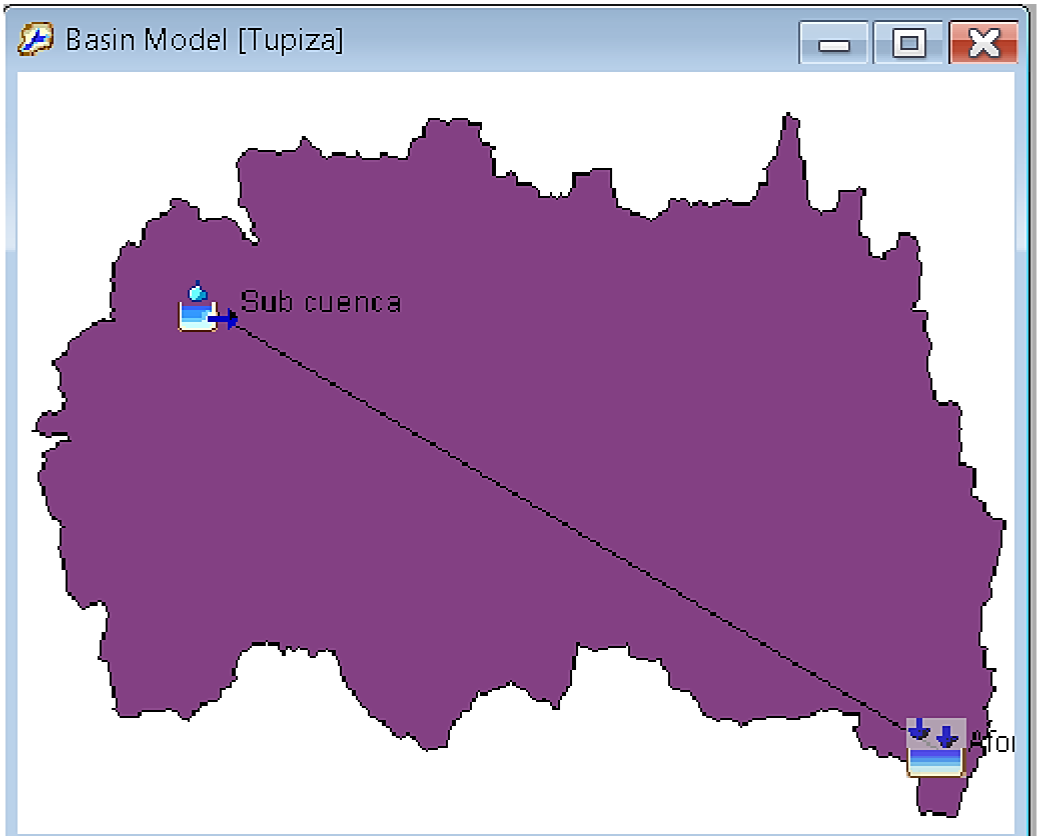


Conexión de los elementos hidrológicos

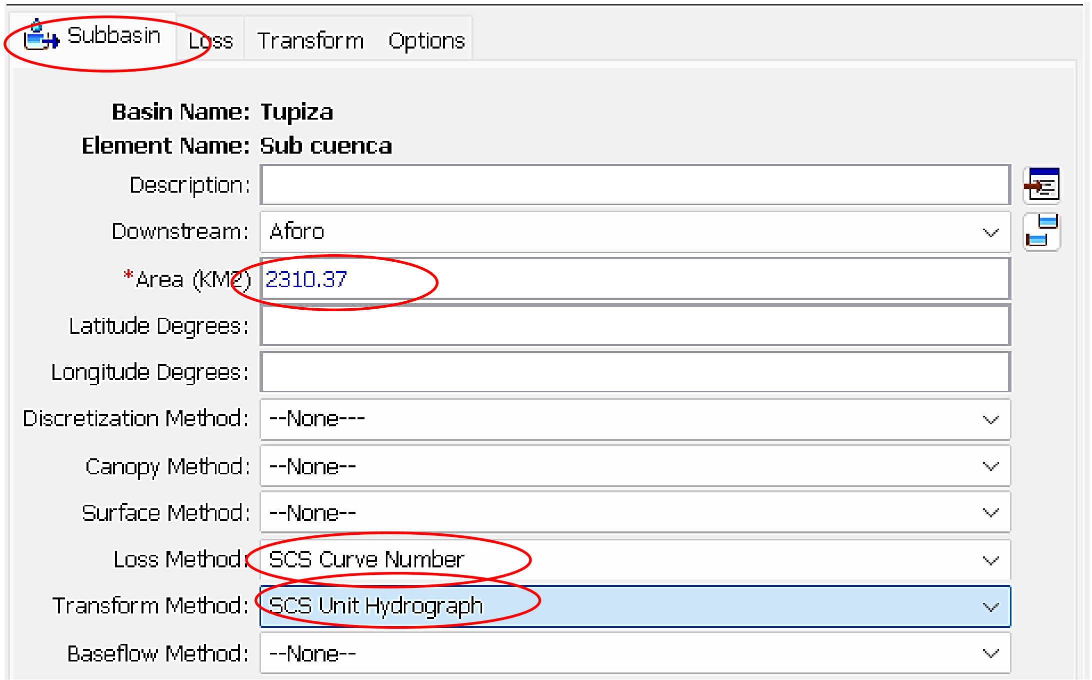
Se debe realizar la conexión entre la sub cuenca y el aforo, para eso se debe seguir los siguientes pasos.

Sub cuenca> Downstream> Aforo> Clic en el icono del aforo y posterior a la subcuenca.

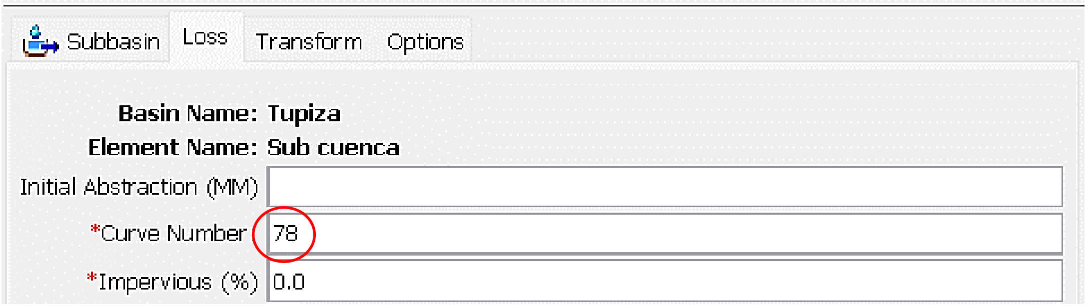




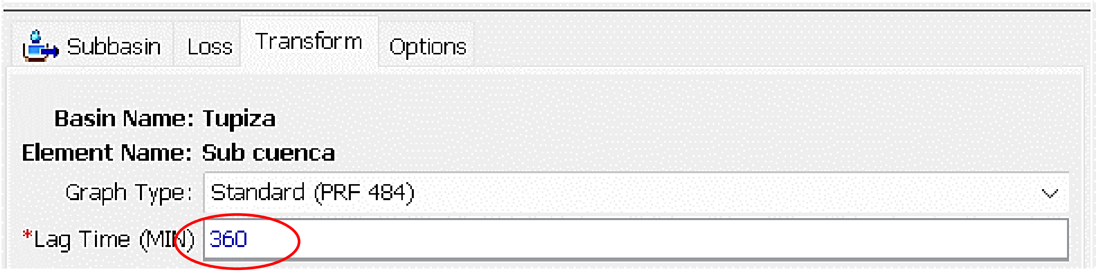
Introducir datos al modelo de la cuenca



En la pestaña de Loss introducir el número de curva de la cuenca



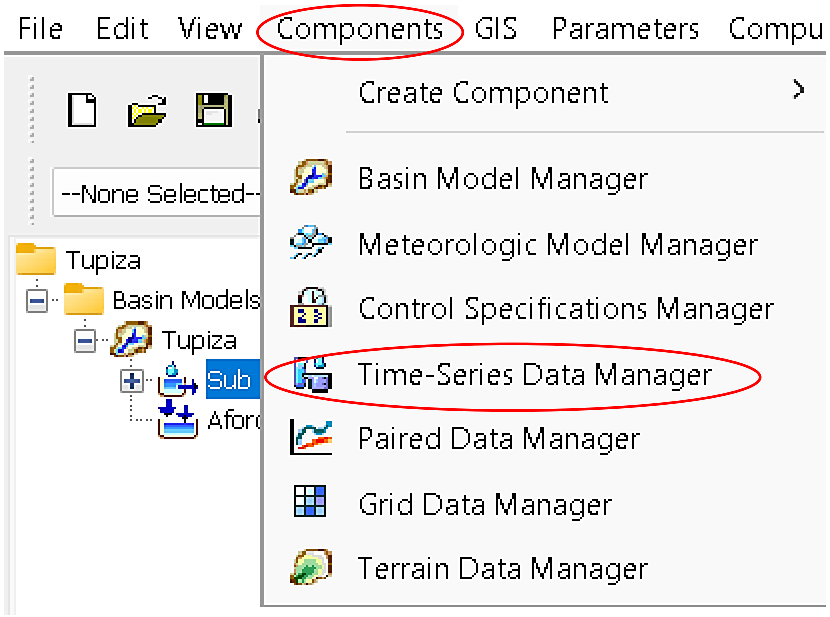
En la pestaña de Transform introducir el tiempo de retardo que es igual a 0.6 del tiempo de concentración de la cuenca.



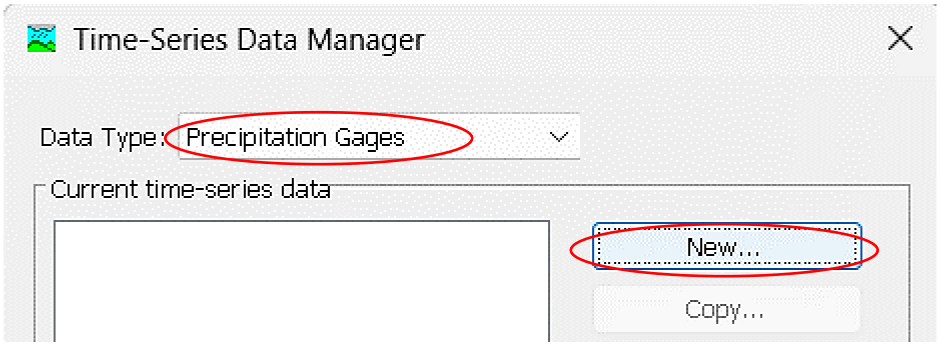
5. Datos de precipitación

Ejecutar Componets

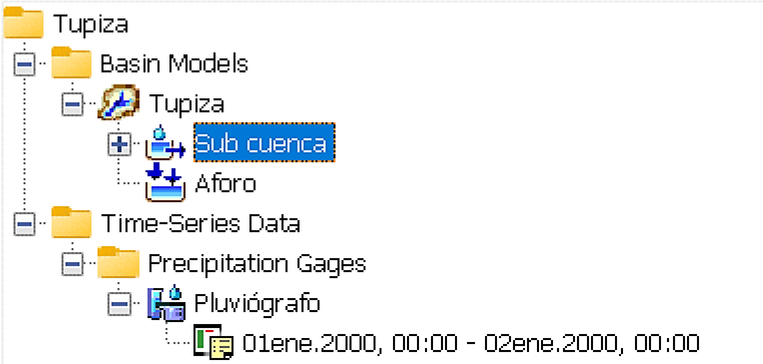
Seleccionar Time Series Dara Manager> Data type> Precipitation Gages> Create



Seleccionar Precipitation Gages

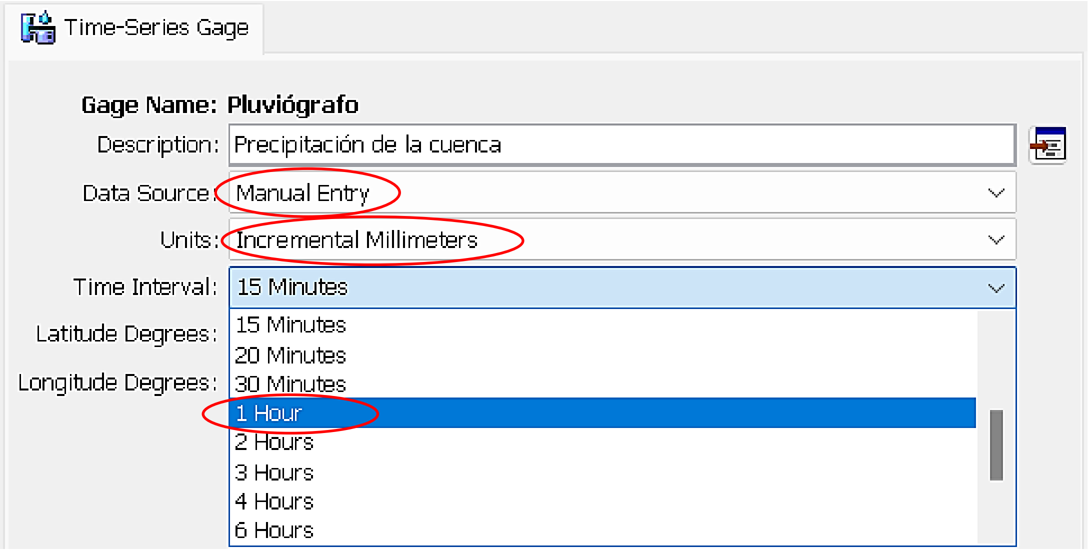


Agregar nombre y descripción

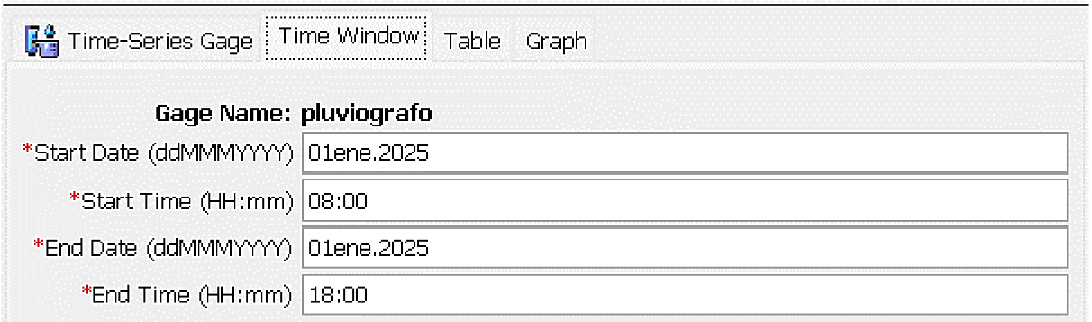


En la pestaña Time Series Gage seleccionar lo siguiente:

Longitude Degrees es el tiempo del intervalo de los datos a introducir en este caso son cada 1 hora.



Time Window es la pestaña donde se debe introducir el inicio y el final de la tormenta, en este caso la tormenta dura 10 horas.

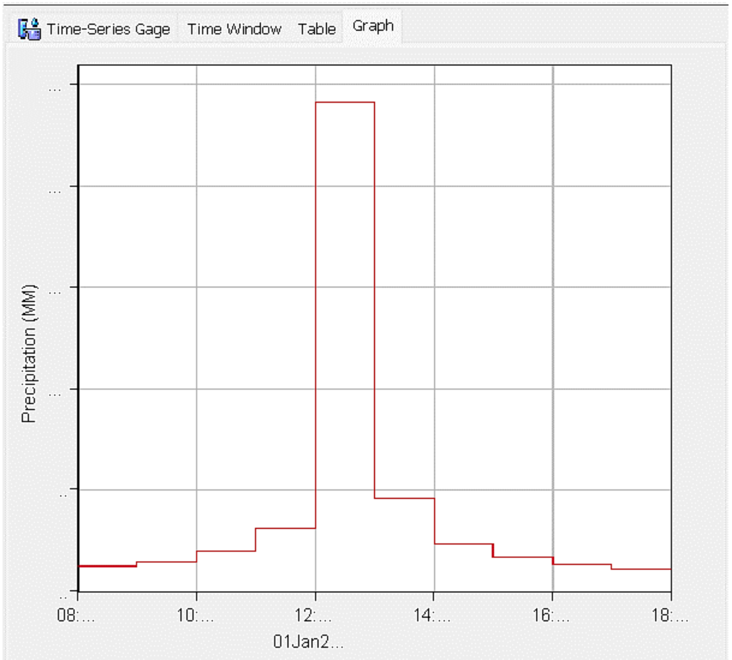


En la pestaña de Table, se debe introducir los valores de precipitación.

Time-Series Gage | Time Window | Table | Graph

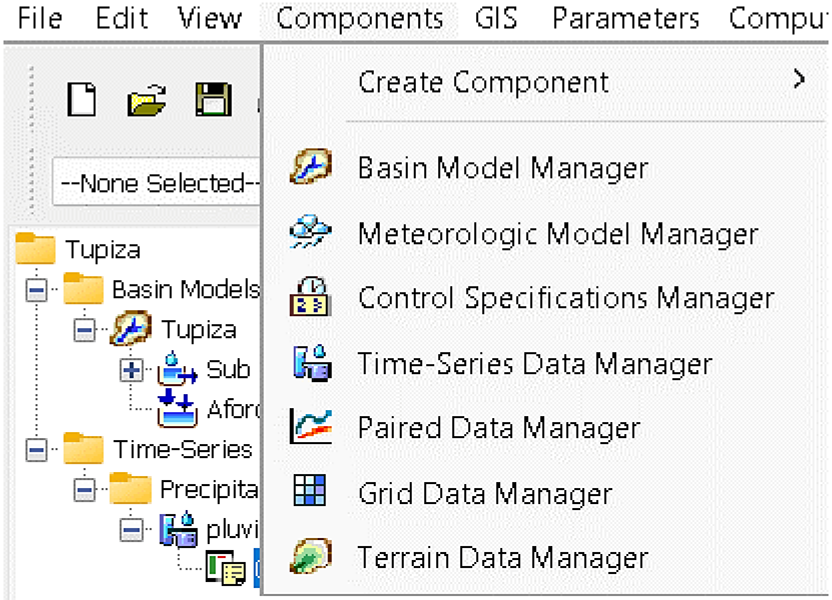
Time (ddMMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
23ago.2019, 00:00	
23ago.2019, 01:00	1.11
23ago.2019, 02:00	1.33
23ago.2019, 03:00	1.68
23ago.2019, 04:00	2.37
23ago.2019, 05:00	4.56
23ago.2019, 06:00	24.11
23ago.2019, 07:00	3.06
23ago.2019, 08:00	1.96
23ago.2019, 09:00	1.48
23ago.2019, 10:00	1.21

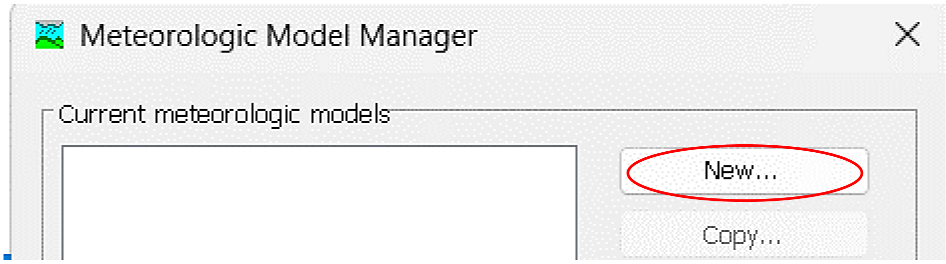
La pestaña de Graph, nos muestra el grafico del hietograma de diseño.

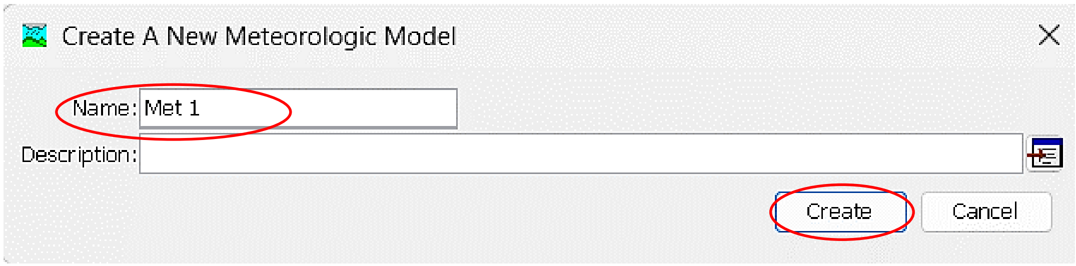


6. Modelo meteorológico

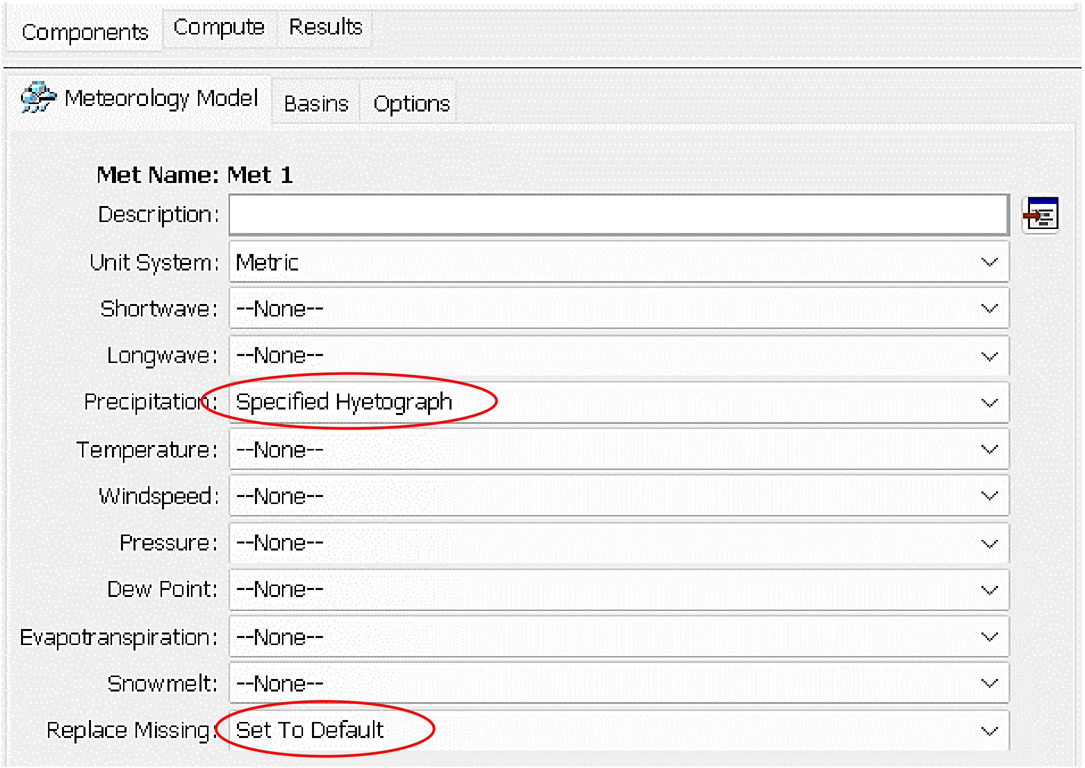
El modelo meteorológico sirve para aplicar el los pluviógrafos correspondientes a cada sub cuenca.





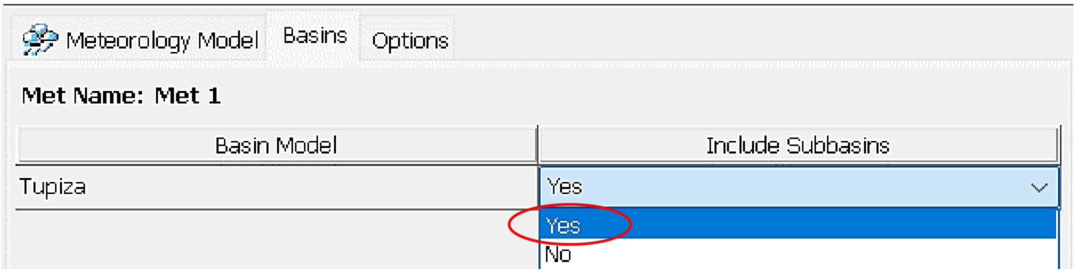


En la pestaña de Meteorology Model, se debe seleccionar lo siguiente.

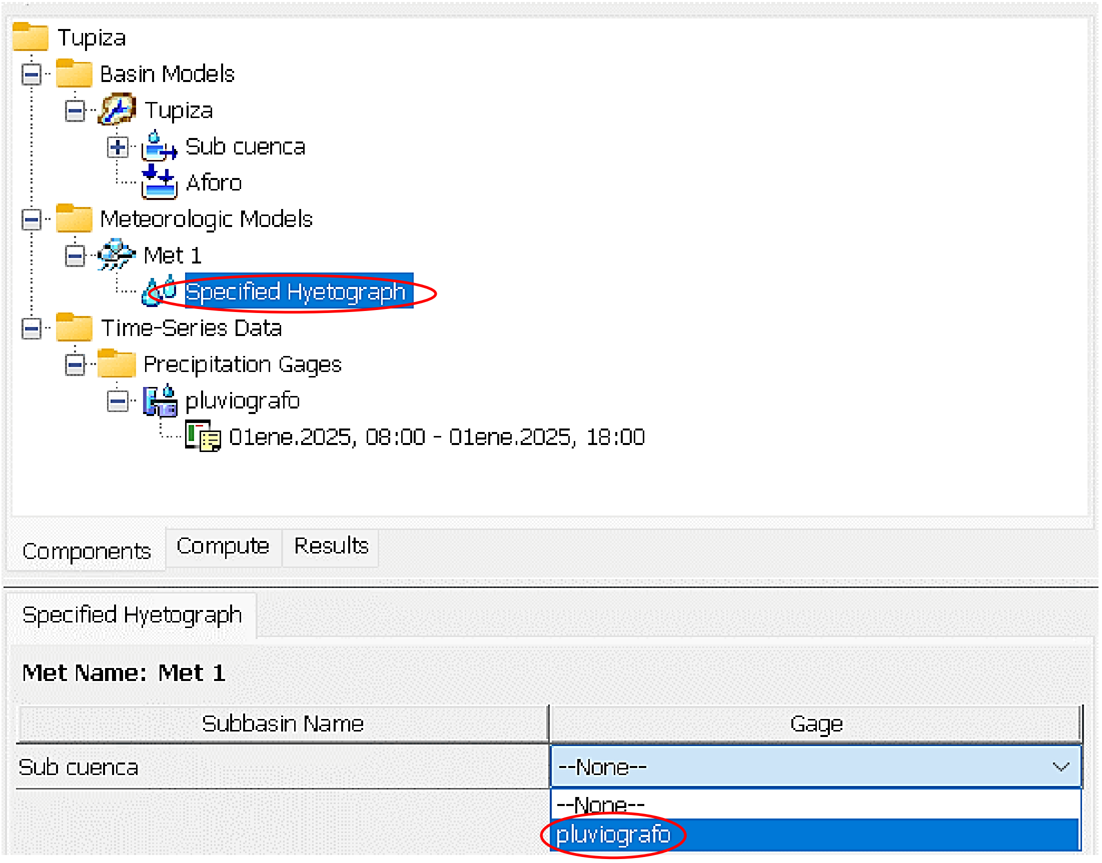


En la pestaña de Basins, se debe incluir la cuenca

Include Subbasins> Yes

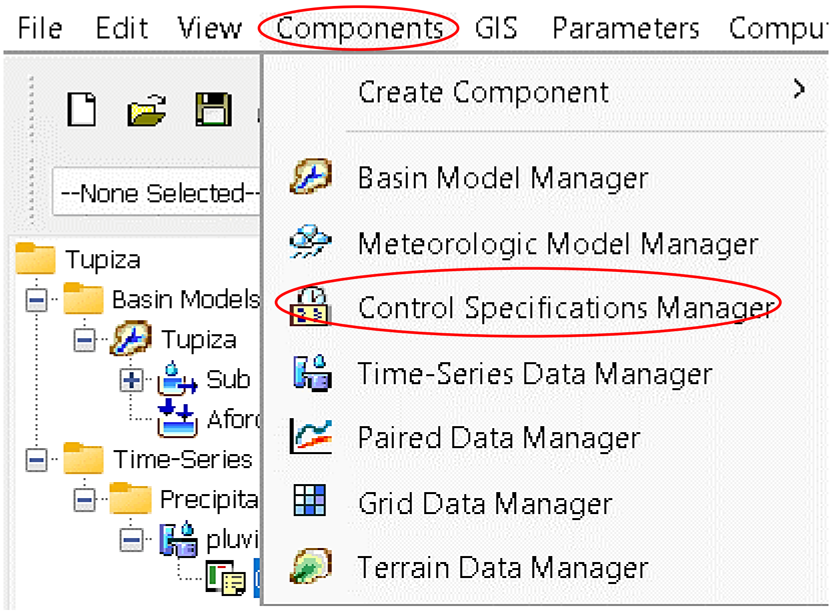


En la pestaña de Specified Hyetograph, añadimos el pluviógrafo a nuetra sub cuenca

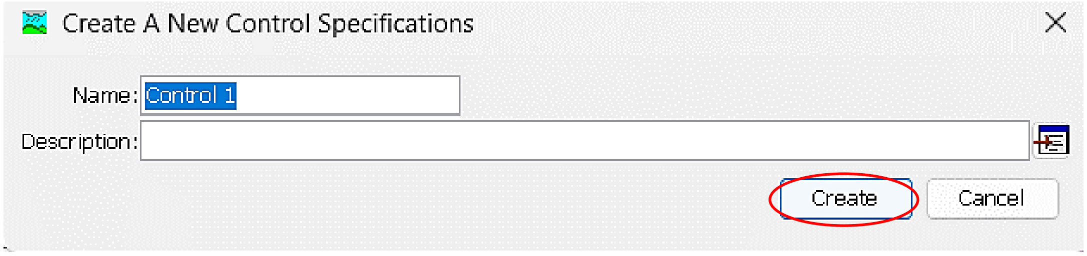


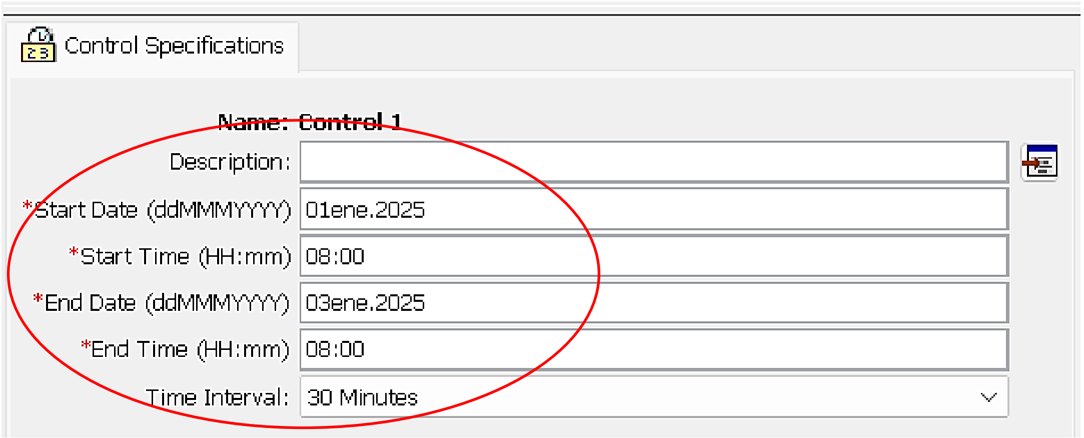
7. Especificaciones de control

Las especificaciones de control son usadas para indicarle al programa el periodo de tiempo que se usara en la simulación. La longitud del tiempo de simulación tiene que estar acorde con la duración de la tormenta. Generalmente se simula el flujo de corriente, desde el inicio de la tormenta hasta un tiempo después de que esta ha finalizado, Aquí también se especifica el intervalo de tiempo. El cual determina la resolución de hidrograma resultante, producto de los cálculos obtenidos durante la corrida del programa.


File
Edit
View
Components
GIS
Parameters
Compu
--None Selected--
Tupiza
Basin Models
Tupiza
Sub
Afor
Time-Series
Precipita
pluvi
Create Component
Basin Model Manager
Meteorologic Model Manager
Control Specifications Manager
Time-Series Data Manager
Paired Data Manager
Grid Data Manager
Terrain Data Manager

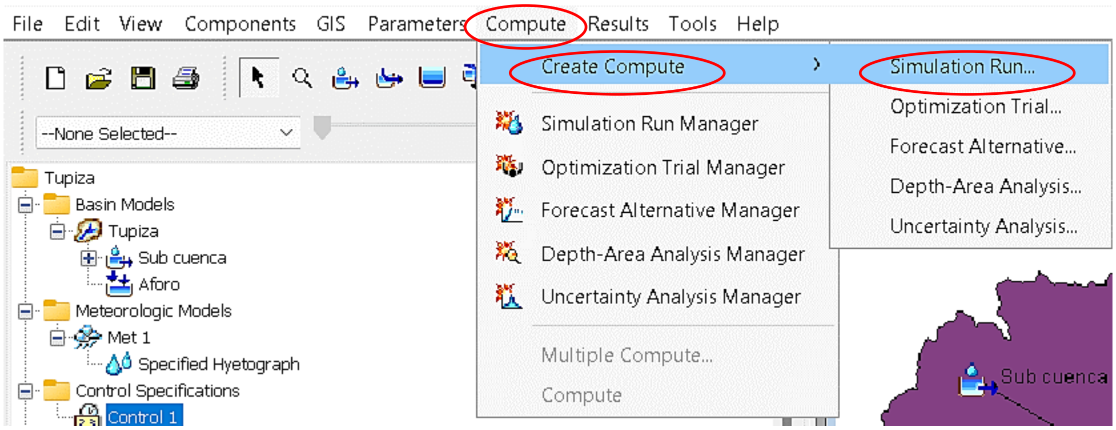
Control Specifications Manager
Current control specifications
New...
Copy...

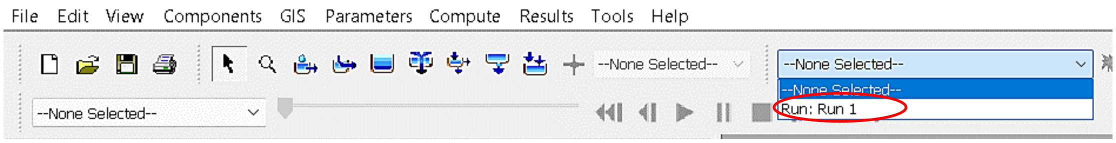

Create A New Control Specifications
Name: Control 1
Description:
Create
Cancel

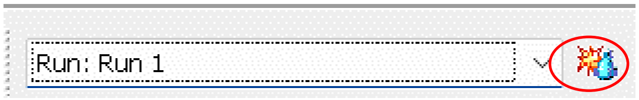

Control Specifications
Name: Control 1
Description:
*Start Date (ddMMMYYYY) 01ene.2025
*Start Time (HH:mm) 08:00
*End Date (ddMMMYYYY) 03ene.2025
*End Time (HH:mm) 08:00
Time Interval: 30 Minutes

8. Ejecutar y obtener resultados.

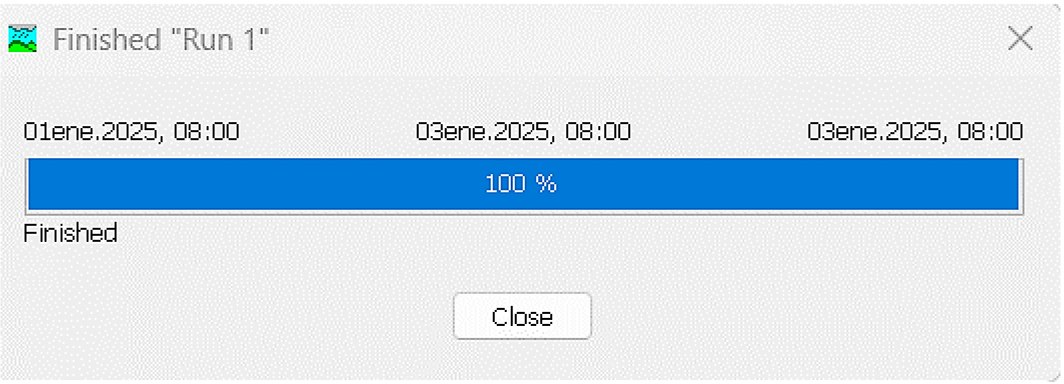
Para crear el protocolo de ejecución se realiza lo siguiente mostrado en las imágenes.





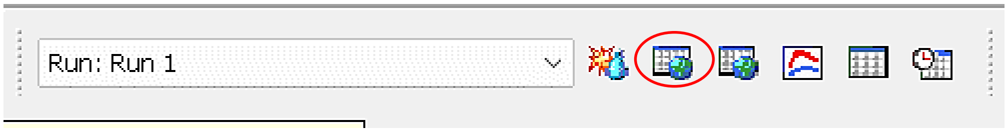


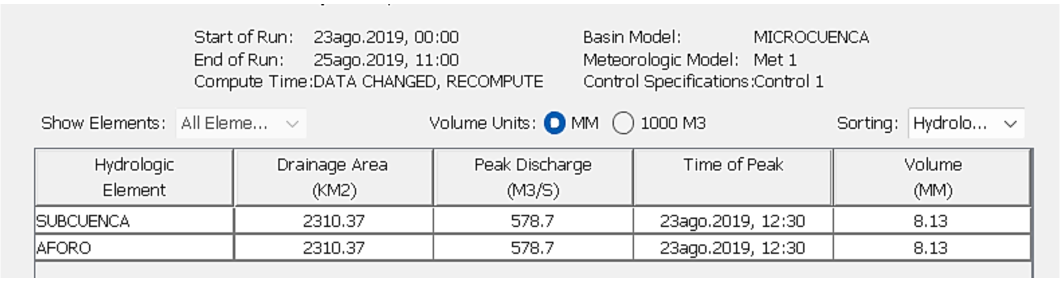
La Ventana aparece cuando se realizan los cálculos de la simulación y si no existe ningún error, se obtiene el resultado final.



9. Observar los resultados

Nos muestra una planilla resumen de los resultados

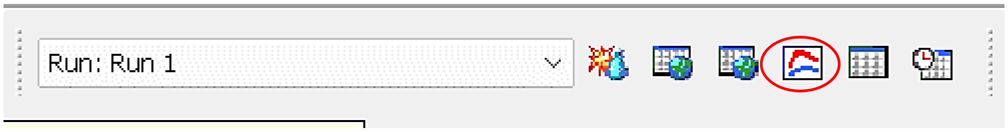


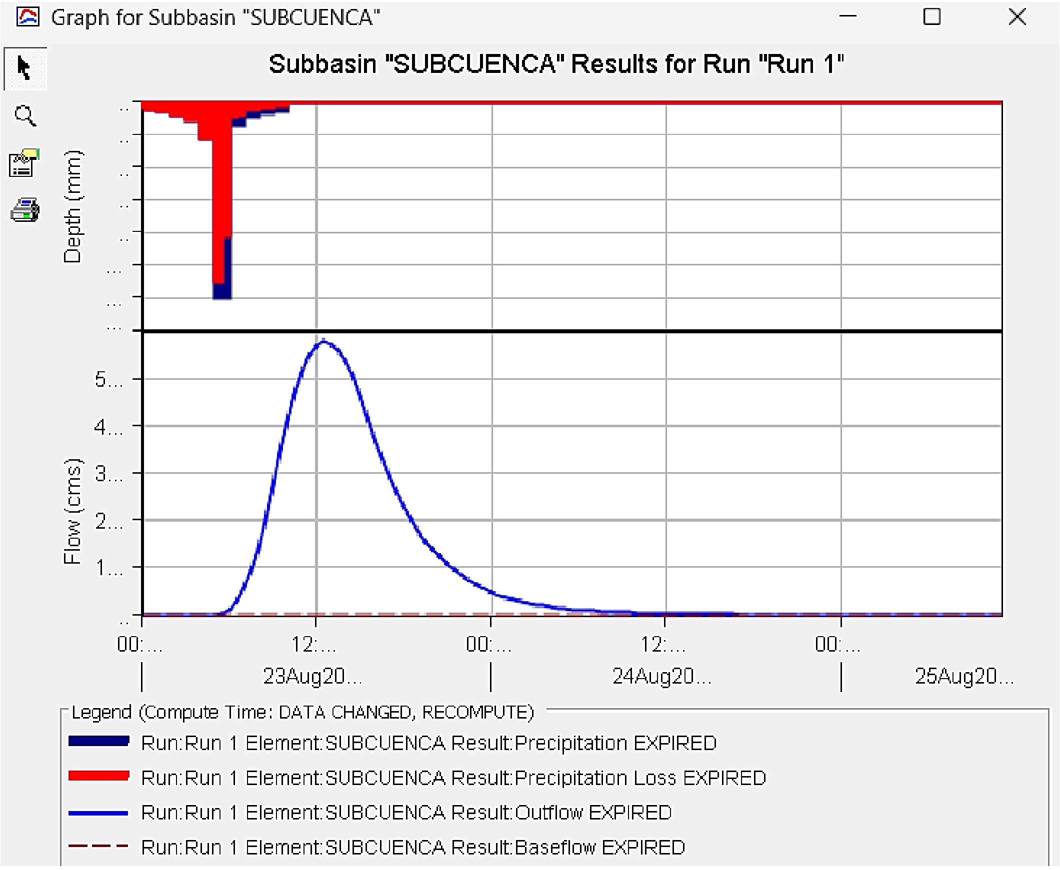

Start of Run: 23ago.2019, 00:00
End of Run: 25ago.2019, 11:00
Compute Time:DATA CHANGED, RECOMPUTE
Basin Model: MICROCUENCA
Meteorologic Model: Met 1
Control Specifications:Control 1

Show Elements: All Eleme... Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrolo...

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SUBCUENCA	2310.37	578.7	23ago.2019, 12:30	8.13
AFORO	2310.37	578.7	23ago.2019, 12:30	8.13

Nos muestra el hidrograma resultante





Nos muestra la tabla serie de tiempo

Run: Run 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
23ago.2019	00:00				0.0	0.0	0.0
23ago.2019	00:30	0.56	0.56	0.00	0.0	0.0	0.0
23ago.2019	01:00	0.56	0.56	0.00	0.0	0.0	0.0
23ago.2019	01:30	0.67	0.67	0.00	0.0	0.0	0.0
23ago.2019	02:00	0.67	0.67	0.00	0.0	0.0	0.0
23ago.2019	02:30	0.84	0.84	0.00	0.0	0.0	0.0
23ago.2019	03:00	0.84	0.84	0.00	0.0	0.0	0.0
23ago.2019	03:30	1.18	1.18	0.00	0.0	0.0	0.0
23ago.2019	04:00	1.18	1.18	0.00	0.0	0.0	0.0
23ago.2019	04:30	2.28	2.28	0.00	0.0	0.0	0.0
23ago.2019	05:00	2.28	2.28	0.00	0.0	0.0	0.0
23ago.2019	05:30	12.06	11.10	0.96	1.6	0.0	1.6
23ago.2019	06:00	12.06	8.32	3.73	11.1	0.0	11.1
23ago.2019	06:30	1.53	0.90	0.63	30.5	0.0	30.5
23ago.2019	07:00	1.53	0.87	0.66	58.3	0.0	58.3
23ago.2019	07:30	0.98	0.55	0.43	94.1	0.0	94.1
23ago.2019	08:00	0.98	0.53	0.45	141.0	0.0	141.0
23ago.2019	08:30	0.74	0.40	0.34	200.9	0.0	200.9
23ago.2019	09:00	0.74	0.39	0.35	272.2	0.0	272.2
23ago.2019	09:30	0.61	0.32	0.29	345.5	0.0	345.5
23ago.2019	10:00	0.61	0.31	0.29	412.6	0.0	412.6
23ago.2019	10:30	0.00	0.00	0.00	470.0	0.0	470.0
23ago.2019	11:00	0.00	0.00	0.00	515.4	0.0	515.4
23ago.2019	11:30	0.00	0.00	0.00	547.1	0.0	547.1
23ago.2019	12:00	0.00	0.00	0.00	569.1	0.0	569.1
23ago.2019	12:30	0.00	0.00	0.00	578.7	0.0	578.7
23ago.2019	13:00	0.00	0.00	0.00	573.2	0.0	573.2
23ago.2019	13:30	0.00	0.00	0.00	559.5	0.0	559.5
23ago.2019	14:00	0.00	0.00	0.00	537.4	0.0	537.4
23ago.2019	14:30	0.00	0.00	0.00	506.1	0.0	506.1
23ago.2019	15:00	0.00	0.00	0.00	465.2	0.0	465.2
23ago.2019	15:30	0.00	0.00	0.00	418.2	0.0	418.2
23ago.2019	16:00	0.00	0.00	0.00	373.2	0.0	373.2
23ago.2019	16:30	0.00	0.00	0.00	332.9	0.0	332.9
23ago.2019	17:00	0.00	0.00	0.00	295.8	0.0	295.8
23ago.2019	17:30	0.00	0.00	0.00	261.2	0.0	261.2
23ago.2019	18:00	0.00	0.00	0.00	230.2	0.0	230.2
23ago.2019	18:30	0.00	0.00	0.00	202.5	0.0	202.5

El procedimiento se repite para cada método de generación de hietogramas, manteniendo constante el resto de las condiciones hidrológicas y estructurales del modelo. De esta manera, se garantiza que cualquier variación en los hidrogramas de salida (caudales) sea atribuible únicamente a la distribución temporal de la lluvia.

Anexo 7 Justificación de la ecuación de Dyck y Peschke

Dado que en la cuenca del río Tupiza no se dispone de registros pluviográficos, se recurrió a la ecuación empírica de Dyck y Peschke para desagregar la precipitación diaria en eventos de menor duración. Esta ecuación se expresa como:

$$P_D = P_{24h} * \left(\frac{D}{1.440}\right)^{0,25}$$

donde:

- P_D: precipitación máxima de duración D, en (mm)
- P_{24h}: precipitación máxima de 24 horas, en (mm)
- D: duración de la precipitación, en (h)

Origen y justificación del exponente 0,25

Dyck y Peschke (1978) analizaron cientos de eventos de lluvia en cuencas centroeuropeas con buen monitoreo, para entender cómo se distribuye la lluvia dentro de un evento de 24 horas. A partir de esos análisis:

- Observaron que la mayor parte de la lluvia diaria se concentra en lapsos cortos, usualmente durante una o pocas horas.
- Ajustaron curvas de tipo potencia para modelar cómo crece la precipitación acumulada P_d al aumentar la duración d, expresada en minutos.

Al hacer el ajuste estadístico a una relación del tipo:

$$\frac{P_D}{P_{24h}} = \left(\frac{D}{1.440}\right)^{n}$$

encontraron que el valor del exponente n que mejor se ajustaba al comportamiento observado era aproximadamente 0,25 con ligeras variaciones dependiendo del tipo de tormenta y la región.

Interpretación física del exponente 0,25

El valor 0,25 representa:

- Si n=1: la lluvia se distribuye uniformemente durante el día.
- Si n<1: significa que en duraciones cortas ocurre una proporción mayor del total diario. Es decir, más intensidad en menos tiempo.

- Si n>1: implicaría lluvias crecientes hacia el final del evento, lo cual no es común.

Ejemplo práctico:

- Si d=60 minutos (1 hora), entonces:

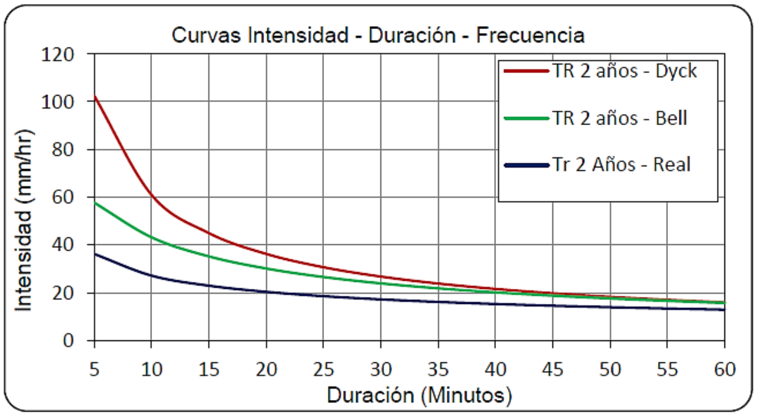
$$\left(\frac{D}{1.440}\right)^{n} = \left(\frac{60}{1.440}\right)^{0,25} = 0,45$$

Esto significa que en 1 hora cae el 45% de lluvia del total diario, lo cual es coherente con lluvias de alta intensidad en cortos períodos.

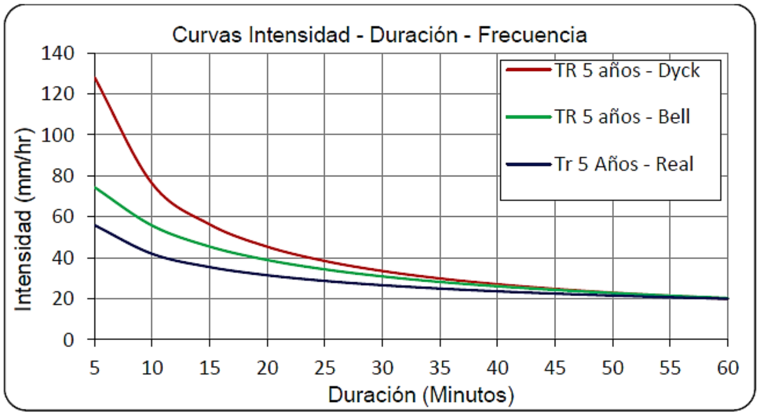
Estudios previos

En la tesis de Paredes Pinto (2015) titulada *“Generación de intensidades de precipitación máxima en estaciones sin información pluviográfica (Cuenca del río Illpa – Puno)”*, se realizó un análisis comparativo entre los valores de intensidad de precipitación obtenidos mediante los métodos de Dick y Peschke, Bell y los datos reales registrados por estaciones pluviográficas. Los resultados demostraron que, si bien existen diferencias en intensidades estimadas para duraciones cortas (menores a 60 minutos), dichas diferencias tienden a disminuir significativamente conforme aumenta el tiempo de duración de la lluvia.

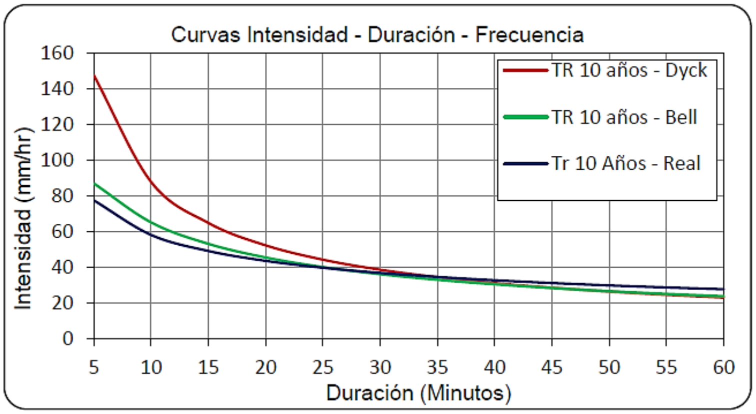
- Para duraciones **mayores a 60 minutos**, las diferencias entre métodos son **mínimas.**
- Las curvas obtenidas con Dyck y Peschke tienden a **sobreestimar** ligeramente las intensidades para duraciones muy cortas **(<30 min),** pero se **ajustan bien** desde **1 hora en adelante.**



Fuente: Paredes Pinto, 2015



Fuente: Paredes Pinto, 2015



Fuente: Paredes Pinto, 2015

Esto respalda empíricamente el uso del método para cuencas con información limitada, como la del río Tupiza.