

ANÁLISIS DE LA CUENCAS HÍDRICAS DE LA ESTANCIA LA PROVIDENCIA

INTRODUCCIÓN

Para cumplir con el objetivo en primer lugar se ha efectuado la recopilación de antecedentes en todos los aspectos de interés relativos a las defensas contra inundaciones y desagües pluviales de la ciudad de Puerto Madryn, datos meteorológicos de la región y de las últimas tormentas registradas en la zona industrial de la ciudad que permiten extrapolar por la cercanía y aplicarlos al análisis de escorrentías de las cuencas hidrográficas que se encuentran en la Estancia de la Providencia

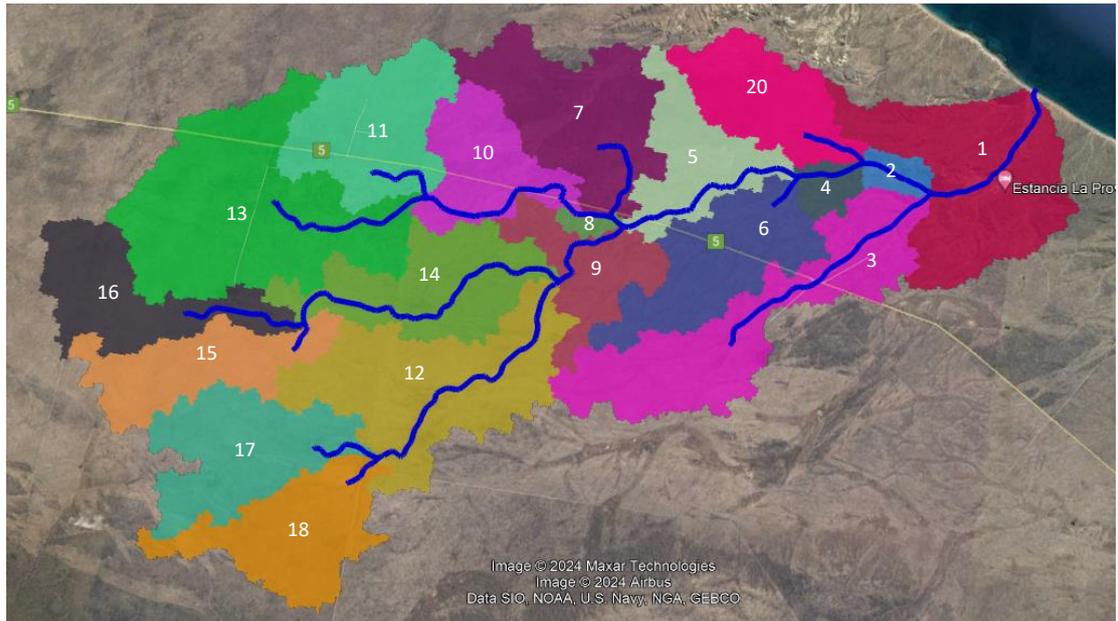
Durante todo este proceso se evalúan los procedimientos, los cálculos de diseño y siendo lo más importante evaluar la tormenta de diseño empleada y la metodología en cada uno de los proyectos que existen como antecedentes, y evaluar los fenómenos registrados principalmente en la zona con eventos extremos, con tormentas de tipos convectivas registradas con alta intensidad y corta duración de la cual se tienen los registro correspondientes.

Se adjuntan en este informe, planos de las distintas cuencas que integran la zona en estudio, y los datos que caracterizan a la zona.

DATOS DE LAS CUENCAS ANALIZADAS

Presentado el esquema y la ubicación de las cuencas que aportan caudales a la zona de proyecto, en donde se realiza el desarrollo inmobiliario, en la misma se han determinado 19 cuencas con sus respectivas trazas de los arroyos por donde drenan las escorrentías en períodos de lluvias.

Se determinaron en cada una de las cuencas que afectan el proyecto, su superficie, el perímetro y el recorrido de su cauce principal, a continuación se presenta una tabla con los datos particulares de cada cuenca.



Cuenca	Superficie		Longitud de Recorrido Superficial km
	Has	km2	
1	804,00	8,04	3,10
2	71,40	0,71	1,23
3	724,00	7,24	4,41
4	86,80	0,87	1,17
5	379,00	3,79	3,36
6	488,00	4,88	0,67
7	629,00	6,29	1,76
8	31,20	0,31	0,25
9	305,00	3,05	1,71
10	389,00	3,89	3,76
11	545,00	5,45	1,34
12	738,00	7,38	4,60
13	1.057,00	10,57	2,99
14	515,00	5,15	5,17
15	390,00	3,90	0,54
16	423,00	4,23	2,13
17	467,00	4,67	1,20
18	411,00	4,11	0,65
19	424,00	4,24	1,14

EVALUACIONES CLIMATOLOGICAS

Durante el transcurso de los últimos años en el Área de influencia, es decir en la ciudad de Puerto Madryn, han ocurrido precipitaciones de corta duración, pero de considerable intensidad, que incluso han producido grandes daños materiales de gran importancia, dejando a la ciudad 48 hs sin luz, y los cuantiosos daños producidos a la empresa Aluar y al Puerto de la Ciudad de, con tormentas de tipo convectivas.

Analizadas y comparadas las mismas con los estudios y antecedentes, se confirma el hecho de que en la actualidad están ocurriendo precipitaciones que superan en gran medida a las adoptadas para el diseño de los proyectos antecedente existentes para la ciudad y para la zona, por lo que es indispensable en este proyecto analizar minuciosamente estas tormentas, y como pueden afectar en el cálculo.

Esta situación confirma los resultados del estudio de lluvias antecedente de reciente elaboración y determina la necesidad de una revisión de los cálculos hidráulicos pertinentes para asegurar el funcionamiento de las obras existentes y a construir dentro de las pautas usuales para este tipo de proyectos.

Conviene aclarar que las diferencias apuntadas entre las previsiones históricas de los proyectos existentes y los nuevos estudios de lluvias, tienen incidencia directa en los sectores de mayores pendientes o de menores áreas relativas, es decir en los cuales los tiempos de concentración son menores.

Fotos del cauce correspondientes a los últimos 2 km hasta llegar a la desembocadura



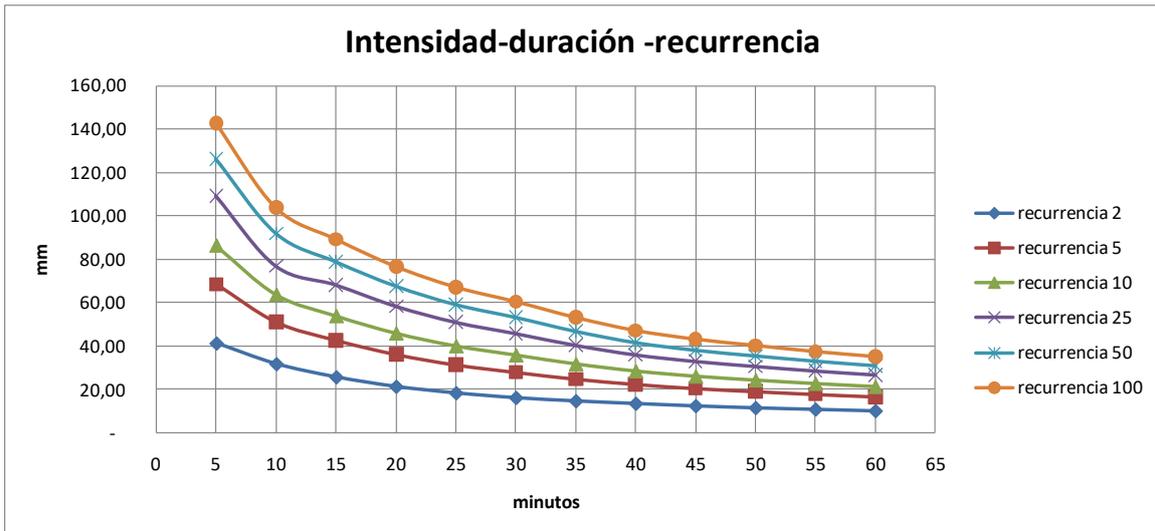


INFORMACIÓN DE LLUVIAS

Datos de Lluvia de la estación de Aluar

	PRECIPITACIONES MAXIMAS ANUALES (MM)											
	DURACION (MINUTOS)											
AÑO	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1999	48,00	30,00	23,20	18,00	15,84	14,00	12,00	11,10	10,13	9,60	8,95	8,60
2000	40,80	30,00	20,80	16,20	12,96	12,00	10,97	9,90	8,80	7,92	7,20	6,60
2001	60,00	42,00	32,00	25,20	21,12	18,00	15,77	14,10	12,53	11,52	10,47	9,60
2002	33,60	30,00	25,60	20,40	18,24	16,40	15,43	15,30	14,13	12,96	12,22	11,60
2003	24,00	22,80	16,80	15,00	12,48	10,80	9,60	8,40	8,00	7,44	6,98	6,60
2004	48,00	39,60	28,00	24,60	21,60	19,20	17,49	15,60	14,13	12,96	12,00	11,00
2005	45,60	40,80	37,60	33,00	28,32	24,40	24,00	23,10	21,87	21,12	20,73	20,40
2006	28,80	24,00	21,60	18,00	15,36	12,80	11,66	10,50	9,60	9,12	8,95	8,40
2007	52,80	28,80	24,80	19,80	15,84	13,20	11,31	10,20	9,07	8,16	7,42	6,80
2008	43,20	34,80	25,60	21,00	17,28	15,60	14,40	12,90	11,73	10,56	9,82	9,00
2009	19,20	15,60	12,80	10,20	9,12	8,40	7,89	8,40	8,27	7,68	7,64	7,20
2010	24,00	20,40	18,40	16,20	14,40	12,80	11,66	10,50	9,60	9,12	8,51	8,00
2011	112,80	84,00	72,80	62,40	54,72	49,60	42,86	37,50	34,13	31,44	28,80	26,40
2012	27,00	25,80	19,80	18,00	15,48	13,80	12,60	11,40	11,00	10,44	9,98	9,60
2013	31,00	29,80	23,80	22,00	19,48	17,80	16,60	15,40	15,00	14,44	13,98	13,60
2014	44,00	42,80	36,80	35,00	32,48	30,80	29,60	28,40	28,00	27,44	26,98	26,60
2015	37,00	35,80	29,80	28,00	25,48	23,80	22,60	21,40	21,00	20,44	19,98	19,60
2016	39,00	37,80	31,80	30,00	27,48	25,80	24,60	23,40	23,00	22,44	21,98	21,60
2017	27,00	25,80	19,80	18,00	15,48	13,80	12,60	11,40	11,00	10,44	9,98	9,60
2018	32,00	30,80	24,80	23,00	20,48	18,80	17,60	16,40	16,00	15,44	14,98	14,60
2019	57,00	55,80	49,80	48,00	45,48	43,80	42,60	41,40	41,00	40,44	39,98	39,60
2020	27,00	25,80	19,80	18,00	15,48	13,80	12,60	11,40	11,00	10,44	9,98	9,60
2021	36,00	34,80	28,80	27,00	24,48	22,80	21,60	20,40	20,00	19,44	18,98	18,60
2022	39,00	37,80	31,80	30,00	27,48	25,80	24,60	23,40	23,00	22,44	21,98	21,60

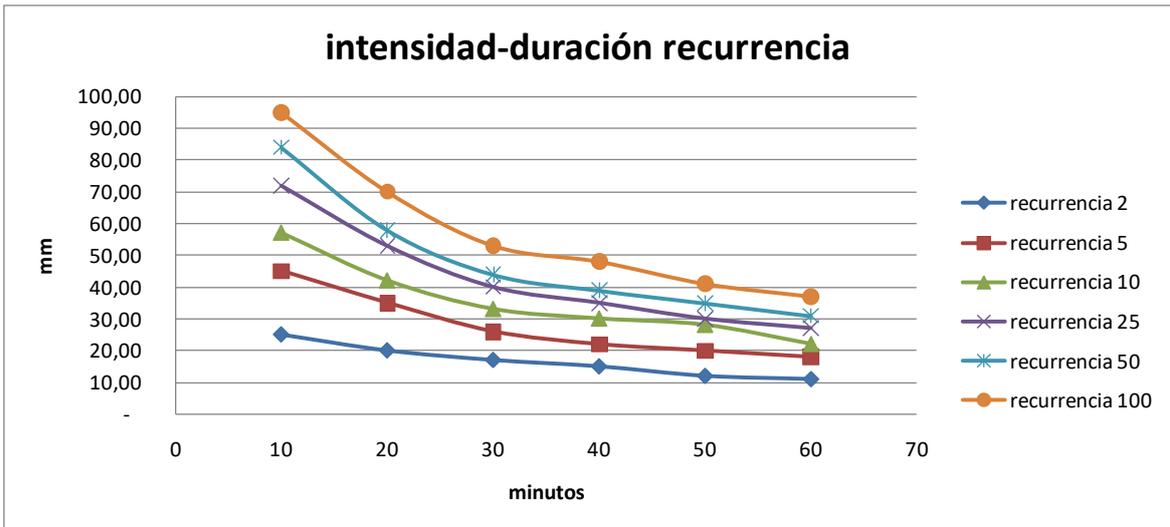
RECURRENCIA	DURACIÓN (mm)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
AÑOS												
2	41,30	31,70	25,60	21,20	18,20	16,00	14,50	13,30	12,20	11,30	10,60	9,90
5	68,50	51,00	42,60	36,10	31,30	27,90	24,80	22,40	20,50	19,10	17,80	16,70
10	86,50	63,80	53,90	45,90	40,00	35,80	31,70	28,40	26,00	24,20	22,60	21,20
25	109,20	76,90	68,20	58,40	51,00	45,80	40,40	36,00	33,00	30,70	28,60	26,80
50	126,10	91,90	78,80	67,60	59,10	53,20	46,80	41,60	38,10	35,50	33,10	31,00
100	142,80	103,80	89,30	76,70	67,20	60,50	53,20	47,20	43,20	40,30	37,50	35,20



Datos de lluvia de la estación experimental INTA Trelew

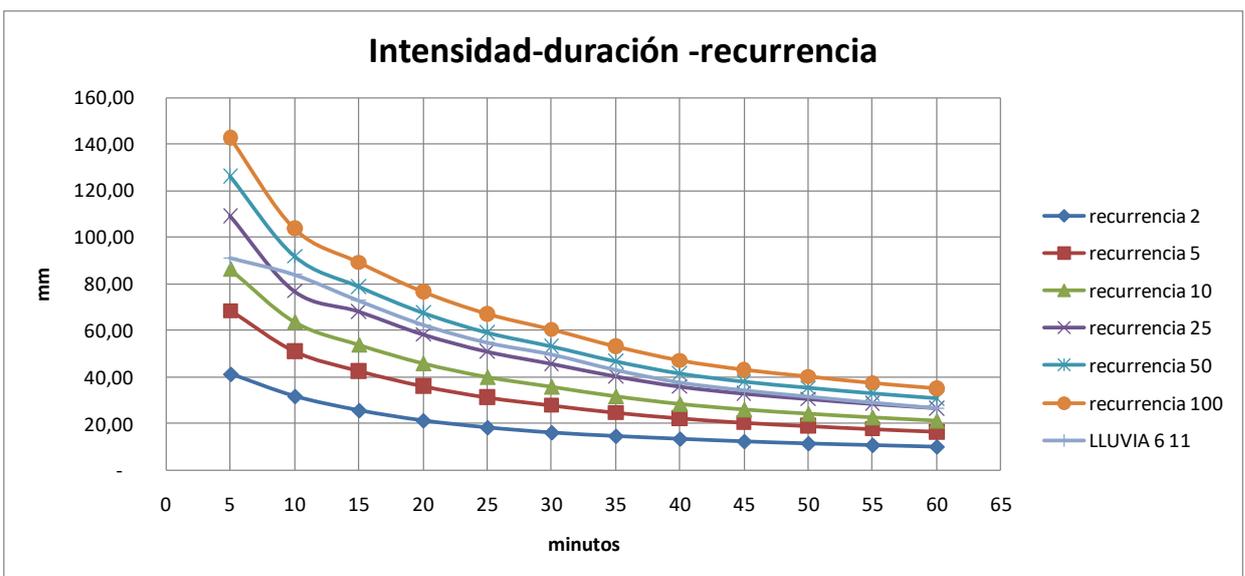
Esta es la información que se utilizó en los anteproyectos de la ciudad de Madryn y de los Pluviales de Trelew

	CURVA DURACION INTENSIDAD RECURRENCIA					
	ESTACIÓN EXPERIMENTAL INTA TRELEW					
	DURACIÓN (min)					
RECURRENCIA AÑOS	10	20	30	40	50	60
2	25,00	20,00	17,00	15,00	12,00	11,00
5	45,00	35,00	26,00	22,00	20,00	18,00
10	57,00	42,00	33,00	30,00	28,00	22,00
25	72,00	53,00	40,00	35,00	30,00	27,00
50	84,00	58,00	44,00	39,00	35,00	31,00
100	95,00	70,00	53,00	48,00	41,00	37,00



Análisis de la lluvia del 6 noviembre del 2011

DURACIÓN	DURACIÓN (mm)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
PRECIPITACIÓN (mm)	7,60	14,00	18,20	20,80	22,80	24,80	25,00	25,00	25,60	26,20	26,40	26,40
INTENSIDAD (mm/h)	91,20	84,00	72,80	62,40	54,70	49,60	42,90	37,50	34,10	31,40	28,80	26,40



Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se calculó empleando la expresión sugerida por el Soil Conservation Service, en concordancia con el método de transformación lluvia – caudal elegido para la simulación.

La expresión empleada es:

$$T_c = (0,87 \times L^3 / H)^{0,385}$$

T_c = Tiempo de concentración

L = la longitud del recorrido en Km entre la divisoria y la sección de control

H = desnivel en metros entre la divisoria y la sección de control

Tiempo de concentración de cada una de las cuencas estudiadas

Cuenca	Área	Longitud Recorrido Superficial	Cota en la Divisoria	Cota en la Descarga	Desnivel Total	Tiempo de Concentración	Tiempo de Concentración
Nº	km ²	km	m	m	m	hs	min
1	8,04	3,10	59,00	6,00	53,00	0,76	45,56
2	0,71	1,23	72,00	59,00	13,00	0,45	26,91
3	7,24	4,41	93,00	59,00	34,00	1,35	81,20
4	0,87	1,17	83,00	72,00	11,00	0,45	27,08
5	3,79	3,36	88,00	83,00	5,00	2,07	124,08
6	4,88	0,67	93,00	83,00	10,00	0,25	14,76
7	6,29	1,76	110,00	89,00	21,00	0,56	33,84
8	0,31	0,25	89,00	88,00	1,00	0,19	11,47
9	3,05	1,71	91,00	88,00	3,00	1,15	69,23
10	3,89	3,76	92,00	89,00	3,00	2,87	172,00
11	5,45	1,34	112,00	92,00	20,00	0,42	25,16
12	7,38	4,60	94,00	91,00	3,00	3,62	217,10
13	10,57	2,99	113,00	92,00	21,00	1,04	62,40
14	5,15	5,17	94,00	91,00	3,00	4,14	248,46
15	3,90	0,54	95,00	94,00	1,00	0,47	27,91
16	4,23	2,13	112,00	94,00	18,00	0,75	44,76
17	4,67	1,20	96,00	94,00	2,00	0,90	53,76
18	4,11	0,65	96,00	94,00	2,00	0,44	26,48
19	4,24	1,14	107,00	72,00	35,00	0,28	16,83

Resumen correspondiente al recorrido mayor de la cuenca

		Longitud	Tiempo de	Tiempo de
Cuenca	Área	Recorrido	Concentración	Concentración
		Superficial		
Nº	km2	km	min	hs
1	8,04	3,10	45,56	0,76
2	0,71	1,23	26,91	0,45
4	0,87	1,17	27,08	0,45
5	3,79	3,36	124,08	2,07
9	3,05	1,71	69,23	1,15
14	5,15	5,17	248,46	4,14
16	4,23	2,13	44,76	0,75
Total	88,77	17,87	586,06	9,77

MEMORIA DE CÁLCULO

DESARROLLO

Con el objetivo de verificar los caudales de aporte en las cuencas que drenan en la Estancia de la Providencia, se procedió determinar el caudal en la zona de proyecto, correspondiente al punto de salida al mar de la cuenca.

Para el cálculo se procede el cálculo con el método SCS (Soil Conservation Center), es un hidrograma unitario que requiere una base de datos: cuenca hidrográfica, factor de escorrentía, tiempo de concentración y precipitación. Si se toma en cuenta la distribución de la precipitación en función del tiempo, el método SCS es mucho más sofisticado. Ya que, por ejemplo, el factor de infiltración va disminuyendo a la vez que la tormenta se alarga en el tiempo.

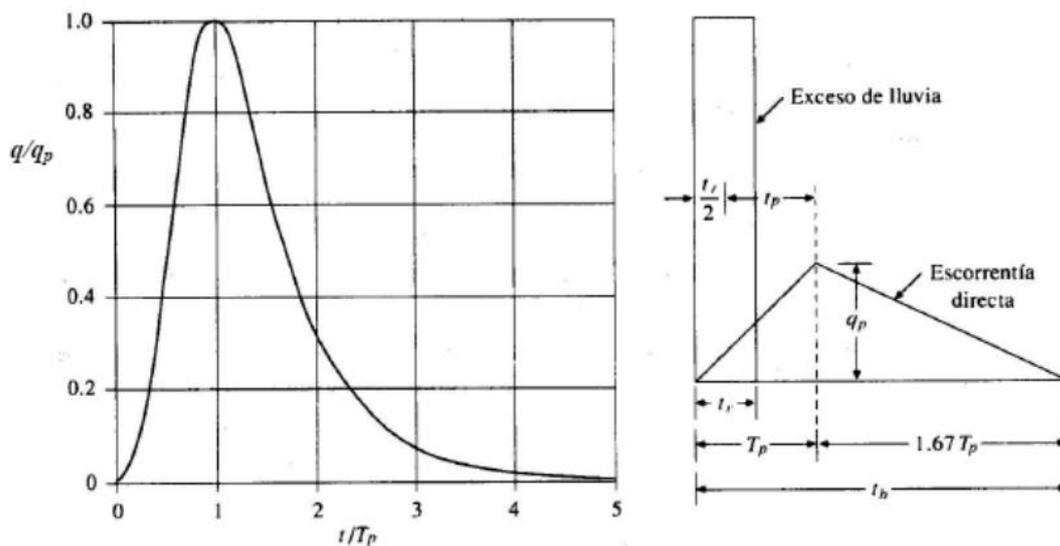
Por lo tanto se puede decir que este método tiene dos partes. En la primera parte, se hace una estimación del volumen de escorrentía resultante de una precipitación y escorrentía directa. En la segunda, se determina el tiempo de distribución de la escorrentía, incluyendo el caudal punta.

Para la distribución en el tiempo de la escorrentía se hace uso del hidrograma unitario adimensional desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU, es un hidrograma unitario sintético en el cual se expresan los

caudales en función del caudal pico (q_p) y los tiempos en función del tiempo al pico (T_p).

Los valores de q_p y T_p se estiman basándose en el hidrograma unitario triangular del SCS. Cuando la escorrentía superficial alcanza el máximo caudal (q_p) la relación tiene un valor de 1.

Basándose en una gran cantidad de hidrogramas unitarios, el SCS sugiere que el tiempo de recesión puede aproximarse a $1,67 T_p$. Como el área del hidrograma es igual a 1 cm, se demuestra que cuya forma está predeterminada.



Caudal pico

$$q_p = 0,208x(A/T_p) \text{ (m}^3\text{/s/mm)}$$

donde:

q_p = es el caudal pico, (m³/s/mm)

A = es el área de drenaje, km²

T_p = es el tiempo al pico, hs

Tiempo de concentración de la cuenca, T_c : es el tiempo que tarda una gota de agua en trasladarse desde el punto más alejado de la cuenca hasta la salida.

De acuerdo con esta definición, el tiempo de retraso, queda definido en función del T_c como:

$$T_r = 0,6 \times T_c \text{ (hs)}$$

De esta manera el tiempo al pico será:

$$T_p = (T_c)^{0,5} + T_r \text{ (hs)}$$

donde T_r es la duración de la lluvia efectiva.

Cálculo del Tiempo de concentración

$$T_c = 0,000325 \times ((L^{0,77}) / I^{0,385}) \text{ (hs)}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración

L = Longitud del cauce

I = Pendiente de la cuenca

Cálculo de la Duración en exceso

$$D_e = 2 \times (T_c)^{0,5} \text{ (hs)}$$

Tiempo Base

$$T_b = 2,67 \times T_p \text{ (hs)}$$

Caudal Pico

$$Q_p = q_p \times P_e \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Datos

q_p = caudal pico (m³/s/mm)

P_e = Precipitación en exceso (mm)

CÁLCULO DEL CAUDAL PICO

Datos		
Longitud del cauce	L=	17.870,00 m
Desnivel	Delta=	106 m
Pendiente del Cauce	I=	0,00593
Precipitación en exceso	Pe=	13,26 mm
Superficie de la Cuenca	A=	88,77 km ²
Cálculo de la Precipitación Neta $P_n = (P - P_0)^2 / (P + 4 \times P_0)$	Pn=	13,26 mm
Precipitación Total Registrada	P=	91,93 mm
Umbral de Escorrentía $P_0 = 5080 / CN - 50,8$	P0=	36,00 mm
Tiempo de Concentración	TC=	4,40 hs
$TC = 0,000325 \times ((L^{0,77}) / I^{0,385})$		
Cálculo de la Duración en exceso	De=	4,19 hs
$De = 2 \times (TC)^{0,5}$		
Cálculo del tiempo retraso	Tr=	2,64 hs
$Tr = 0,6 \times TC$		
Cálculo del Tiempo Pico	Tp=	4,74 hs
$Tp = (TC)^{0,5} + Tr$		
Tiempo Base	Tb=	12,65 hs
$Tb = 2,67 \times Tp$		
Caudal Pico	qp=	3,90 m ³ /s/mm
$qp = 0,208 \times (A / Tp)$		
Caudal Pico	Qp=	51,68 m ³ /s
$Qp = 0,208 \times (A / Tp) \times Pe$		



Puerto Madryn 10 de noviembre 2023

Ing. Esteban Parra