







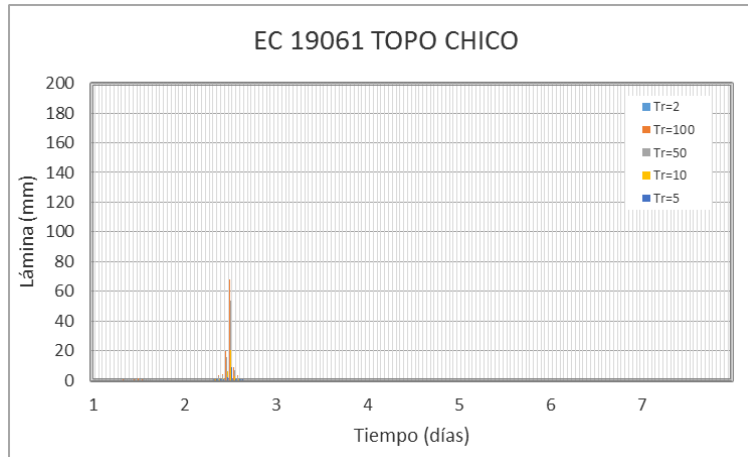




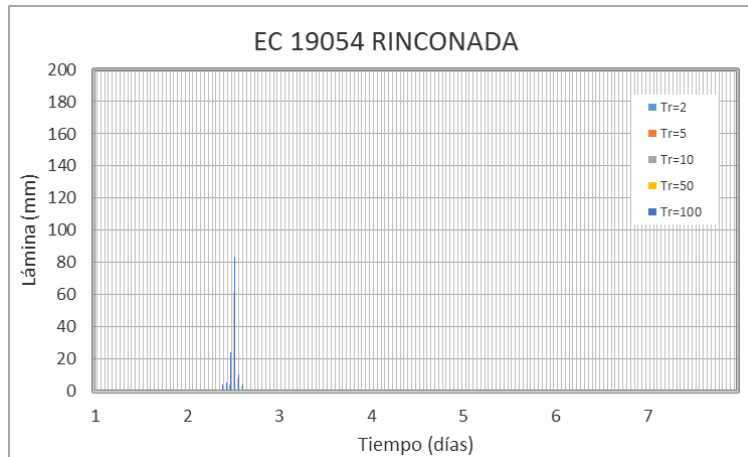




En las figuras 3.8 a 3.25 se muestran las láminas de lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de las estaciones pluviométricas de interés.

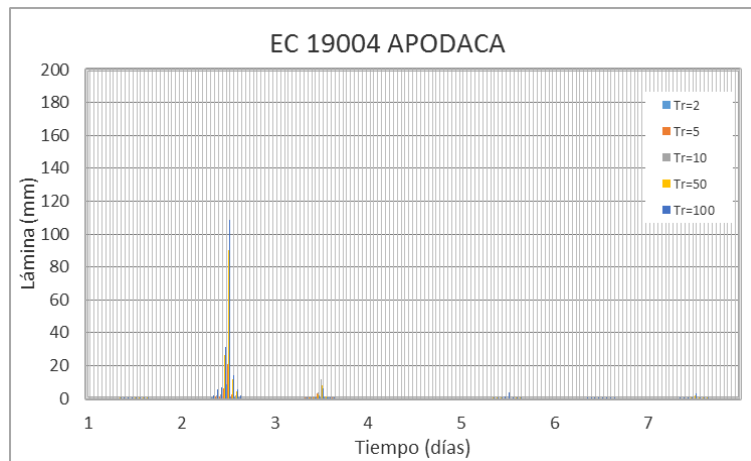


**Figura 3.8. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios**

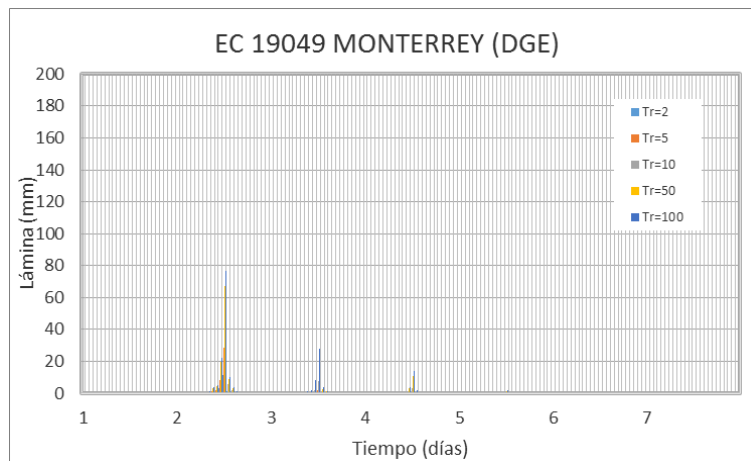


**Figura 3.9. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios**





**Figura 3.10. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios**



**Figura 3.11. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios**

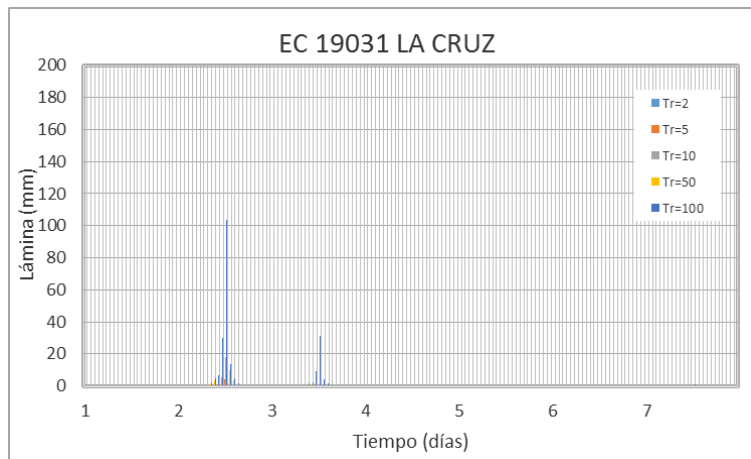


Figura 3.12. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

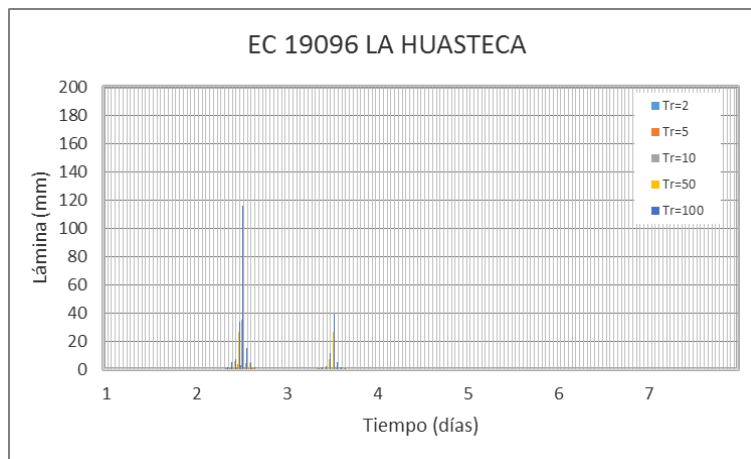


Figura 3.13. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

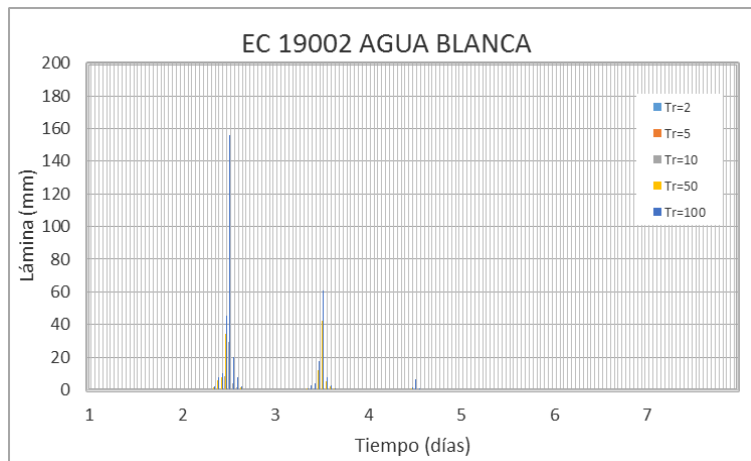


Figura 3.14. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

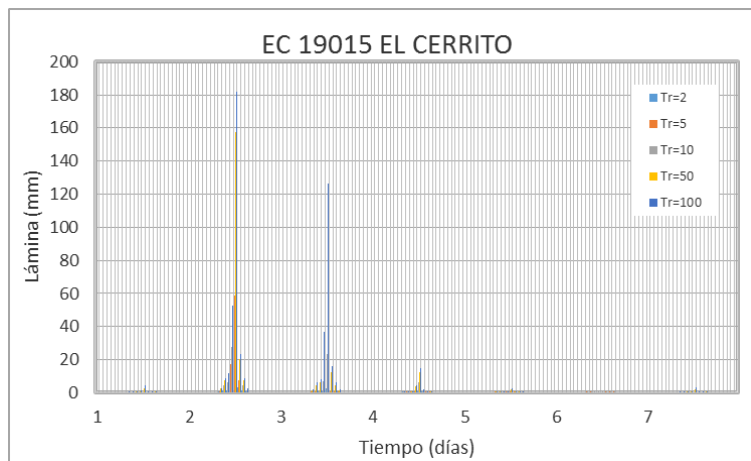


Figura 3.15. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

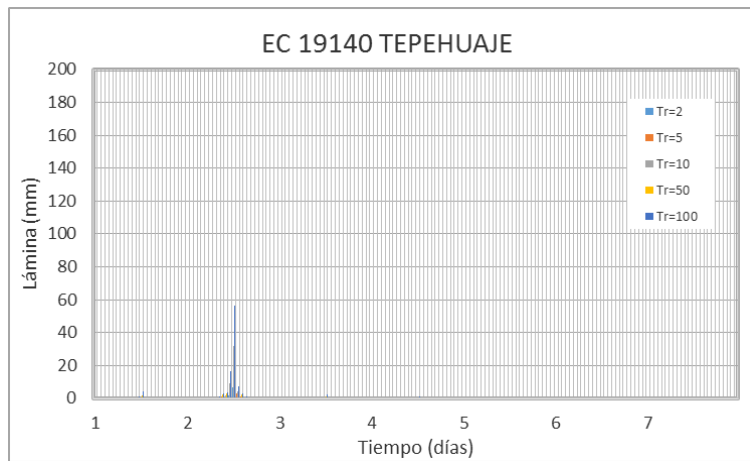


Figura 3.16. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

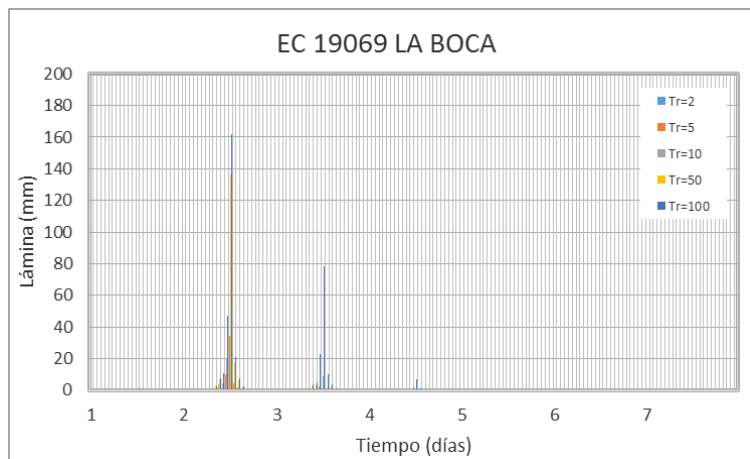


Figura 3.17. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

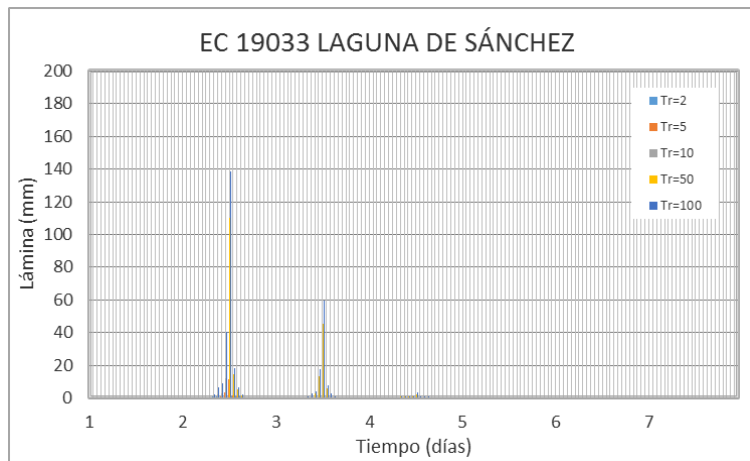


Figura 3.18. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

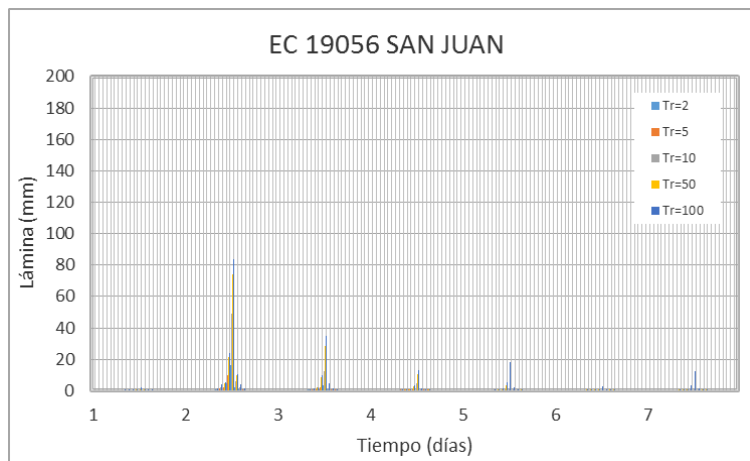


Figura 3.19. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

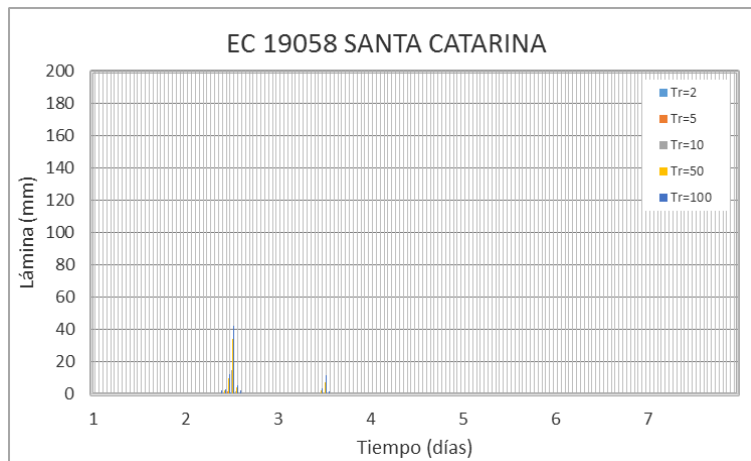


Figura 3.20. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

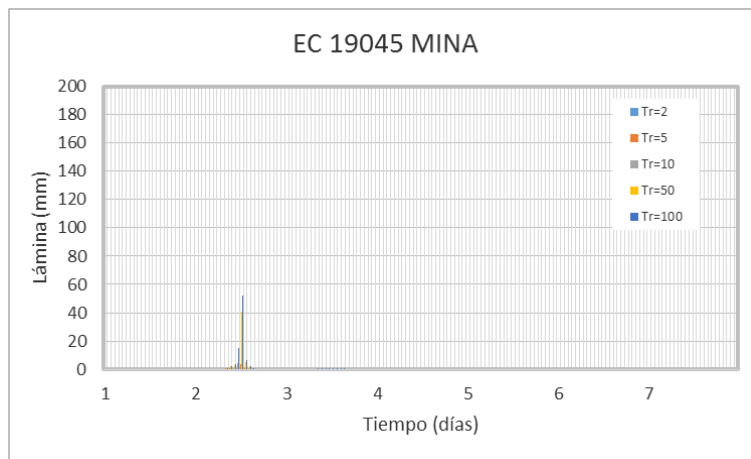


Figura 3.21. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

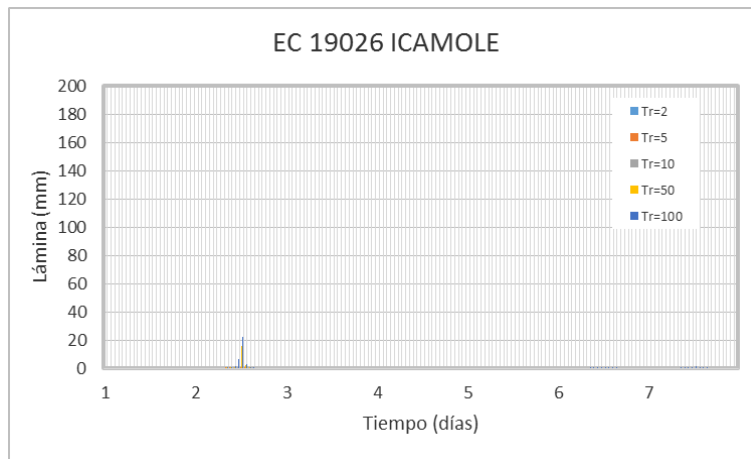


Figura 3.22. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

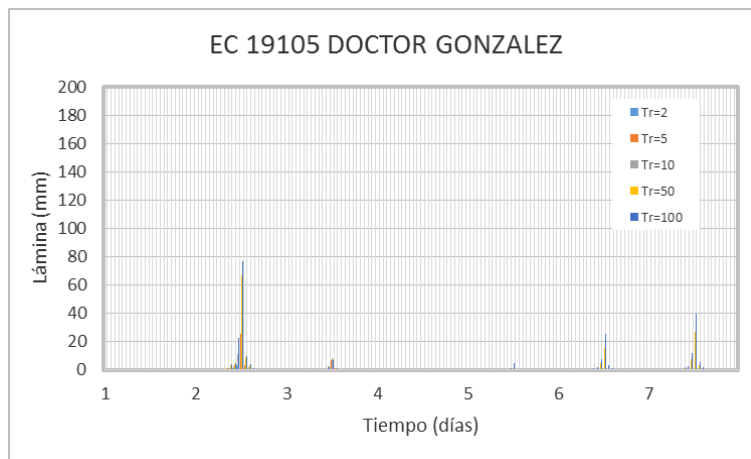


Figura 3.23. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

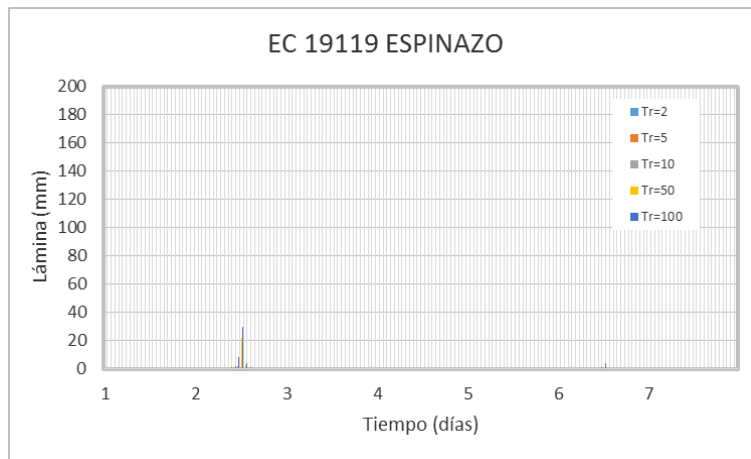


Figura 3.24. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios

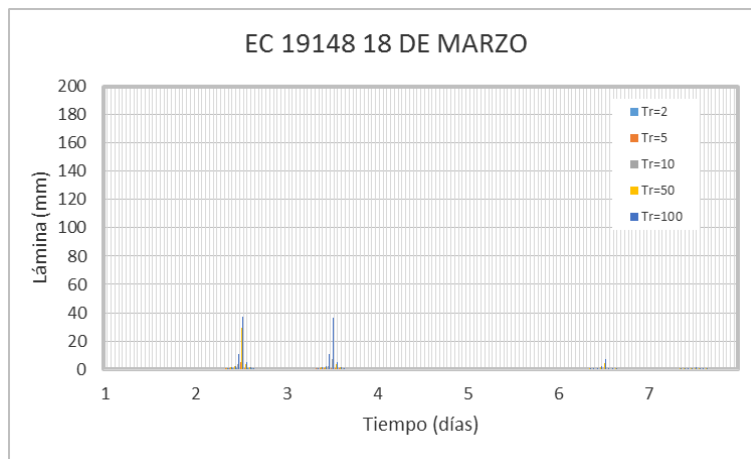


Figura 3.25. Hietogramas para diferentes periodos de retorno, considerando la lluvia efectiva horaria con factor de simultaneidad de eventos extraordinarios





## 5.4 ANÁLISIS DE ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES

Para calcular la evolución en el tiempo de las inundaciones se requiere la determinación de los volúmenes de agua que escurren en la red de drenaje de la cuenca. Como la precisión en el cálculo de dichos volúmenes depende a su vez de la estimación de los hidrogramas en algunas secciones transversales de los ríos de interés de la zona en estudio.

### 5.4.1 Valores de escurrimiento tomados del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS)

Se analizó el comportamiento de los escurrimientos registrados por las estaciones hidrométricas ubicadas dentro de la región de interés.

En la Figura 4.1 se presenta la localización de las estaciones hidrométricas identificadas.

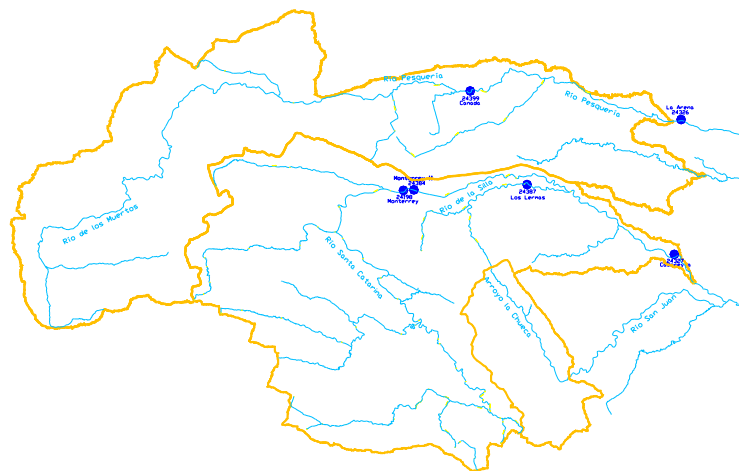


Figura 4.1. Localización de estaciones hidrométricas y presas

De acuerdo con la ubicación de las estaciones hidrométricas 24198, 24387, 24384, 24399, 24326 y 24327 (parte alta de la cuenca de la Figura 4.1), resultó conveniente llevar a cabo el análisis de sus registros de escurrimiento medio diario, para generar hidrogramas con los periodos de retorno de interés en tales ubicaciones. Estos hidrogramas permiten reducir el área de la zona de estudio sobre la cual se debe realizar el análisis hidráulico de los flujos, al considerar que los hidrogramas en las estaciones hidrométricas son los gastos producidos a consecuencia de los escurrimientos derivados de las lluvias precipitadas sobre las cuencas relativas a la posición de dichas estaciones hidrométricas. Los datos básicos relativos a las estaciones consideradas se consignan en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1. Estaciones hidrométricas utilizadas para el análisis del escurrimiento**

ESTACIÓN	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD
24198	MONTERREY	25° 40' 15''	100° 22' 00''
24326	LA ARENA	25° 46' 00''	99° 58' 00''
24327	CADEREYTA	25° 35' 25''	99° 58' 30''
24384	MONTERREY II	25° 40' 18''	100° 21' 06''
24387	LOS LERMAS	25° 40' 48''	100° 11' 18''
24399	CANADA	25° 48' 06''	100° 16' 18''

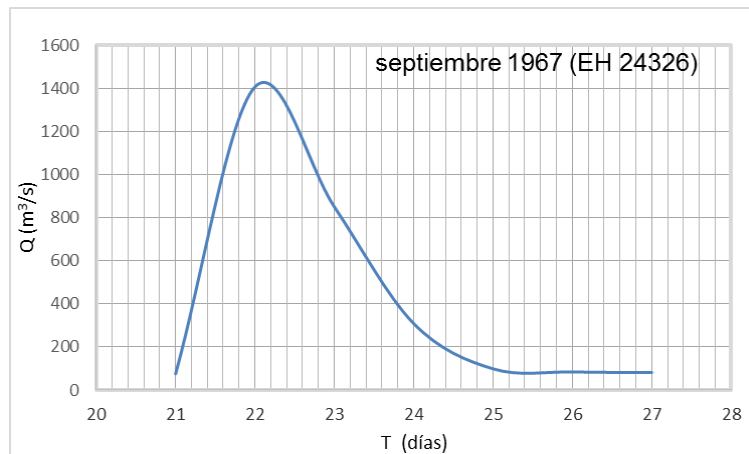
El registro con información de escurrimiento medio diario se obtuvo del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Se realizó el análisis de los escurrimientos registrados. En la Tabla 4.2 se presentan los gastos máximos anuales del registro de gasto medio diario la E.H. La Arena.

Se observó que los eventos de máximo escurrimiento diario registrado en la E.H. La Arena, como promedios de 1 día, en el periodo comprendido entre los años 1962 y 2001, ocurrió durante el mes de septiembre de 1967. La variación de los gastos medios diarios en el periodo mencionado se presenta en la Figura 4.2, donde el pico del hidrograma es de 1405.9 m<sup>3</sup>/s, el día 22 de septiembre de 1967, que coincide con la ocurrencia de la tormenta tropical Beulah.

**Tabla 4.2. Gastos máximos anuales en la E.H. La Arena, en m<sup>3</sup>/s**

Año	Mes	Día	Q [m <sup>3</sup> /s]	Año	Mes	Día	Q [m <sup>3</sup> /s]	Año	Mes	Día	Q [m <sup>3</sup> /s]
1962	SEP	18	80.75	1976	JUL	5	199.01	1990	OCT	5	75.71
1963	SEP	21	307.83	1977	SEP	3	79.79	1991	JUN	11	69.94
1964	ABR	14	34.69	1978	SEP	23	240.60	1992	MAY	18	37.68
1965	MAY	29	269.82	1979	SEP	8	29.20	1993	MAY	25	54.22
1966	ABR	14	44.28	1980	0	0	1.55	1994	SEP	17	84.03
<b>1967</b>	<b>SEP</b>	<b>22</b>	<b>1405.89</b>	1981	SEP	3	88.39	1995	NOV	1	825.46
1968	SEP	5	82.07	1982	JUL	7	50.68	1996	AGT	24	179.93
1969	JUN	3	40.46	1983	AGT	14	36.99	1997	DIC	31	-99999
1970	MAY	26	68.01	1984	JUL	24	71.27	1998	DIC	31	-99999
1971	JUN	14	186.12	1985	MAY	18	59.09	1999	DIC	31	-99999
1972	JUL	17	32.66	1986	SEP	7	99.92	2000	0	0	7.39
1973	SEP	14	37.86	1987	ABR	21	116.83	2001	JUN	15	32.42
1974	SEP	23	48.80	1988	SEP	17	593.64				
1975	JUL	17	26.49	1989	SEP	7	28.66				



**Figura 4.2** Variación de escurrimientos medios diarios en la E.H. El Arena, durante el mes de septiembre de 1967

#### 5.4.2 Valores de escurrimiento proporcionados por la Conagua regional

En las tablas 4.3 y 4.4 aparecen datos de caudal en las estaciones Monterrey, Cadereyta II y Los Lermas, que fueron proporcionados por personal de Conagua de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León.

**Tabla 4.3 Gastos máximos anuales (m<sup>3</sup>/s) en las estación hidrométrica  
Monterrey**

Año	Gasto	Año	Gasto	Año	Gasto
1896	680	1935	33	1974	247
1897	600	1936	71	1975	58.3
1898	430	1937	2	1976	5.5
1899	1530	1938	4140	1977	525.3
1900	420	1939	39	1978	259
1901	1650	1940	22	1979	58.8
1902	380	1941	0.9	1980	12.1
1903	540	1942	12.5	1981	26
1904	1900	1943	0.4	1982	0
1905	800	1944	9.2	1983	0.7
1906	800	1945	173.3	1984	10
1907	760	1946	1.6	1985	15.5
1908	140	1947	53.7	1986	86.3
1909	5000	1948	1.3	1987	41.1
1910	3020	1949	21.2	1988	4400
1911	420	1950	2.4	1989	559.8
1912	700	1951	11	1990	40.4
1913	1700	1952	0	1991	20.9
1914	650	1953	0	1992	35
1915	1510	1954	0	1993	20
1916	700	1955	0.1	1994	6
1917	370	1956	0.9	1995	73.7
1918	380	1957	26.2	1996	183.5
1919	1550	1958	37	1997	115.5
1920	300	1959	26.6	1998	207.8
1921	1400	1960	9.7	1999	160.9
1922	1490	1961	15.6	2000	260.9
1923	4040	1962	124	2001	301.9
1924	1410	1963	16.8	2002	272.7
1925	470	1964	16.8	2003	181
1926	1520	1965	9	2004	181
1927	3000	1966	0	2005	655.9
1928	1	1967	178	2006	132.4
1929	1	1968	14.8	2007	132.4
1930	54	1969	0	2008	424.9
1931	18	1970	5.2	2009	114.5
1932	3	1971	6.2	2010	
1933	148	1972	0		
1934	6	1973	68		

Notas: \* De 1896 a 1927 los datos fueron inferidos con la lluvia inferida de Monterrey (GASIR)

\* De 1928 a 1940 los datos fueron inferidos con gastos en la EH El Cuchillo (Gasir)

\* De 1941 a 1995 Son gastos observados en la Estación hidrométrica Monterrey (color Azul), proporcionados por la Conagua-Organismo de cuenca Río Bravo

\* Para los años de 1987, 1989, 1990 y el periodo de 1996 a 2009 los gastos fueron calculados a partir de los registros de la EH Cadereyta II, aplicando el factor de área.

**Tabla 4.4 Gastos máximos anuales (m<sup>3</sup>/s) en las estaciones hidrométricas  
Cadereyta II y Lermas.**

Año	Estación		Observaciones
	Cadereyta II	Los Lermas	
1962	697		
1963	286		
1964	250		
1965	55.68		
1966	95		
1967	1082		
1968	99.14		
1969	85.08		
1970	33.76		
1971	122		
1972	94.2		
1973	826	54.69	Falta enero en los Lermas
1974	851	270.73	
1975	228.8	310	
1976	441.5	156.4	
1977	249.5	180.8	
1978	390	171.2	
1979	184.4	58.2	
1980	291	216.3	
1981	219	119.8	
1982	180.6	142.9	
1983	257.8	197.4	
1984	178.1	133	
1985	105.8	93.2	
1986	657.51	254.21	Falta octubre a diciembre en Cadereyta
1987	102.28	95.97	
1988	161.59	277.63	
1989	331.94	111.8	
1990	127.42	102.93	
1991	127.29	70.38	
1992	6.46	31.32	
1993	425.31	52.88	
1994	268.61	87.81	
1995	365.6		Falta diciembre en Cadereyta
1996	420.23		
1997	101.02		
1998	270.58		Falta diciembre en Cadereyta
1999	221.25		Falta marzo y abril en Cadereyta
2000	351		
2001	406.17		
2002	366.89		
2003	243.47		
2004	243.47		
2005	882.37		
2006	178.14		
2007			
2008			
2009			
2010			
Máximo	1082	310	
Medio	301.38	144.98	
Mínimo	6.46	31.32	

Notas: \* Los números en color rojo indican que en ese año la información está incompleta, sin embargo los meses correspondientes a la época de lluvias si contienen información, por lo que se tomarán en cuenta en el análisis.

En la las Figura 4.3 y en Tabla 4.5 aparecen los gastos estimados (CONAGUA) durante la ocurrencia del huracán Gilberto en Monterrey, Nuevo León a mediados de septiembre del año 1988

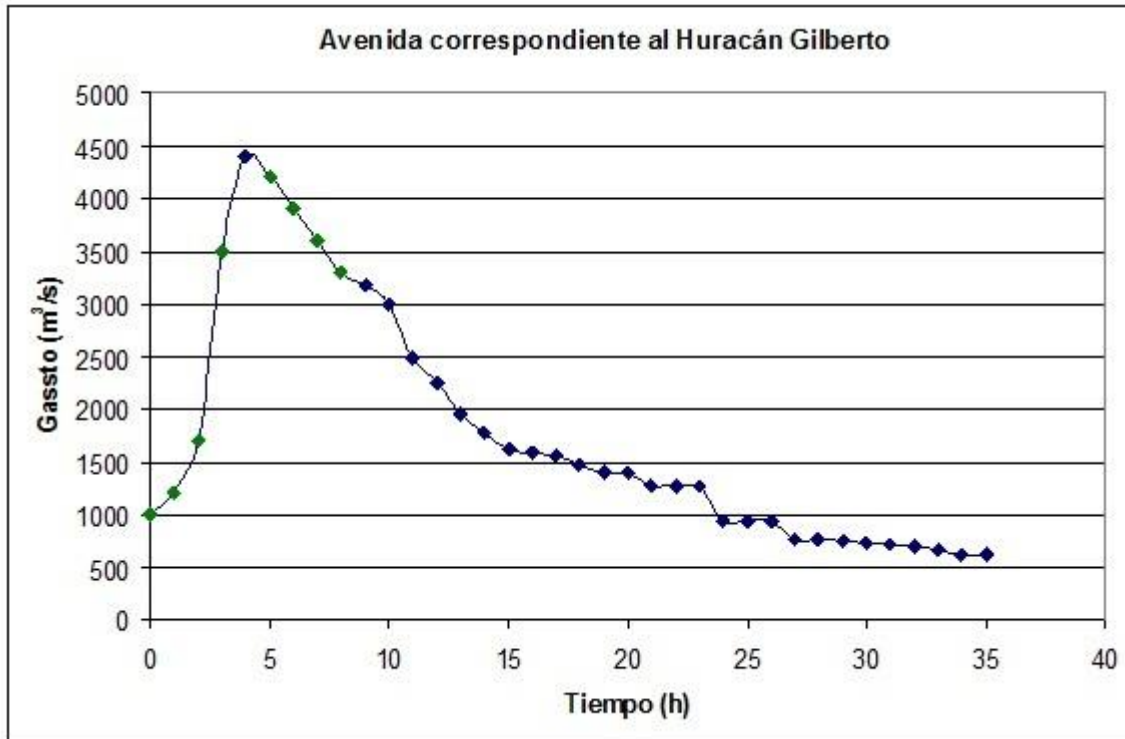


Figura 4.3 Hidrograma debido a la precipitación generada por el huracán Gilberto en 1988

### 5.4.3. Hidrogramas asociados a distintos periodos de retorno

#### 5.4.3.1 Hidrogramas obtenidos con los valores proporcionados por la Conagua regional

**Tabla 4.5. Gastos estimados por CONAGUA durante la ocurrencia del huracán Gilberto**

Día	Hora	Gasto (m <sup>3</sup> /s)
17-sep	01:00:00 a. m.	1000
17-sep	02:00:00 a. m.	1200
17-sep	03:00:00 a. m.	1700
17-sep	04:00:00 a. m.	3500
17-sep	05:00:00 a. m.	4400
17-sep	06:00:00 a. m.	4200
17-sep	07:00:00 a. m.	3900
17-sep	08:00:00 a. m.	3600
17-sep	09:00:00 a. m.	3300
17-sep	10:00:00 a. m.	3178
17-sep	11:00:00 a. m.	3000
17-sep	12:00:00 p. m.	2500
17-sep	01:00:00 p. m.	2250
17-sep	02:00:00 p. m.	1950
17-sep	03:00:00 p. m.	1780
17-sep	04:00:00 p. m.	1620
17-sep	05:00:00 p. m.	1585
17-sep	06:00:00 p. m.	1550
17-sep	07:00:00 p. m.	1480
17-sep	08:00:00 p. m.	1400
17-sep	09:00:00 p. m.	1400
17-sep	10:00:00 p. m.	1272
17-sep	11:00:00 p. m.	1272
18-sep	12:00:00 a. m.	1272
18-sep	01:00:00 a. m.	937
18-sep	02:00:00 a. m.	937
18-sep	03:00:00 a. m.	937
18-sep	04:00:00 a. m.	766.8
18-sep	05:00:00 a. m.	766.8
18-sep	06:00:00 a. m.	745.3
18-sep	07:00:00 a. m.	731.2
18-sep	08:00:00 a. m.	709.9
18-sep	09:00:00 a. m.	695.8
18-sep	10:00:00 a. m.	660.4
18-sep	11:00:00 a. m.	625
18-sep	12:00:00 p. m.	617.9

Con los datos de las tablas 4.3 y 4.4 se ajustaron los parámetros de la función de probabilidad Doble Gumbel mediante el programa AX del CENAPRED y se obtuvieron los valores consignados en la Tabla 4.6.



**Tabla 4.6. Gastos diarios máximos (m<sup>3</sup>/s) para diferentes periodos de retorno de tres estaciones hidrométricas**

Periodo de retorno (año)	24198	24387	24327
2	220.7	122.8	223.4
5	785.9	251.2	480.6
10	2115	276.8	699.7
20	2988	293.2	851
50	3984	312.9	1026
100	4698	327.9	1152
200	5399	343.6	1276
500	6315	366.3	1437
1000	7006	385.8	1560

Para formar los hidrogramas de escurrimiento, se utilizó como base el hidrograma de la Figura 4.3 ya que fue el único que correspondía a un caso extremo que ha sido considerado confiable por parte del personal técnico de Conagua. Para ello, las ordenadas del hidrograma de la Figura 4.3, se dividieron entre su máximo y luego, el hidrograma obtenido, se multiplicó por los gastos de pico asociados a distinto periodo de retorno de las estaciones hidrométricas 24198, 24387 y 24327 que aparecen en la Tabla 4.6. En las tablas 4.7, 4.8 y 4.9 se muestran los valores de los hidrogramas obtenidos de esta manera para las estaciones Monterrey, Los Lermas y Cadereyta II. En la Figura 4.4 se muestran dichos hidrogramas.

**Tabla 4.7. Hidrograma (m<sup>3</sup>/s) para diferentes periodos de retorno de la  
EH 24198 Monterrey**

horas	Periodo de retorno (años)								
	Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=20	Tr=50	Tr=100	Tr=200	Tr=500	Tr=1000
6	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
12	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
18	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
24	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
30	15.05	53.59	144.23	203.70	271.64	320.33	368.13	430.60	477.68
36	30.10	107.17	288.45	407.39	543.29	640.66	736.26	861.20	955.36
42	45.14	160.76	432.68	611.09	814.93	960.98	1104.39	1291.80	1433.03
48	220.70	785.93	2115.32	2987.54	3984.09	4698.14	5399.25	6315.46	7005.94
54	150.48	535.86	1442.26	2036.96	2716.43	3203.28	3681.31	4306.00	4776.78
60	79.50	283.11	762.00	1076.19	1435.18	1692.40	1944.96	2275.00	2523.73
66	63.80	227.21	611.52	863.67	1151.76	1358.19	1560.87	1825.74	2025.35
72	38.46	136.97	368.64	520.65	694.32	818.76	940.94	1100.61	1220.94
78	31.35	111.64	300.47	424.37	565.92	667.35	766.94	897.08	995.16
84	25.98	92.51	248.98	351.65	468.95	552.99	635.52	743.36	824.63
90	19.96	71.07	191.29	270.17	360.29	424.86	488.26	571.12	633.56
96	13.94	49.64	133.60	188.69	251.63	296.73	341.01	398.88	442.49
102	7.92	28.20	75.91	107.21	142.97	168.60	193.76	226.64	251.42
108	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
114	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
120	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
126	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
132	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
138	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
144	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
150	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
156	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
162	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23
168	5.02	17.86	48.08	67.90	90.55	106.78	122.71	143.53	159.23

**Tabla 4.8. Hidrograma (m<sup>3</sup>/s) para diferentes periodos de retorno de la  
EH 24387 Los Lermas**

horas	Periodo de retorno (años)								
	Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=20	Tr=50	Tr=100	Tr=200	Tr=500	Tr=1000
6	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
12	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
18	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
24	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
30	8.37	17.13	18.87	19.99	21.33	22.35	23.42	24.98	26.31
36	16.75	34.26	37.75	39.98	42.67	44.71	46.85	49.95	52.61
42	25.12	51.39	56.62	59.97	64.00	67.06	70.27	74.93	78.92
48	122.82	251.24	276.83	293.18	312.91	327.87	343.55	366.32	385.81
54	83.74	171.30	188.75	199.90	213.35	223.55	234.24	249.76	263.05
60	44.24	90.50	99.72	105.61	112.72	118.11	123.76	131.96	138.98
66	35.51	72.63	80.03	84.76	90.46	94.78	99.32	105.90	111.53
72	21.40	43.78	48.24	51.09	54.53	57.14	59.87	63.84	67.24
78	17.45	35.69	39.32	41.64	44.45	46.57	48.80	52.03	54.80
84	14.46	29.57	32.58	34.51	36.83	38.59	40.44	43.12	45.41
90	11.11	22.72	25.03	26.51	28.30	29.65	31.07	33.13	34.89
96	7.76	15.87	17.48	18.52	19.76	20.71	21.70	23.14	24.37
102	4.41	9.02	9.93	10.52	11.23	11.77	12.33	13.15	13.85
108	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
114	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
120	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
126	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
132	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
138	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
144	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
150	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
156	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
162	2.79	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77
168	2.79136	5.71	6.29	6.66	7.11	7.45	7.81	8.33	8.77

**Tabla 4.9. Hidrograma (m<sup>3</sup>/s) para diferentes periodos de retorno de la  
EH 24327 Cadereyta II**

horas	Periodo de retorno (años)								
	Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=20	Tr=50	Tr=100	Tr=200	Tr=500	Tr=1000
6	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
12	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
18	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
24	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
30	15.23	32.77	47.71	58.02	69.97	78.56	86.98	98.00	106.33
36	30.46	65.54	95.42	116.05	139.94	157.12	173.97	195.99	212.67
42	45.70	98.31	143.12	174.07	209.91	235.68	260.95	293.99	319.00
48	223.40	480.64	699.71	851.02	1026.24	1152.21	1275.76	1437.29	1559.55
54	152.32	327.71	477.08	580.24	699.71	785.60	869.84	979.97	1063.33
60	80.47	173.14	252.05	306.56	369.68	415.06	459.56	517.75	561.79
66	64.58	138.95	202.28	246.02	296.68	333.09	368.81	415.51	450.85
72	38.93	83.76	121.94	148.31	178.85	200.80	222.33	250.48	271.79
78	31.73	68.27	99.39	120.88	145.77	163.67	181.22	204.16	221.53
84	26.30	56.57	82.36	100.17	120.79	135.62	150.16	169.18	183.57
90	20.20	43.47	63.28	76.96	92.80	104.20	115.37	129.98	141.03
96	14.11	30.36	44.19	53.75	64.82	72.77	80.58	90.78	98.50
102	8.02	17.25	25.11	30.54	36.83	41.35	45.78	51.58	55.97
108	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
114	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
120	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
126	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
132	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
138	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
144	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
150	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
156	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
162	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44
168	5.08	10.92	15.90	19.34	23.32	26.19	28.99	32.67	35.44

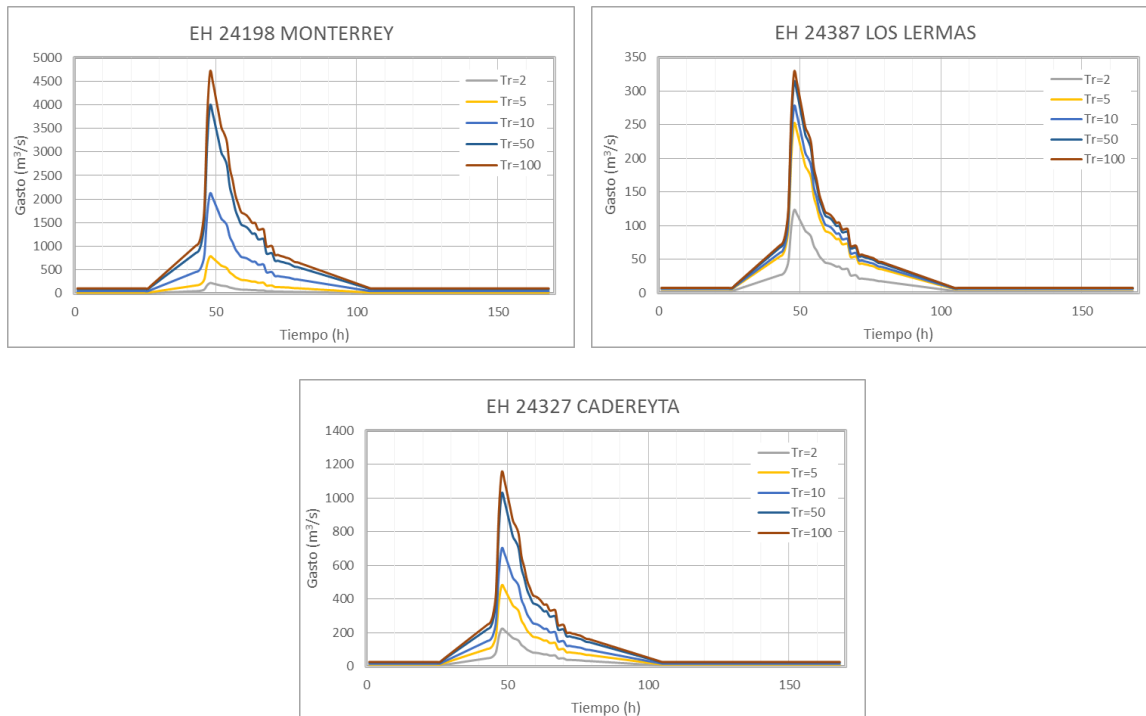


Figura 4.4. Hidrogramas de las estaciones hidrométrica 24198, 24387 y 24327

#### 5.4.3.2 Hidrogramas obtenidos con los valores de la base de datos *Bandas*

Para describir el procedimiento empleado para definir los hidrogramas de escurrimiento medio diario de cada una de las estaciones hidrométricas consideradas para los periodos de retorno de interés, en lo sucesivo se hará referencia a los cálculos correspondientes a la estación 24326, La Arena, en el cauce del río Pesquería.

Se estimó con base en los datos de precipitación y los hidrogramas registrados disponibles que el tiempo base de los hidrogramas era menor a 7 días; sin embargo, para la modelación de los escurrimientos se aumentaba la seguridad de abarcar los condiciones extremas de los caudales si el tiempo base era de 7 días.

La magnitud y forma de los hidrogramas asociados a diferentes periodos de retorno en la ubicación de la hidrométrica considerada se basó en los gastos medios diarios. Por ello, se identificaron los valores promedio máximos anuales de escurrimientos diarios consecutivos para intervalos de 1, 2, 3, ..., 6 y 7 días.

A con cada uno de los siete conjuntos de valores obtenidos se obtuvieron los parámetros de varias funciones de distribución de probabilidad con el programa AX del CENAPRED,

verificándose que la magnitud de los escurrimientos tiene un comportamiento que se describe de una manera más adecuada con la distribución Doble Gumbel.

Se calcularon los escurrimientos acumulados según valores promedio de 1 hasta 7 días, para los diferentes periodos de retorno se encontraron los gastos medios máximo en un día a partir de las diferencias de los gastos acumulados entre  $n+1$  y  $n$  días consecutivos. Obteniendo los valores de escurrimiento de la Tabla 4.10.

**Tabla 4.10. Escurrimientos diarios ajustados a diferentes periodos de retorno, para la E.H. El Arena, en m<sup>3</sup>/s**

Día	Periodo de retorno [años]						
	2	5	10	50	100	500	1000
7	7.69	12.67	29.68	57.22	68.27	93.63	105.73
6	11.62	23.02	43.65	62.13	68.72	83.75	90.56
5	11.96	30.96	48.07	63.26	69.38	81.82	85.73
4	13.24	28.99	37.11	73.02	86.61	119.61	134.72
3	16.77	29.96	75.93	220.23	275.33	398.78	450.46
2	32.79	71.59	216.72	624.47	780.53	1132.8	1284.8
1	76.72	173.75	532.91	1197.55	1451.43	2027.14	2272.53

La asignación de un orden a los valores de escurrimiento para dar forma a los hidrogramas requeridos se llevó a cabo al tomar en cuenta la variación de los gastos promedio más grandes de 7 días consecutivos registrados. En la Tabla 4.11 se muestran los valores históricos de escurrimiento promedio de 7 días consecutivos, cuya suma es máxima dentro del registro hidrométrico considerado; es decir, es el hidrograma de mayor volumen histórico de 7 días de duración. Se hace notar que el gasto medio máximo histórico (1405.89 m<sup>3</sup>/s el 22 de septiembre de 1967) sucedió dentro de este intervalo de 7 días.

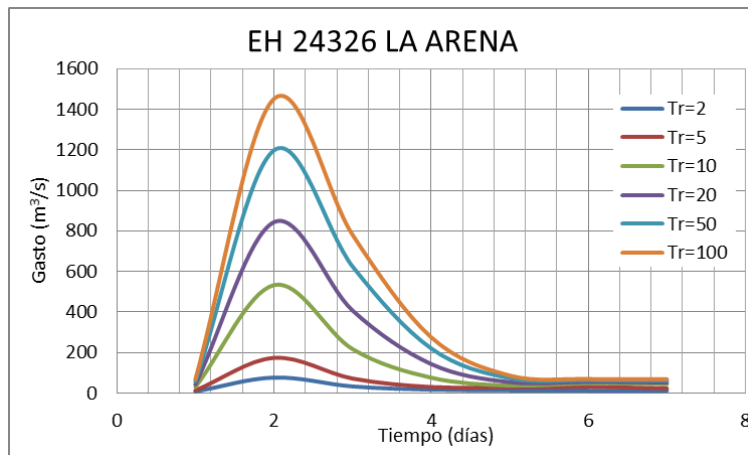
**Tabla 4.11. Hidrograma de mayor volumen histórico de 7 días de duración en la E.H. La Arena**

21 – 27 Sep (1967)	
Orden	Q [m <sup>3</sup> /s]
7	75.09
1	1405.89
2	850.52
3	309.14
4	98.80
5	84.19
6	81.83

De la misma forma como se procedió en los hietogramas se procede en este caso. Como ejemplo del procedimiento se describe la construcción del hidrograma con periodo de retorno de dos años de la estación Arena, el primer gasto del hidrograma es el que ocurrió en el día siete, (Tabla 4.10), el segundo gasto es el ocurrido el día uno, así hasta el gasto siete y último del hidrograma, que es el que ocurrió el día seis. El resultado del procedimiento se consigna en la Tabla 4.12 y se gráfica en la Figura 4.5.

**Tabla 4.12. Hidrograma de 7 días de duración en la E.H. La Arena**

Orden	Periodo de retorno (año)								
	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
7	7.69	12.67	29.68	42.67	57.22	68.27	79.12	93.63	105.73
1	76.72	173.75	532.91	843.15	1197.55	1451.43	1700.59	2027.14	2272.53
2	32.79	71.59	216.72	407.06	624.47	780.53	933.32	1132.8	1284.8
3	16.77	29.96	75.93	143.27	220.23	275.33	328.93	398.78	450.46
4	13.24	28.99	37.11	53.87	73.02	86.61	101.02	119.61	134.72
5	11.96	30.96	48.07	55.04	63.26	69.38	74.26	81.82	85.73
6	11.62	23.02	43.65	52.18	62.13	68.72	75.63	83.75	90.56



**Figura 4.5. Hidrogramas en la E.H. El Arena, para diferentes periodos de retorno**

El procedimiento descrito se siguió para los registros de las estaciones referidas en la Tabla 4.1, y se obtuvieron los hidrogramas mostrados en las Figuras 4.6 a 4.10.

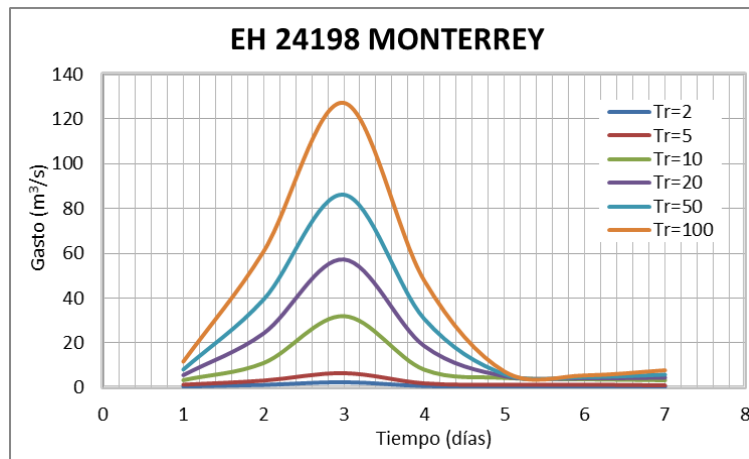


Figura 4.6. Hidrogramas en la E.H. Monterrey, para diferentes periodos de retorno

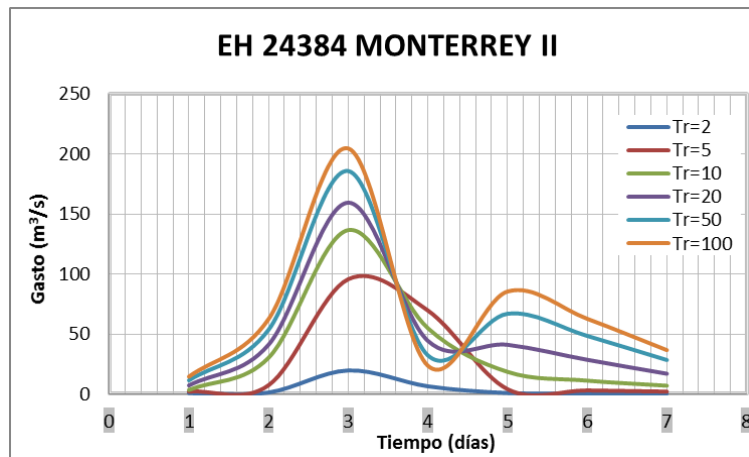


Figura 4.7. Hidrogramas en la E.H. Monterrey II, para diferentes periodos de retorno

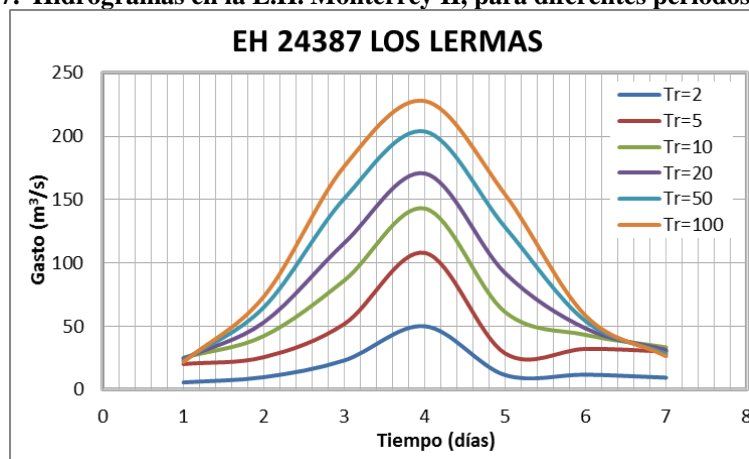


Figura 4.8. Hidrogramas en la E.H. Los Lermas, para diferentes periodos de retorno



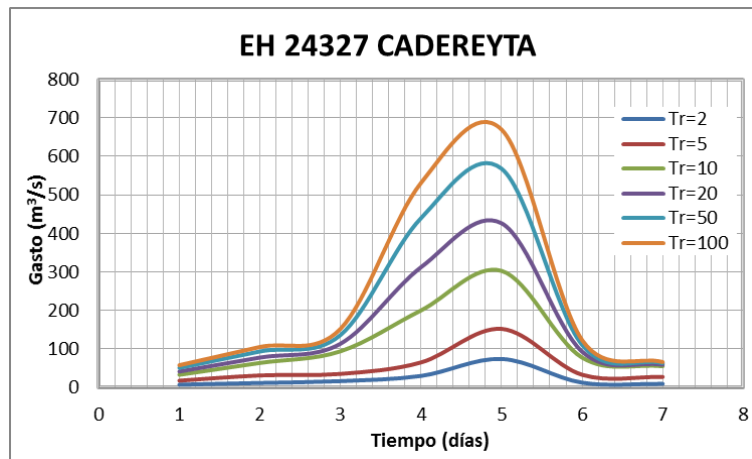


Figura 4.9. Hidrogramas en la E.H. Cadereyta, para diferentes periodos de retorno

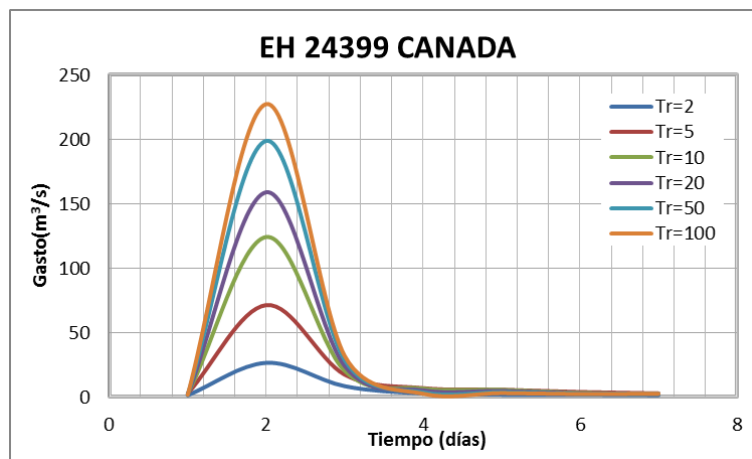
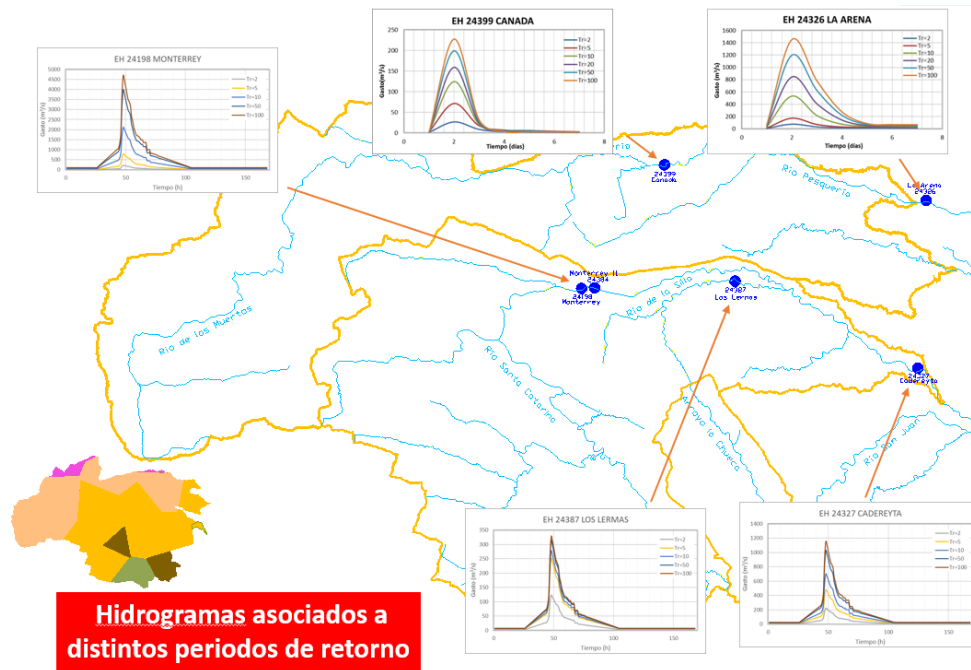


Figura 4.10. Hidrogramas en la E.H. Canadá, para diferentes periodos de retorno

Debido a que los hidrogramas obtenidos por este procediendo fueron menores a los del inciso 4.3.1, no se utilizaron en el estudio de inundaciones, solamente se tomaron como referencia y para comparaciones entre ellos.



**Figura 4.11. Hidrogramas para diferentes periodos de retorno localizados en la cuenca de estudio**

En la Figura 4.11 se muestra los hidrogramas para diferentes periodos de retorno de las diferentes estaciones hidrométricas utilizadas en el análisis.



## 5.5 SIMULTANEIDAD DE EVENTOS HIDROLÓGICOS

La probabilidad de ocurrencia al mismo tiempo de lluvias extraordinarias sobre la totalidad del área de una cuenca grande es mínima; es de esperarse que las mayores lluvias se presenten, en un momento dado, sobre una parte de ella.

### 5.5.1 Factores de simultaneidad entre hietogramas

Para establecer la simultaneidad de las precipitaciones, se utilizaron los valores de lámina de lluvia acumulados de 7, 6, ..., 2 y 1 día máximos de varias estaciones climatológicas.

Se formó un registro virtual de precipitaciones que consiste en la suma de las lluvias de los registros simultáneos de las estaciones climatológicas referidas en la Tabla 3.1; en este caso, para el periodo comprendido del 1° de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2011.

Posteriormente, se empleó la información del registro virtual, obteniéndose las láminas de lluvia promedio máxima de siete días consecutivos de cada año, así como las correspondientes láminas acumuladas de siete días de precipitación. A este conjunto se le ajustaron diferentes funciones de distribución de probabilidad, y la función Doble Gumbel permitió estimar las precipitaciones acumuladas de siete días de lluvia, para los diferentes periodos de retorno.

**Tabla 5.1 Láminas de precipitación acumulada de siete días consecutivos (mm) para diferentes periodos de retorno y factor de simultaneidad (FS)**

Estación	Periodo de retorno (año)						
	2	5	10	50	100	500	1000
19002	14	21.74	42.96	90.28	108.4	149.4	166.9
19004	17.88	32.43	39.13	49.77	53.94	63.42	67.45
19015	26.1	41.6	61.4	98.12	112.3	144.4	158.1
19026	6.52	9.87	18.35	34.67	40.91	55.02	61.02
19061	11.83	28.29	35.56	46.75	51.12	61.05	65.3
19096	13.15	21.57	36.67	66.44	77.86	103.7	114.8
19031	16.47	23.44	37.96	74.32	88.27	119.9	133.4
19069	28.19	41.96	62.4	96.82	110	139.9	152.6
19049	16.14	29.18	32.71	37.23	38.99	43.04	44.8
19056	19.09	28.51	37.36	58.09	66.56	85.83	94.1
19058	12.23	20.54	24.71	31.73	34.49	40.8	43.49
19045	10.03	16.34	25.46	41.8	48.08	62.3	68.34
19119	7.99	13	18.34	27.18	30.59	38.33	41.62
19105	17.46	26.21	28.55	32.87	34.85	40.21	42.84
19148	10.58	15.33	33.74	94.34	117.5	169.9	192.3
19054	7.19	12.49	26.62	46.67	54.33	71.68	79.07
19033	17.2	31.18	59.11	97.59	112.3	145.6	159.8
19140	20.1	31.21	38.22	51.17	56.35	68.17	73.28
Suma	<b>272.2</b>	<b>444.9</b>	<b>659.3</b>	<b>1076</b>	<b>1237</b>	<b>1603</b>	<b>1759</b>
Virtual	<b>209.3</b>	<b>330.5</b>	<b>535.5</b>	<b>991.2</b>	<b>1166</b>	<b>1564</b>	<b>1734</b>
Factor	<b>0.769</b>	<b>0.743</b>	<b>0.812</b>	<b>0.921</b>	<b>0.943</b>	<b>0.976</b>	<b>0.986</b>

La Tabla 5.1 muestra de manera concentrada las láminas de precipitación acumulada de siete días consecutivos de lluvia para diferentes periodos de retorno, de las estaciones seleccionadas para el análisis del área de estudio, además de las correspondientes a la estación virtual. En la misma Tabla 5.1 se aprecia un conjunto de factores de simultaneidad de eventos que corresponden a cada periodo de retorno. En el último renglón aparecen los cocientes de la lámina acumulada ajustada del registro virtual entre la suma de las láminas acumuladas ajustadas de las estaciones climatológicas, valores que corresponden a los factores de simultaneidad entre láminas de lluvia.

En la Tabla 5.2 se consignan los factores utilizados para obtener las láminas de los hietogramas para eventos asociados a distintos periodos de retorno simultáneos en la cuenca de interés.

**Tabla 5.2 Factores de simultaneidad entre hietogramas**

Periodo de Retorno (años)	Factor de simultaneidad
2	0.769
5	0.769
10	0.812
50	0.921
100	0.943
500	0.976
1000	0.986

Las tablas 3.25 a 3.42 son los hietogramas de trenes de lluvia de siete días, para los periodos de retorno requeridos. Estos hietogramas se obtuvieron al multiplicar la lluvia total diaria de 7 días, por su factor de simultaneidad para cada estación bajo análisis. Con este procedimiento se asegura que los eventos representados por la estación virtual no se vean superados, pues se considera que físicamente esta condición es la más desfavorable en la región de estudio.

### 5.5.2 Simultaneidad entre hietogramas e hidrogramas

Para tomar en cuenta la simultaneidad entre los fenómenos extremos de precipitación y los de escurrimiento históricos se llevó a cabo el presente análisis.

Tanto para los hietogramas como para los hidrogramas asociados a distinto periodo de retorno se determinó el tiempo que existe entre los inicios de esta clase de gráficas hidrológicas.

Para el caso de la E.H. 24326, los hidrogramas asociados a eventos extraordinarios se definieron tomando en cuenta la magnitud y variación en el tiempo de los gastos medios diarios ocurridos en el mes septiembre de 1967 (Figura 4.2). Por esta razón, se revisó la simultaneidad de estos escurrimientos respecto a las láminas de precipitación diaria registradas en las E.C. 19054, mismas que se eligieron por localizarse dentro de la cuenca de la E.H. 24326 (Figuras 5.3 y 5.4). Las figura 5.1 y 5.2 es la representación de los escurrimientos y precipitaciones registradas simultáneamente en el año de 1974.

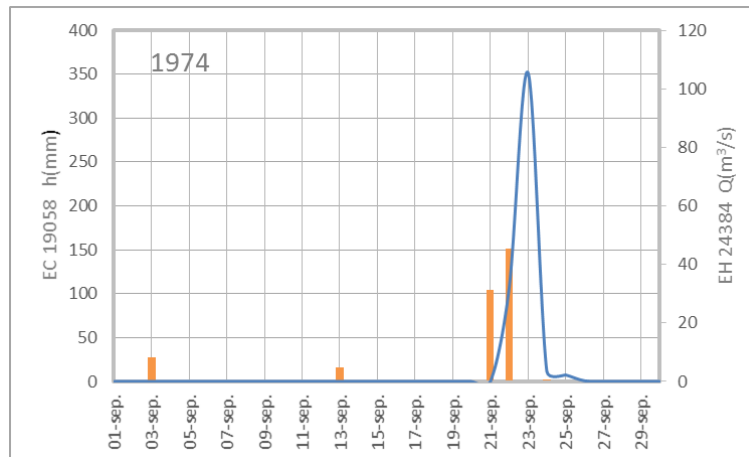


Figura 5.1. Simultaneidad de eventos de precipitación y escurrimiento históricos, para la E.H. 24384, Monterrey II

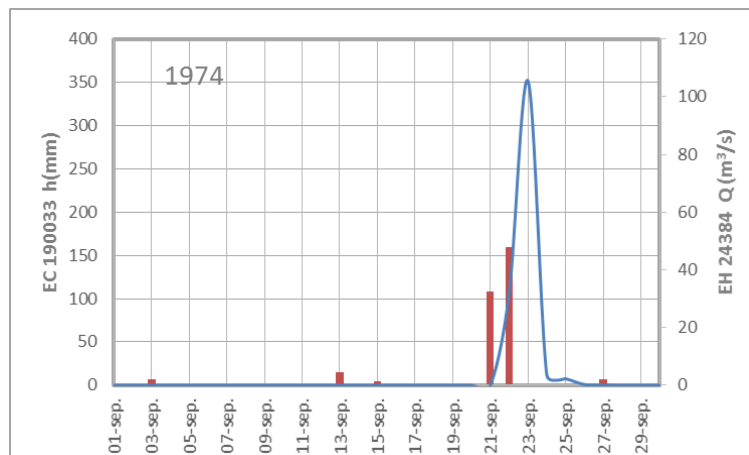
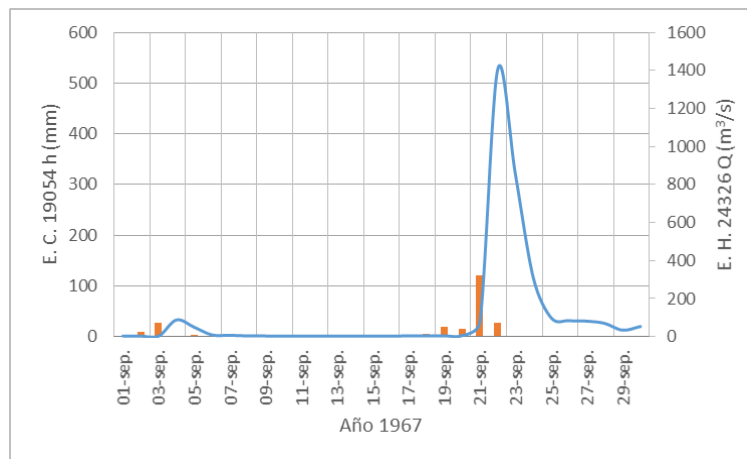


Figura 5.2. Simultaneidad de eventos de precipitación y escurrimiento históricos, para la E.H. 24384, Monterrey II

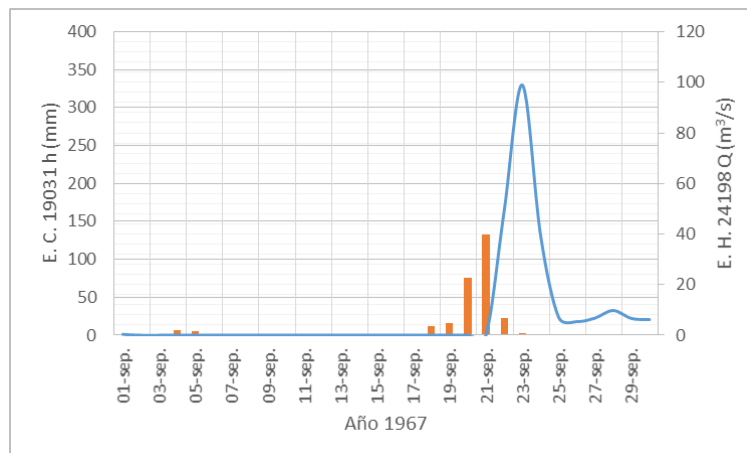
En las Figura 5.1 y 5.2 se muestra la simultaneidad de la estación hidrométrica Monterrey II con las estaciones climatológicas Santa Catarina (19058) y Laguna de Sánchez (19033) respectivamente.

En la figura 5.3 se muestra la simultaneidad del hidrograma de estación hidrométrica La Arena (24326) con el hietograma de la estación climatológica Rinconada (19054)

En la Figura 5.4 se muestra la simultaneidad del hidrograma de la estación Monterrey (24198) con el hietograma de la estación climatológica La Cruz (19031).



**Figura 5.3. Simultaneidad de eventos de precipitación y escurrimiento históricos, para la E.H. 24326, La Arena**



**Figura 5.4. Simultaneidad de eventos de precipitación y escurrimiento históricos, para la E.H. 24198, Monterrey**

---

Con base en los análisis de las figuras 5.19 a 5.22, se consideró existe un desfase de dos días entre las precipitaciones máximas y caudales máximos.

---





---

## 5.6 MODELACIÓN MATEMÁTICA

Para la modelación numérica de la cuenca en estudio se utilizó el modelo matemático de flujo bidimensional para la simulación de flujos en ríos Iber. El modelo Iber se compone de diferentes módulos, en esta ocasión se utiliza únicamente el módulo hidrodinámico. Dicho módulo permite el cálculo de flujo en lámina libre resolviendo las ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones (2D), considerando presión hidrostática y distribución uniforme de la velocidad en la profundidad.

Estas ecuaciones son resueltas en forma integral por el método de los volúmenes finitos, método muy extendido y comúnmente utilizado en la dinámica de fluidos por su eficiencia en la resolución de las leyes de conservación. El modelo emplea un esquema numérico descentrado, explícito tipo Roe con resolución de primer orden y alta resolución sobre mallas estructuradas y no estructuradas formadas por tres y cuatro lados, con tratamiento de frentes de seco-mojado sin pérdidas de masa (Bladé et al. 2014).

En los siguientes apartados se describe el proceso realizado para construir el modelo matemático. Entre ellos el Modelo digital del Terreno (MDT) empleado, condiciones de contorno, generación de malla de cálculo y los datos necesarios para la modelación.

### 5.6.1 Modelo digital del terreno

El MDT utilizado se conformó con datos tipo *LIDAR* (*Laser Imaging Detection and Ranging*) de dos fuentes distintas y un levantamiento topográfico (figura 6.1). El levantamiento topográfico fue proporcionado por la CONAGUA y se compone de puntos 'xyz' del cauce del río Santa Catarina dentro de la zona urbana (figura 6.1). Con respecto a la información tipo LIDAR, la primera, fue proporcionada por la CONAGUA y cubre gran parte de la zona urbana con una resolución de 1x1 m (figura 6.2), mientras que la segunda, con una resolución de 5x5 m fue obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (INEGI 2014), para el resto de la zona de estudio. Finalmente, el procesamiento de la información anterior mediante Sistemas de información Geográfica (SIG) dio como resultado un MDT con resolución de 1x1 m y de 5 x5 m (figura 6.3).

---

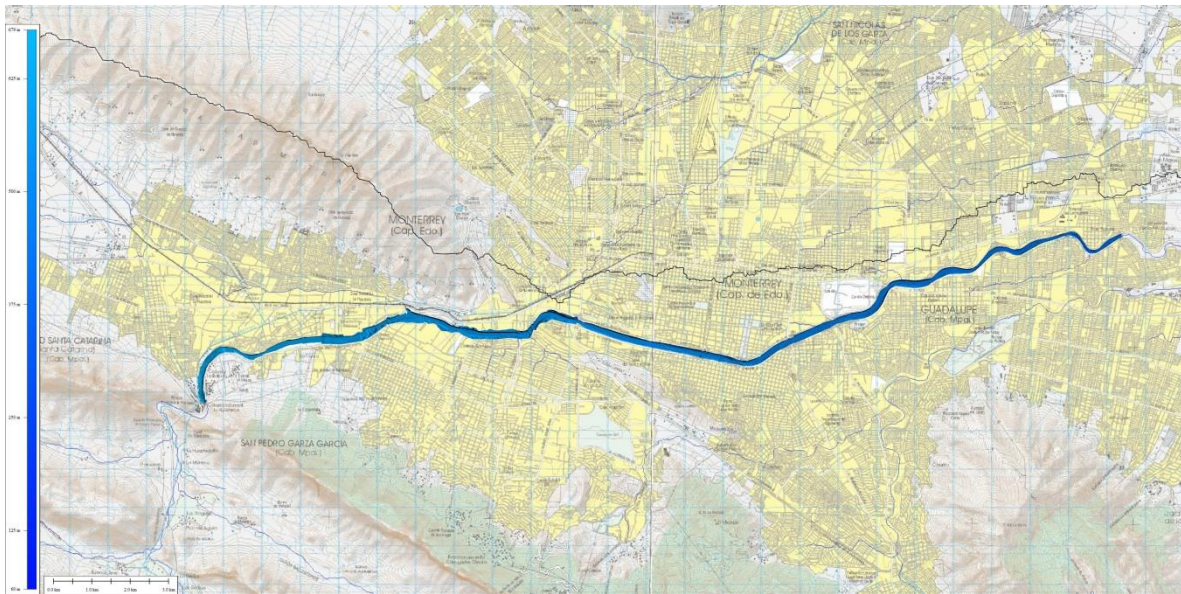


Figura 6.1 MDT del levantamiento topográfico del cauce del río Santa Catarina con una resolución de 5x5 m

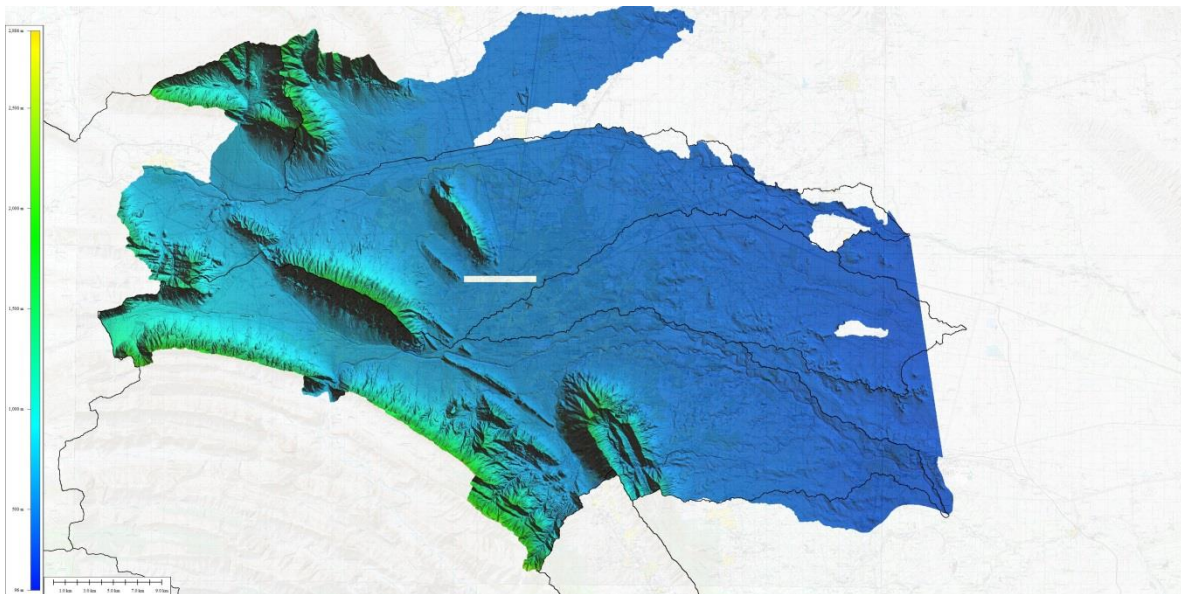
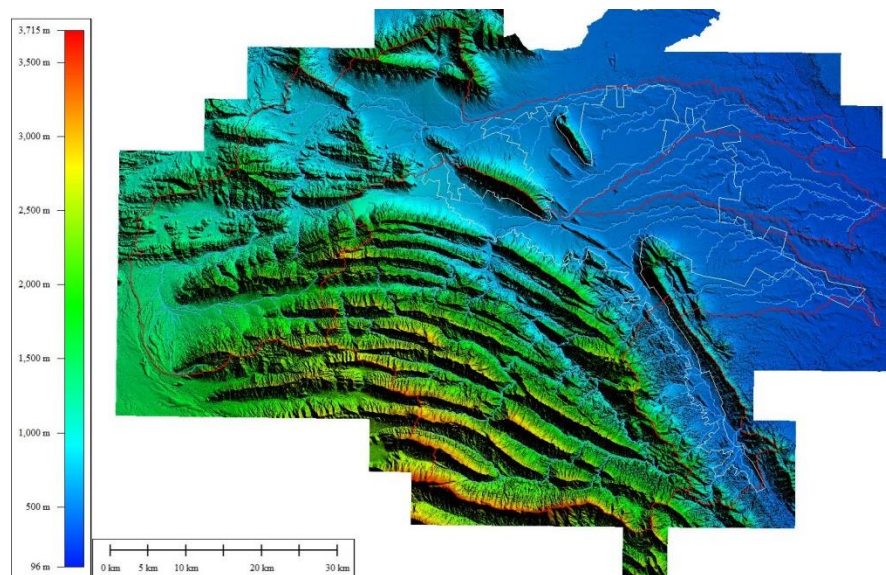


Figura 6.2 MDT de la Zona Metropolitana de Monterrey con resolución de 1x1 m



**Figura 6.3 Modelo Digital del Terreno de la zona de estudio con resolución de 1x1m y 5x5m**

Con la información topográfica anterior, se determinó el parteaguas de la zona de estudio, resultando un área de 3,832 km<sup>2</sup>, conformada por la cuenca de los ríos Pesquería (1,763 km<sup>2</sup>), Santa Catarina (1,802 km<sup>2</sup>) y San Juan (267 km<sup>2</sup>).

Con vistas a tener una mejor representación de los datos del modelo, el dominio de cálculo se dividió en tres zonas distintas, definidas como: cauce, zona urbana y plana y zona de montaña (figuras 6.5 y 6.7).

### **5.6.2 Presa rompepicos Corral de Palmas**

Con el objeto de regular los escurrimientos y evitar daños por inundaciones en el Área Metropolitana de Monterrey se construyó la presa Rompepicos (figura 6.4). A efectos de la modelación numérica, la estructura cuenta con una cortina de concreto tipo gravedad con una altura de 107.4 m, una longitud de 238.2 m y cuya corona se encuentra a la cota 916.40 msnm, un conducto de fondo de 6x6 m a la cota 855 msnm para el desalojo de los volúmenes de avenidas y con un vertedor de excedencias en la margen izquierda a la cota 906.55 msnm con una longitud de 60 m.

El flujo de agua a través del conducto de fondo se modeló como flujo presurizado mediante el método de la ranura de Preissmann, el cual consiste en implementar una ranura hipotética en la clave del conducto, con la finalidad de utilizar las ecuaciones de flujo en lámina libre para modelar flujo en presión.

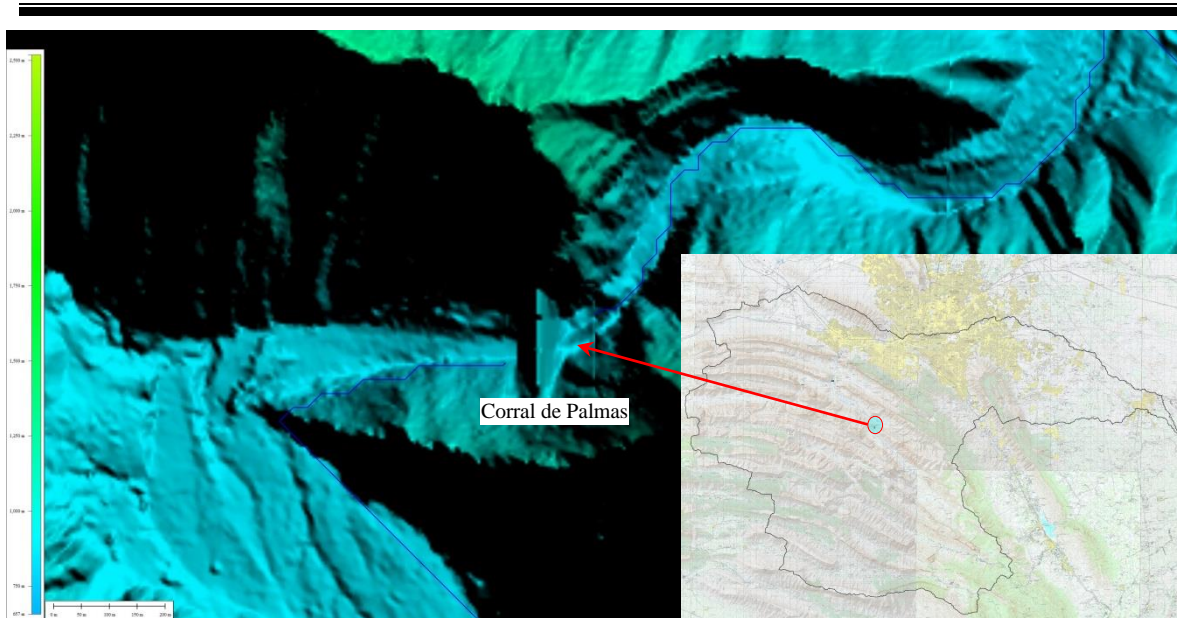


Figura 6.4 Localización y esquema de la presa corral de Palmas

### 5.6.3 Coeficiente de fricción de Manning

Las pérdidas debidas a la fricción, se consideran a través del coeficiente de fricción de Manning, el cual se distribuye de forma espacial según las distintas zonas en que se discretizó el dominio de cálculo (zona urbana y plana y zona de montaña, empleando los valores de 0.04, 0.08 y 0.12 s/m<sup>1/3</sup>, respectivamente (Figura 6.5).

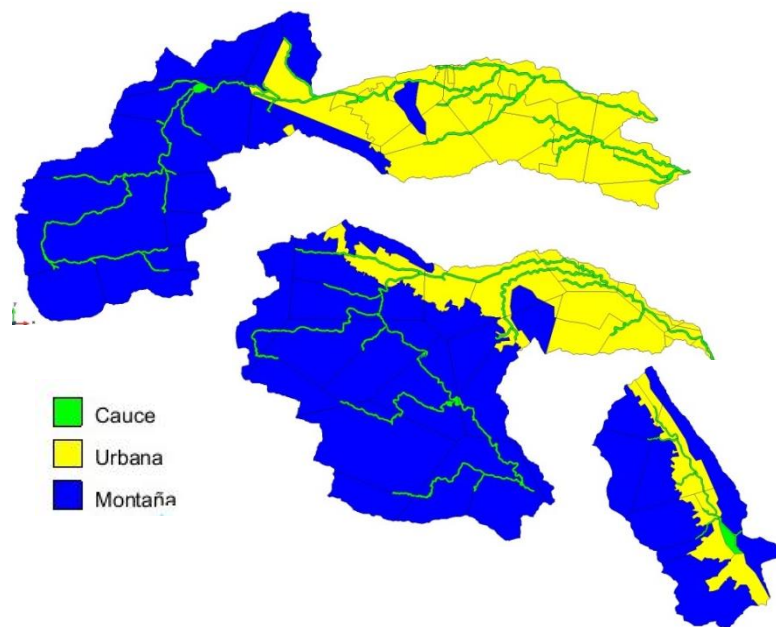


Figura 6.5 Distribución espacial del coeficiente de fricción de Manning

### 5.6.4 Condiciones iniciales y de contorno

Para la solución de cualquier ecuación diferencial y las ecuaciones de Saint Venant en 2D no son la excepción, son indispensables condiciones iniciales y de contorno. De esta forma, se consideró que inicialmente la cuenca se encontraba seca, por lo que como condición inicial se consideraron profundidades y velocidades nulas.

Dado que se modela el proceso lluvia-escurrimiento, no es necesario definir condiciones de contorno aguas arriba, en su lugar, se utilizaron los hietogramas de lluvia asociados a distintos periodos de retorno (apartado 5.3). En cambio, como condición de contorno en la salida de la cuenca, se utilizó una condición tipo vertedor ( $Q=C_dLH^{3/2}$ , con  $C_d=1.6$ ), considerando que el flujo a la salida de la misma es subcrítico.

### 5.6.5 Distribución espacial de la lluvia

Debido a que dentro de la cuenca existen varias estaciones de lluvia, ésta se distribuye temporalmente de forma horaria (apartado 5.3) y espacialmente a través del método de los polígonos de Thiessen (figura 6.6).

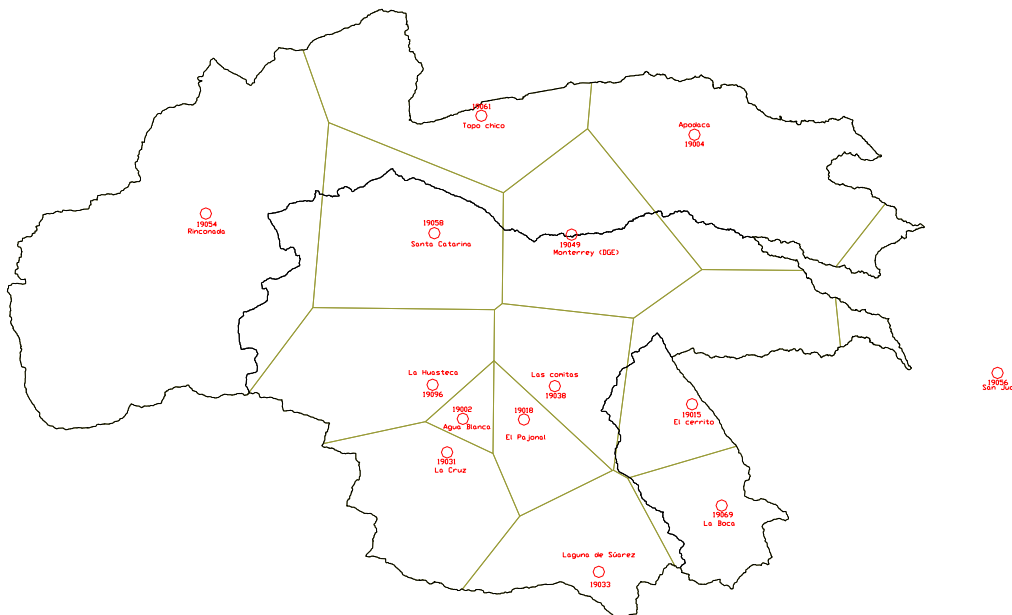


Figura 6.6 Distribución espacial de la lluvia, mediante el método de los polígonos de Thiessen

### 5.6.6 Malla de cálculo

El MDT es una representación del terreno, a través de la elevación en cada celda del mismo. Para la modelación numérica en 2D, emplear una malla de cálculo en la cual cada elemento de la misma sea una celda del MDT, puede ser posible para áreas pequeñas. Para áreas grandes, como la cuenca en estudio, aún no es viable, debido a que es necesario almacenar una cantidad de información importante, además de que el tiempo de cálculo empleado puede ser muy alto, es por ello una necesidad discretizar el MDT en elementos de tamaño constante o variable con áreas mayores a la celda del MDT.

Con tal finalidad, en las diferentes zonas en que se dividió el dominio de estudio (cauce, zona urbana y plana y zona de montaña), se utilizaron distintos tamaños de elementos de la malla de cálculo, siendo estos de 20, 40 y 100 m de lado en promedio, respectivamente (Figura 6.7 y Tabla 8.1). El cambio de tamaños de una zona no es brusco, si no que existe un transición de los mismos. El resultado fue una malla de cálculo de 3'072,458 elementos triangulares, de los cuales 1'515,792 elementos corresponden a la cuenca del río Pesquería, 1'382,020 a la cuenca del río Santa Catarina y 174,646 a la cuenca del río San Juan.

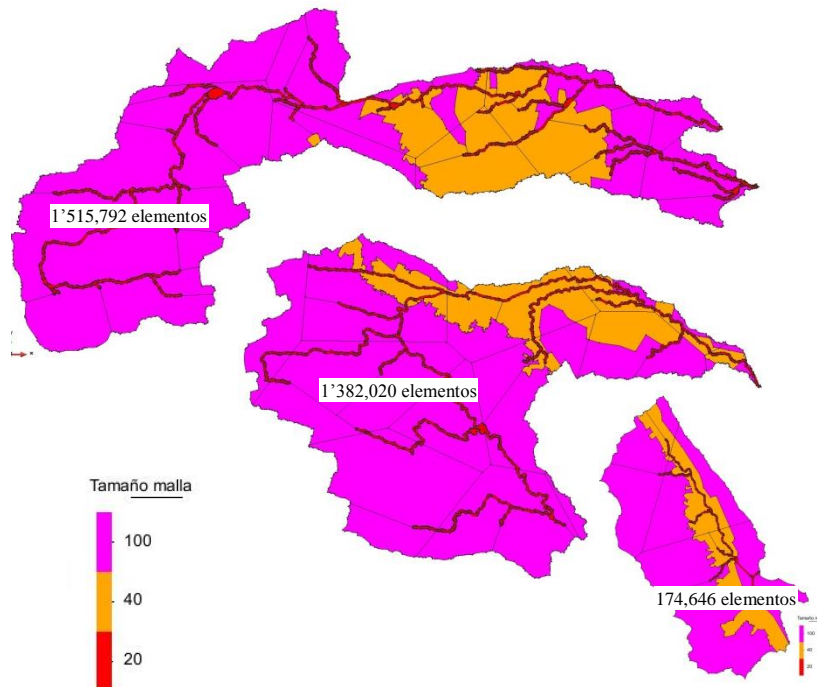


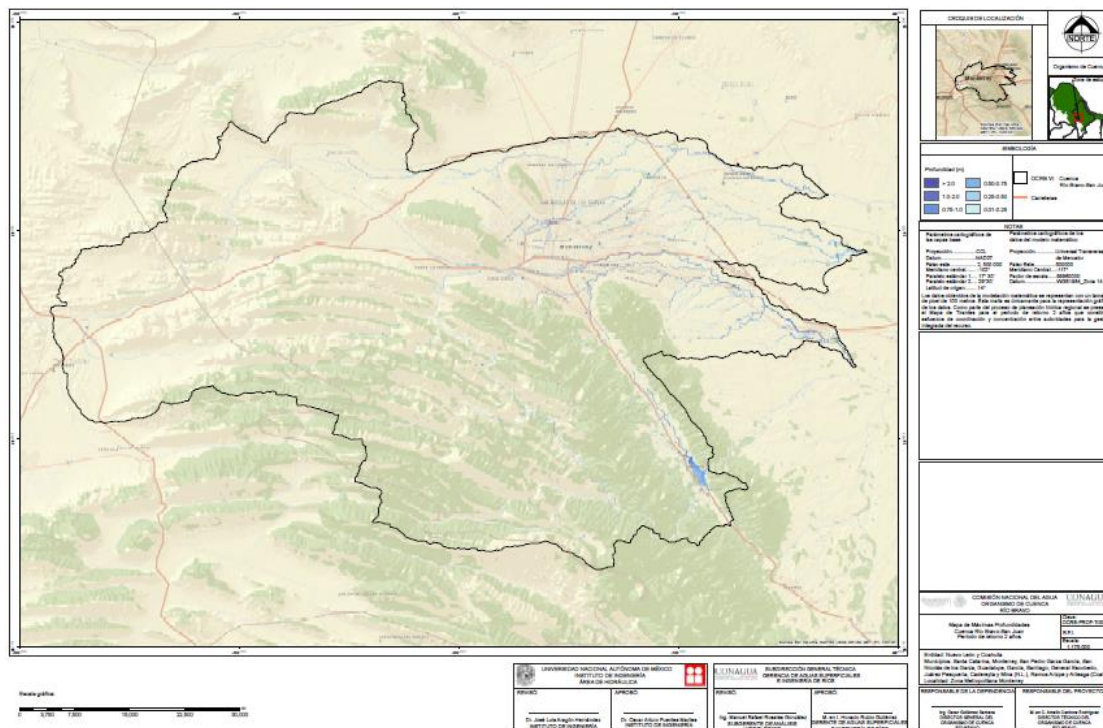
Figura 6.7 Distribución espacial de tamaño de los elementos de la malla de cálculo

**Tabla 6.1 Tamaño de celda para los estudios**

Zona de estudio	Rango de tamaño de celda (m)	
	Mínimo	Máximo
VI Río Bravo: AMM	20	100

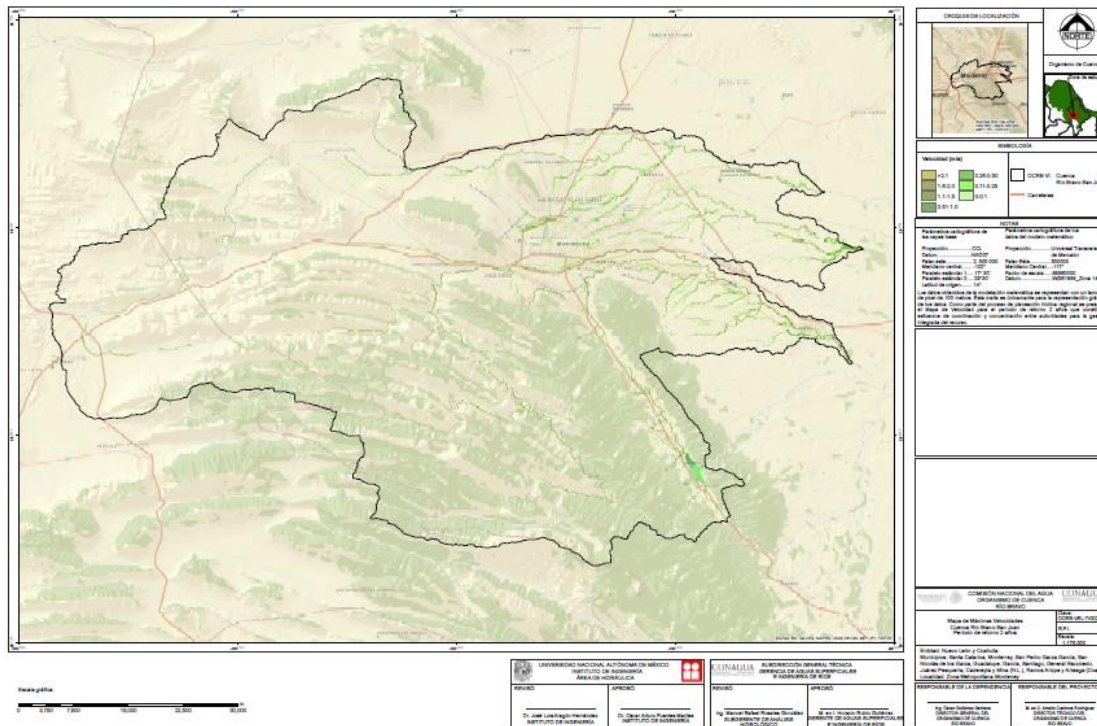
### 5.6.7 Resultados

La modelación numérica realizada en este estudio permitió determinar entre otros, el valor de las variables hidráulicas de profundidad y velocidad en cada elemento de la malla y en cada instante de tiempo de cálculo. El valor máximo de cada una de estas variables, permite determinar mapas de profundidad y de velocidad máximas, conocidas también como envolvente de valores máximos. Los resultados correspondientes para cada uno de los periodos de retorno analizados se presentan en las figuras siguientes:

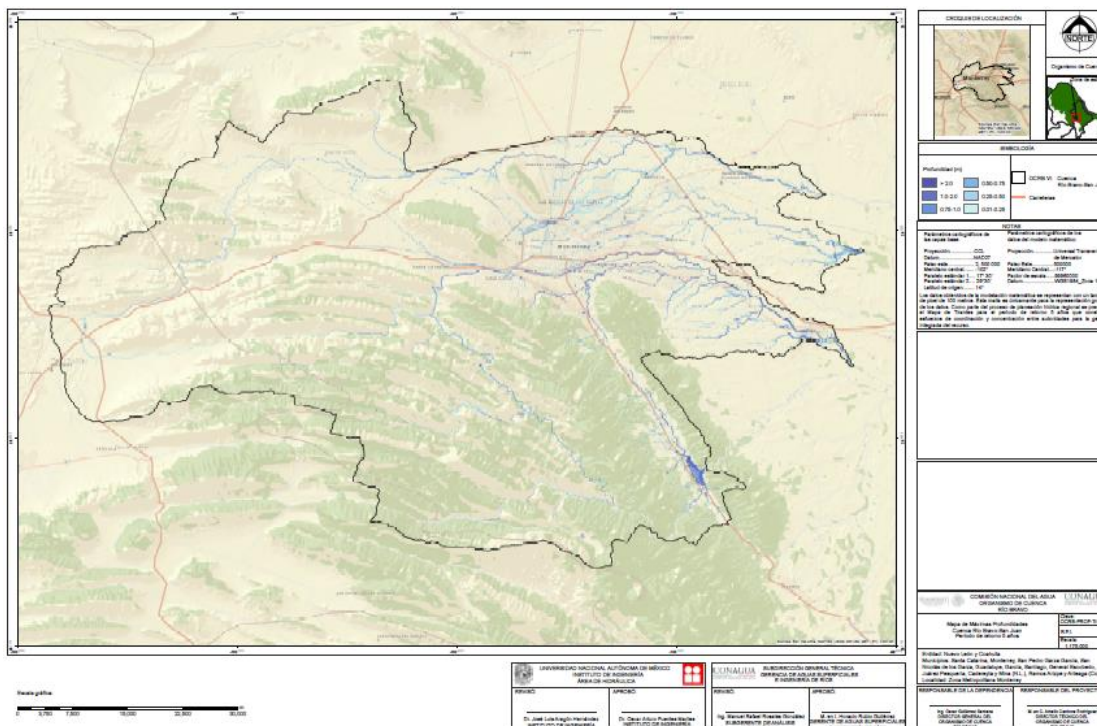


**Figura 6.8 Profundidades máximas para el periodo de retorno de 2 años**

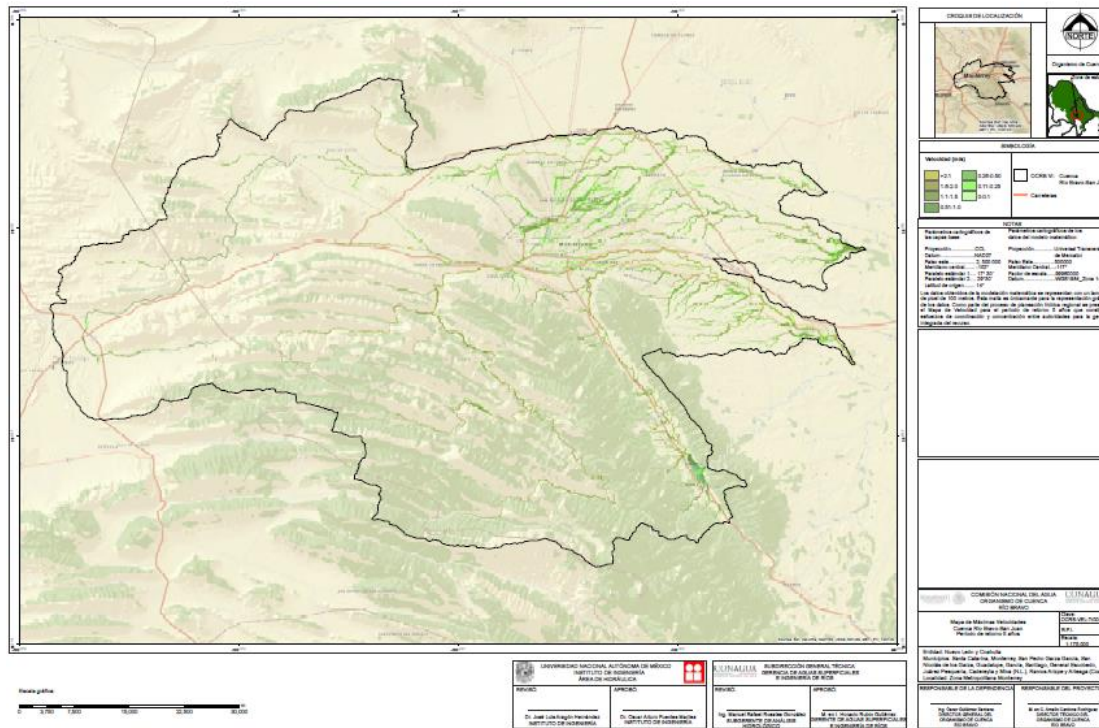




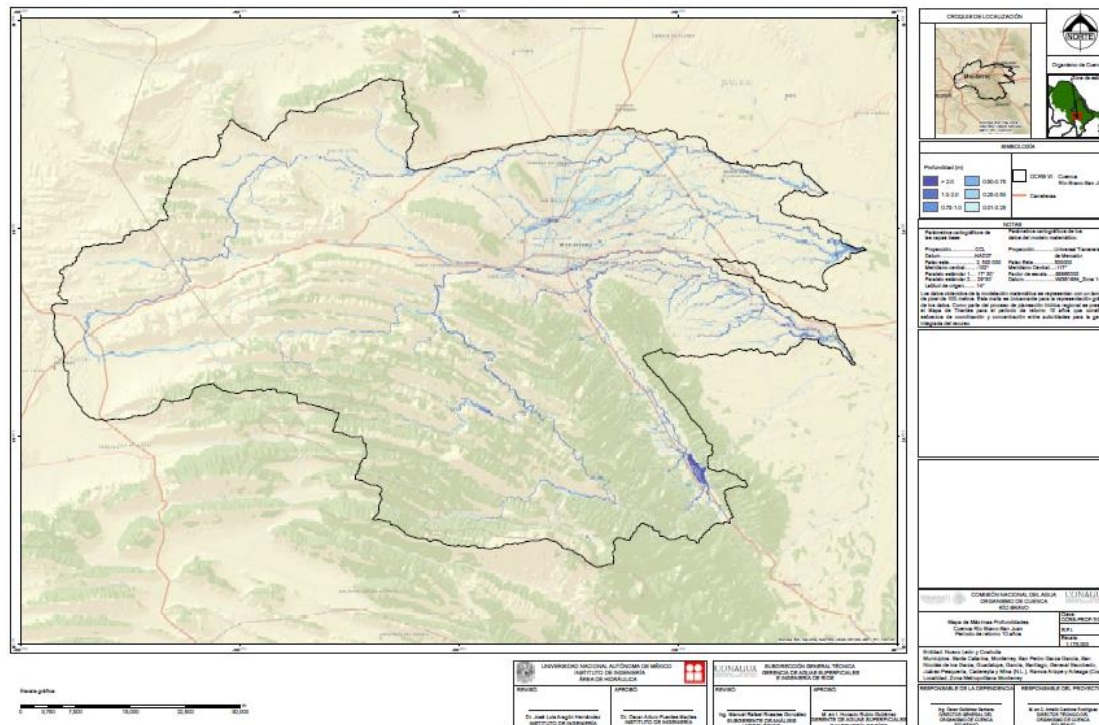
**Figura 6.9 Velocidades máximas para el periodo de retorno de 2 años**



**Figura 6.10 Profundidades máximas para el periodo de retorno de 5 años**



**Figura 6.11 Velocidades máximas para el periodo de retorno de 5 años**



**Figura 6.12 Profundidades máximas para el periodo de retorno de 10 años**



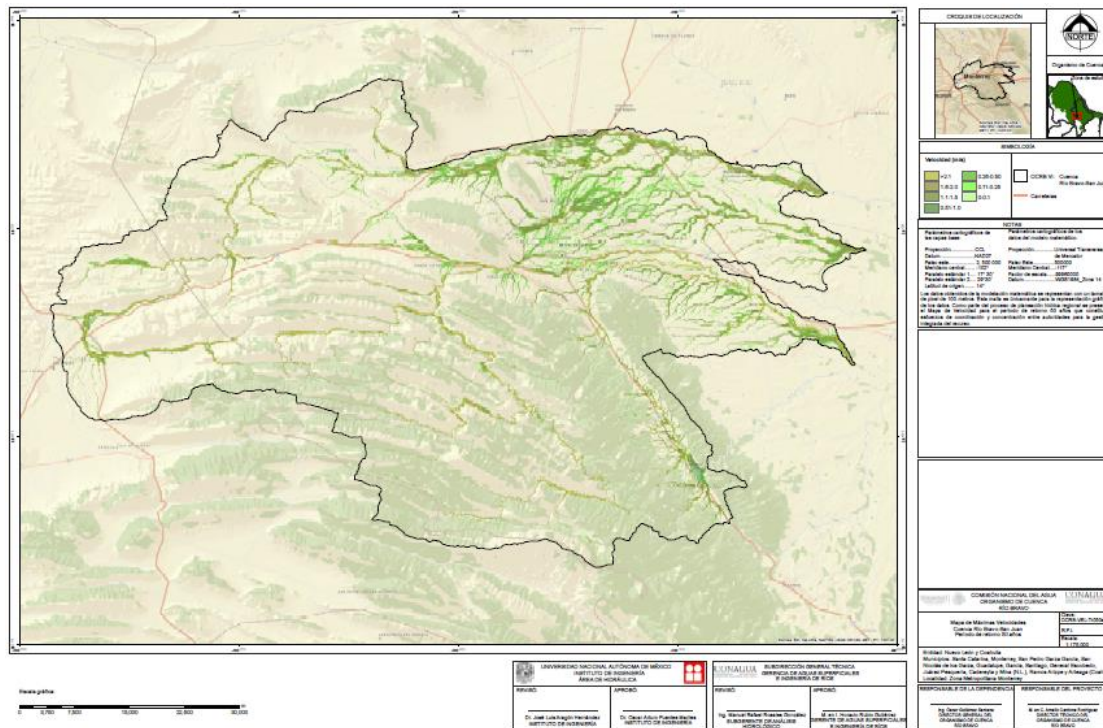


Figura 6.15 Velocidades máximas para el periodo de retorno de 50 años

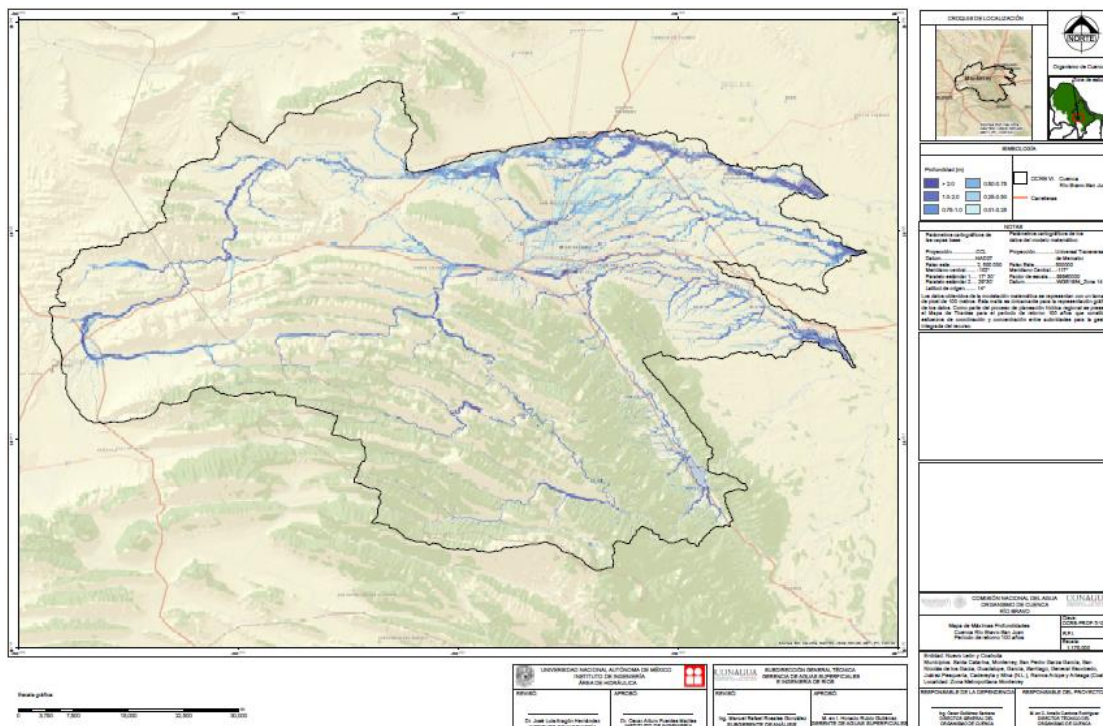


Figura 6.16 Profundidades máximas para el periodo de retorno de 100 años



---

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, O. (2009). Estudio de mercado para un proyecto. Presentado para los estudiantes de arquitectura de la UCA, Nicaragua.
- Baeza, R. C. (2007). “Estimación regional de factores de convectividad para el cálculo de las relaciones intensidad-duración-frecuencia”. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Baró, J. E. (2011) “Costo más probable de daños por inundación en zonas habitacionales de México”.
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., EScolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, M. E., Dolz, J., and Coll, A. (2014). “Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos.” *Revista Internacional de Métodos Numéricos para cálculo y diseño en Ingeniería*, 30(1), 1–10.
- Chen, C. L. (1983). Rainfall intensity-duration-frequency formulas. *Journal of Hydraulic Engineering*, 109(12), 1603-1621.
- Chow, V. T. (1994). “Hidrología aplicada”. McGraw-Hill Interamericana, S.A., Colombia.
- Curso Gestión Integrada de Crecidas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas-Universidad Nacional del Litoral. Centro Regional Litoral-Instituto Nacional del Agua.-Prof. Ing. Carlos U. Paoli, Santa Fe Argentina, 26 al 30 de abril de 2010.
- Dominguez, M. R., et al. Manual del modelo para pronóstico de escurrimiento, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, 2008.
- Fuentes, M. O. A. (2012). “Obtención de hietogramas correspondientes a diferentes periodos de retorno”, XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San José, Costa Rica.
- INEGI. (2014). “Modelos digitales del terreno tipo LIDAR.” *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*, <[www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)> (Feb. 1, 2014).
- INEGI (2013). [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).
- OMM (2009). Gestión integrada de crecidas: Documento Conceptual. OMM-No.1047. Ginebra, Suiza.
- OMM. (2009) Tercera Conferencia Mundial sobre el clima, Ginebra, Suiza, 31 de agosto-4 de septiembre.
-

---

Salas, S. (2011). Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Serie: Atlas Nacional de Riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos.

SRTM (2013). <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>.

---