

DERIVACIÓN DE CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-RECURRENCIA UNIFICADAS PARA LA CIUDAD DE ROSARIO, SANTA FE, ARGENTINA

Pedro A. Basile, Gerardo Riccardi, Erik Zimmermann, Hernán Stenta, Carlos Scuderi,

Juan P. Rentería, Albertina González

Departamento de Hidráulica – Escuela de Ingeniería Civil
Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario – Argentina
Riobamba 245 bis. (2000) Rosario. Argentina
Telefax: 0341-4808541. E-mail: pbasile@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

Las curvas intensidad-duración-recurrencia (IDR) son de gran utilidad práctica para el diseño de obras hidráulicas. Principalmente en lo concerniente al análisis hidrológico orientado a la obtención de la lámina de lluvia máxima, asociada a una determinada duración y una especificada recurrencia, como así también, para la construcción de hietogramas de diseño utilizables en modelos de transformación lluvia-caudal. En el presente trabajo se describe la derivación de las curvas IDR unificadas para la ciudad de Rosario, República Argentina. En primer lugar, se determinaron los valores de lámina-duración-recurrencia (PDR), considerando valores de lámina máxima asociada a duraciones que variaron de 1 a 5 días y recurrencias comprendidas entre 2 y 10000 años. Las láminas de lluvias para dichas duraciones fueron obtenidas a partir de la FDP Gumbel, que mejor representa a la serie de datos pluviométricos máximos anuales de distintas duraciones registrados durante el período 1935-2007 en la Estación Rosario Aero. Por otra parte, las láminas de lluvia para duraciones menores que 24 horas se obtuvieron a partir de las relaciones $r_{D_i,24h}$ entre láminas de duraciones D_i comprendidas entre 5 y 720 minutos y la lámina de 1440 minutos (24 horas). Estas relaciones fueron derivadas a partir de la misma FDP teórica ajustada a la serie de datos pluviográficos 1942-1984 de la misma Estación. La metodología implementada para vincular las curvas, escalando hacia duraciones menores que 24 horas, consistió en multiplicar la precipitación de duración 1 día por la relación $R_{24h,1d}$ que permitió el pasaje de lámina máxima de 1 día (pluviométrica) a lámina máxima de 24 horas (pluviográfica). Posteriormente, multiplicando esta última por las respectivas relaciones entre láminas $r_{D_i,24hs}$, se determinaron las láminas para las diferentes duraciones $D_i \leq 24$ horas y para cada una de las recurrencias adoptadas. Se obtuvieron curvas PDR sin saltos significativos para duraciones comprendidas entre 5 minutos y 5 días. Finalmente, se determinaron las curvas IDR las cuales fueron parametrizadas mediante el ajuste de ecuaciones del tipo Sherman de tres parámetros.

Palabras Clave: Estadística hidrológica, Lluvias de diseño, Curvas IDR, Rosario-Argentina.

INTRODUCCIÓN

Las curvas intensidad-duración-recurrencia (IDR) se emplean en el diseño hidrológico para estimar intensidades medias máximas de lluvia, de determinadas duraciones y recurrencias, como así también, para la construcción de hietogramas de diseño (Orsolini et al., 2008; Caamaño Nelli et al., 1999). Tales herramientas posibilitan especificar los escenarios de entrada a los modelos de transformación lluvia-caudal para la determinación de caudales máximos o hidrogramas de diseño (García et al., 2000).

El presente trabajo se enmarca dentro del Estudio de Re-hidrología de la Cuenca del A° Ludueña (Santa Fe – Argentina). El trabajo tiene como objetivo general actualizar y ampliar los estudios estadísticos de precipitaciones registradas en la Estación Rosario Aero. Por otra parte, se plantea como objetivo específico derivar curvas IDR parametrizadas de aplicación en el área del Gran Rosario.

A partir del presente estudio de precipitaciones se han podido estimar láminas de lluvias máximas, de distintas duraciones y recurrencias, como así también, construir hietogramas de diseño para la alimentación del modelo hidrológico-hidráulico, físicamente basado y espacialmente distribuido, CTSS8 (Riccardi, 2000).

En este contexto, el trabajo aquí expuesto se vincula con otros presentados en este mismo Congreso, en particular; con los trabajos de Zimmermann et al. (2009), en el cual se estudian las condiciones de humedad antecedente para la tormenta de diseño en la zona del Gran Rosario; el de Stenta et al. (2009), donde se presenta la implementación del modelo hidrológico-hidráulico para la definición de obras de saneamiento hídrico integral en la cuenca del arroyo Ludueña y el de Riccardi et al. (2009), en el cual se abordan los aspectos metodológicos relevantes para la definición de las crecidas de diseño en el área del Gran Rosario.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio se utilizó una serie de registros pluviométricos de 73 años (1935-2007) y una serie de registros pluviográficos de 43 años (1942-1984), de la Estación Rosario Aero (SMN), localizada en la provincia de Santa Fe, a una latitud de 32° 55' Sur, una longitud de 60°46' Oeste y una altura de 22,5 m sobre el nivel del mar. La Estación Rosario Aero se encuentra emplazada dentro de la cuenca del A° Ludueña, cuya área es de 700 km² aproximadamente y comprende parte de la ciudad de Rosario y un grupo de 8 poblaciones (Figura 1).

En función de los datos pluviométricos registrados se procedió a realizar la construcción de las muestras de lluvias máximas para distintas duraciones. A partir de los registros pluviométricos de la serie 1935-2007 se seleccionaron lluvias máximas anuales para duraciones de 1, 2, 3, 4 y 5 días. En los estudios precedentes solo se habían considerado duraciones de hasta 3 días, sin embargo, teniendo en cuenta el evento extraordinario de Marzo de 2007 cuya duración alcanzó los 5 días y comprometió los sistemas de evacuación de crecidas del A° Ludueña, generando inundaciones en diversas zonas del Gran Rosario; en el presente estudio se definieron lluvias de larga duración y se incorporaron las duraciones de 4 y 5 días. Por otro lado, a partir de los datos pluviográficos, correspondientes a la serie 1942-1984, se seleccionaron las láminas máximas anuales para las duraciones de 5, 15, 30, 60, 180, 360, 720 y 1440 minutos.

A cada una de las muestras se le ajustaron cinco funciones de distribución de probabilidades teóricas (FDP) o modelos probabilísticos: LogGauss (Galton), Gumbel, GEV (General Extremes Values), Pearson y Exponencial, empleando el programa AFMULTI (Paoli et al., 1994), por otra parte, la probabilidad experimental se especificó mediante la ecuación de Hazen.

La metodología implementada para vincular las curvas desagregando temporalmente hacia duraciones menores que 24 horas, consistió en multiplicar la lámina de duración 1 día (P_{1d}) por la relación $R_{24h,1d,R}$ entre las láminas máximas de igual recurrencia R , P_{24h} y P_{1d} , correspondientes a períodos de 24 horas móviles (datos pluviográficos) y a períodos de 1 día fijos (datos pluviométricos). Es decir, se introdujo en el análisis la diferencia existente entre el día pluviométrico (generalmente con horario de inicio y fin prefijados) y el intervalo móvil de 24 horas que rastrea las láminas máximas de cada tormenta (García et al., 2001).

Sucesivamente, las láminas para las diferentes duraciones menores que 24 horas y para cada una de las recurrencias adoptadas, $P_{Di,R}$, se determinaron multiplicando la lámina de duración 24 horas, obtenida precedentemente, por las respectivas relaciones entre láminas $r_{Di,24h,R}$ calculadas con la FDP teórica seleccionada a partir de las pruebas de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov y χ^2 (Chi-Cuadrado).

Las intensidades medias máximas para cada duración y cada recurrencia se determinaron mediante el cociente entre las respectivas láminas y sus correspondientes duraciones. Luego, las curvas IDR derivadas fueron parametrizadas, para cada recurrencia, mediante el ajuste de ecuaciones del tipo Sherman de tres parámetros:

$$i = \frac{\alpha}{(\beta + D)^\gamma} \quad (1)$$

donde α , β y γ son parámetros, D es la duración expresada en minutos e i es la intensidad expresada en (mm/h). El ajuste de los parámetros se realizó con la función Solver de Excel® minimizando la función objetivo, definida como el error relativo promedio, es decir:

$$ERP = \frac{1}{N_D} \sum_{k=1}^{N_D} \left(\frac{|i_{ECP,k} - i_{FDP,k}|}{i_{FDP,k}} \right) \quad (2)$$

donde N_D es el número total de duraciones consideradas, $i_{ECP,k}$ e $i_{FDP,k}$ son las intensidades medias máximas, para la k -ésima duración de lluvia, calculadas respectivamente con la ecuación parametrizada y con la función de distribución de probabilidades teórica seleccionada.

RESULTADOS

De acuerdo a las pruebas de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov y χ^2 (Chi-Cuadrado) ninguno de los modelos probabilísticos es descartado para los tres niveles de significancia: 5%, 1% y 0.1%. Sin embargo, el modelo que mejor ajusta, considerando los valores del error cuadrático medio de la variable (ECMV) y de la frecuencia (ECMF), para el conjunto de duraciones, es el modelo de valores extremos tipo I (EV I) de Gumbel. Por lo tanto, se adoptó el modelo probabilístico de Gumbel para caracterizar la distribución de probabilidades de las precipitaciones registradas en la Estación Rosario Aero.

El modelo probabilístico de Gumbel muestra un comportamiento robusto y estable, inclusive para recurrencias elevadas. La robustez y la estabilidad indican que el modelo no diverge ni oscila para recurrencias elevadas. El modelo LogGauss (Galton) tiene un comportamiento similar al de Gumbel con valores de ECMV y ECMF ligeramente superiores o iguales en algunos casos. El modelo Exponencial es el que peor ajuste brinda, con valores del ECMV y del ECMF aproximadamente 50 % y 160 % superiores respectivamente al de Gumbel. El modelo GEV, respecto al de Gumbel, es ligeramente divergente y aumenta considerablemente la lámina en su extremo superior cuando la FDP se representa en términos de recurrencias crecientes. El modelo Pearson presenta errores cuadráticos similares al modelo GEV pero su comportamiento es ligeramente inestable para valores crecientes de la recurrencia.

En la Figura 2 se observan los valores de las láminas máximas en función de la recurrencia, para las duraciones de 1, 2, 3, 4 y 5 días, determinadas con el modelo probabilístico de Gumbel y los valores determinados con la ecuación de probabilidad experimental de Hazen. Por otra parte, en la Figura 3 se presentan los valores de las láminas máximas en función de la recurrencia, para las duraciones de 5, 15, 30, 60, 180, 360, 720 y 1440 minutos, determinadas con el modelo probabilístico de Gumbel y los respectivos valores calculados a partir de la probabilidad experimental de Hazen.

La relación $R_{24h,1d,R}$ entre las láminas máximas de igual recurrencia R , P_{24h} y P_{1d} , correspondientes a períodos de 24 horas móviles (datos pluviográficos) y a períodos de 1 día fijos (datos pluviométricos) respectivamente, se calculó como:

$$R_{24h,1d,R} = \left(\frac{P_{24h}}{P_{1d}} \right)_R \quad (3)$$

Tal relación se determinó mediante una regresión lineal entre las láminas máximas P_{24h} y P_{1d} calculadas en con la FDP teórica adoptada para cada una de las recurrencias especificadas. En la Figura 4 se observa dicha relación conjuntamente con la ecuación de la recta de regresión lineal y su coeficiente de determinación $R^2=0,9999$.

Se observa que el valor de $R_{24,1d,R}$ es único ($R_{24,1d,R} = 1,086$), es decir, independiente de las recurrencias especificadas para cada lámina involucrada. Tal valor es similar al valor medio de 1,08 determinado para la región central de Argentina (García et al., 2001) y ligeramente menor que el valor 1,13 calculado por Hershfield (1961).

Las relaciones $r_{D_i,24h}$ entre las láminas máximas de igual recurrencia para duraciones menores o iguales que 24 horas (1440 minutos), calculadas a partir de la FDP teórica adoptada, se expresaron como:

$$r_{D_i,24h,R} = \left(\frac{P_{D_i}}{P_{24h}} \right)_R, \quad D_i \leq 24 \text{ horas} \quad (4)$$

donde P_{D_i} y P_{24h} son las láminas para las duraciones D_i y 24 horas respectivamente asociadas a la recurrencia R . Obviamente, para la duración $D_i=24$ horas se verifica que $r_{D_i,24h,R} = 1$. En la Figura 5 se observa que tales relaciones son variables con la recurrencia, aunque no en forma sustancial, sobre todo para $R < 10$ años y $15 \text{ minutos} < D < 360 \text{ minutos}$.

Las láminas de lluvia para duraciones D_i menores que 24 horas y para cada una de las recurrencias especificadas, se calcularon como:

$$P_{D_i,R} = P_{1d,R} R_{24h,1d,R} r_{D_i,24h,R} \quad , \quad D_i \leq 24 \text{ horas} \quad (5)$$

Es, decir, para escalar hacia duraciones menores que 24 horas los valores de láminas P_{1d} , obtenidas a partir del estudio estadístico de la serie de datos pluviométricos 1935-2007, y poder así vincular las curvas, se asumió que la relación $R_{24h,1d,R}$ no varía con la recurrencia (ver Figura 4) y se supuso la constancia de las relaciones $r_{D_i,24h,R}$ para cualquier longitud de serie.

En la Tabla 1 se presentan los valores de Lámina (P)-Duración (D)-Recurrencia (R) para duraciones que varían entre 5 minutos y 5 días. Similarmente, en la Tabla 2 se presentan las relaciones Intensidad (i) - Duración (D) - Recurrencia (R) unificadas para Rosario (Santa Fe-Argentina) para las mismas duraciones variables entre 5 minutos y 5 días. En las Figuras 6, 7 y 8 se presentan las curvas IDR, segmentadas en duraciones comprendidas entre: $0,083 \text{ hs} \leq D \leq 6 \text{ hs}$, $6 \text{ hs} \leq D \leq 24 \text{ hs}$ y $24 \text{ hs} \leq D \leq 120 \text{ hs}$ respectivamente. Se note que las curvas no presentan discontinuidades acentuadas o saltos significativos.

En la Tabla 3 se presentan las diez ecuaciones de las curvas IDR parametrizadas, es decir, una ecuación para cada valor de la recurrencia. Se observan los valores de los parámetros α , β y γ conjuntamente con el error relativo promedio (ERP) mínimo obtenido a partir del proceso de ajuste. El ajuste alcanzado es muy satisfactorio. Para la mayor parte de las recurrencias el valor del error relativo promedio varía entre 2,6 % y el 4 % aproximadamente, con excepción de la recurrencias de 2 años y 5000 años, para las cuales el mismo varía entorno al 5 %-6 % aproximadamente.

En la Figura 9 se presenta la comparación entre las ecuaciones de las curvas IDR continuas parametrizadas y los valores puntuales determinados con modelo probabilístico (MP) para recurrencias de 2, 10, 50, 500 y 5000 años. Lo mismo se representa en la Figura 10 pero para las recurrencias de 5, 20, 100, 1000 y 10000 años. En dichas Figuras se puede observar el ajuste satisfactorio de las ecuaciones a los valores puntuales del modelo probabilístico.

CONCLUSIONES

Se ha aplicado una metodología clásica para derivar curvas intensidad-duración-recurrencia utilizando en forma conjunta datos pluviométricos y datos pluviográficos, registrados en la Estación Rosario Aero (SMN), Santa Fe, Argentina.

El valor calculado de la relación $R_{24h,1d,R}$ a partir de la FDP teórica adoptada es similar al valor medio calculado para la región central de la República Argentina por García et al. (2001) y ligeramente inferior al valor propuesto por Hershfield (1961).

Las relaciones $r_{D_i,24h,R}$ calculadas a partir de la FDP teórica no presentan una variación sustancial con la recurrencia. Tales relaciones permiten desagregar temporalmente láminas máximas para duraciones $D_i \leq 24 \text{ hs}$ y podrían, en principio, ser utilizadas para tales fines en estaciones pluviométricas de nuestra zona.

Las curvas IDR construidas constituyen una herramienta fundamental para abordar el diseño de obras hidráulicas en la región del Gran Rosario, desde el diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano (conductos pluviales, cordón cuneta, bocas de tormenta, reservorios de detención, etc.) hasta el dimensionamiento de alcantarillas, canales artificiales en sectores rurales y entubamientos de gran diámetro que atraviesan áreas urbanas.

BIBLIOGRAFÍA

- Caamaño Nelli, G. y C. M. García** (1999) “*Relación Intensidad-Duración- Recurrencia de Lluvias Máximas: Enfoque a través del Factor de Frecuencia, Caso Lognormal*”. Revista Ingeniería Hidráulica en México, ISSN 0186-4076, 14(3), 37-44. DF., México.
- García, C.M.; G. Caamaño Nelli y C.M. Dasso** (2001). “*Estimación de laminas máximas de lluvia a partir de información pluviométrica diaria*”. Revista Ingeniería del Agua, ISSN 1134-2196, 8(2), 179-189. Valencia, España.
- García, C.M.; G. Caamaño Nelli y C.M. Dasso** (2000). “*Coherencia entre la lámina y su distribución en la estimación del hietograma puntual de diseño*”. Memorias del XVIII Congreso Nacional del Agua. Santiago del Estero, Argentina, Junio 2000. ISBN 987-99083-4-1 (Libro resúmenes extendidos y CD-ROM).
- Hershfield, D.M.** (1961) “*Rainfall Frequency Atlas of the U.S. for Duration from 30' to 24h and Return Periods from 1-100 years*”. U.S. Weather Bureau. Technical Paper N° 40. Washington, USA.
- Orsolini, H.E.; E. Zimmermann y P.A. Basile** (2008). *Hidrología: Procesos y Métodos*. UNR Editora, Segunda Edición, 414 p., ISBN: 978-950-673-657-6. Rosario, Argentina.
- Paoli, C.; J. Bolzico y P. Cacik** (1994) “*Análisis de Frecuencia de Variables Hidrológicas*”. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Universidad Nacional del Litoral.
- Riccardi, G.** (2000) “*Un Sistema de Simulación Hidrológica-Hidráulica Cuasi-2D Multicapa para Ambientes Rurales y Urbanos*”. Tesis Doctoral, FCEfyn, UNC, Córdoba.
- Riccardi, G.; E. Zimmermann; P.A. Basile; H. Stenta; C. Scuderi; J.P. Rentería y L. Odicini** (2009) “*Aspectos metodológicos para la definición de crecidas de diseño en cuencas de la región del Gran Rosario*”. XXII Congreso Nacional del Agua. Trelew, Chubut, Argentina, Noviembre 2009.
- Stenta, H.; G. Riccardi; R. Navarro; E. Zimmermann; R. Postiglione, P.A. Basile, O. Zucca y S. Zacarias** (2009) “*Aplicación de un modelo matemático distribuido en la cuenca del arroyo Ludueña para diferentes alternativas de obras hidráulicas orientadas al saneamiento hídrico integral*”. XXII Congreso Nacional del Agua, Trelew, Chubut, Argentina, Noviembre 2009.
- Zimmermann, E.; P.A. Basile; C. López; G. Riccardi; H. Stenta; C. Scuderi y J.P. Rentería** (2009) “*Condiciones antecedentes para la tormenta de diseño en el área Gran Rosario*”. XXII Congreso Nacional del Agua. Trelew, Chubut, Argentina, Noviembre 2009.

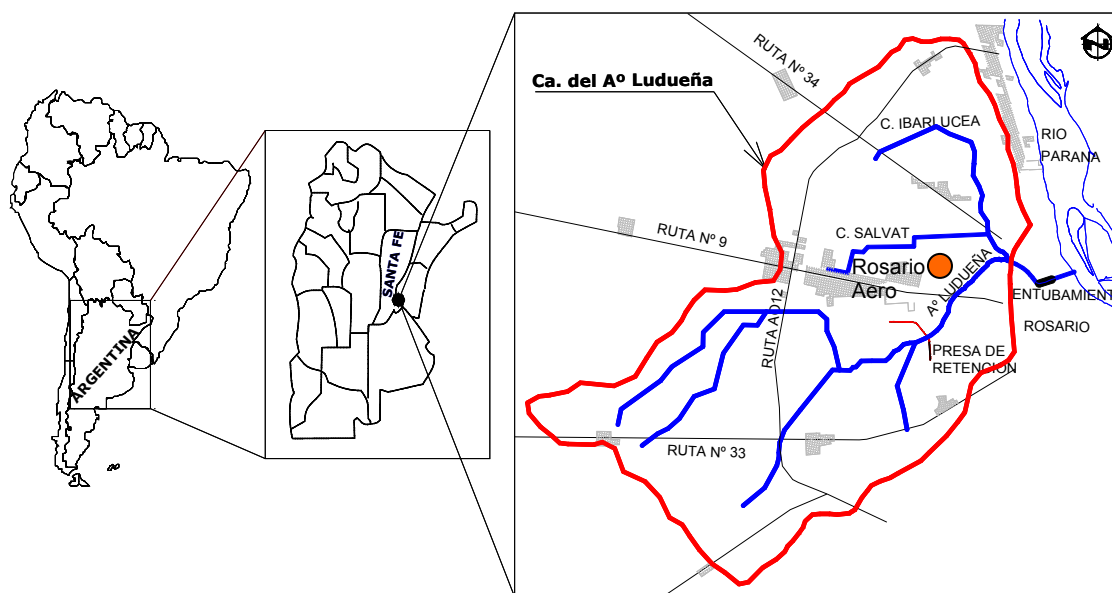


Figura 1. Ubicación de la Estación Rosario Aero (SMN). Cuenca del A° Ludueña, Santa Fe, Argentina.

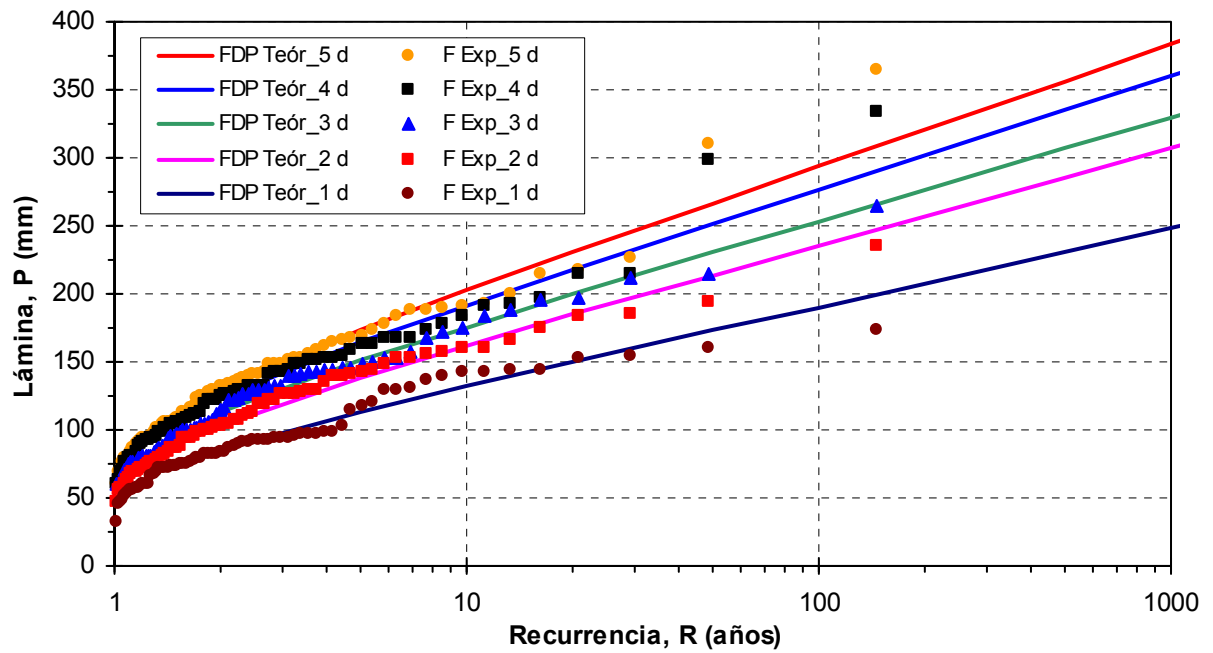


Figura 2. Ajuste del modelo probabilístico de Gumbel (datos pluviométricos serie 1935-2007, Rosario Aero).

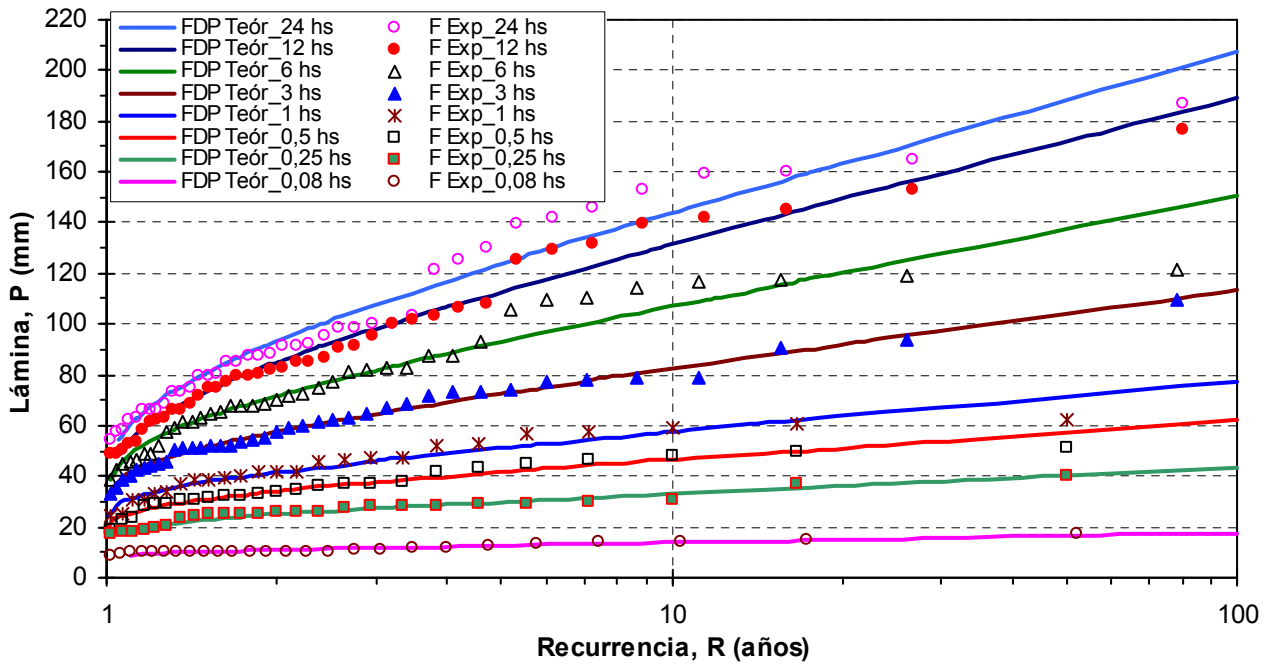


Figura 3. Ajuste del modelo probabilístico de Gumbel (datos pluviográficos serie 1942-1984, Rosario Aero).

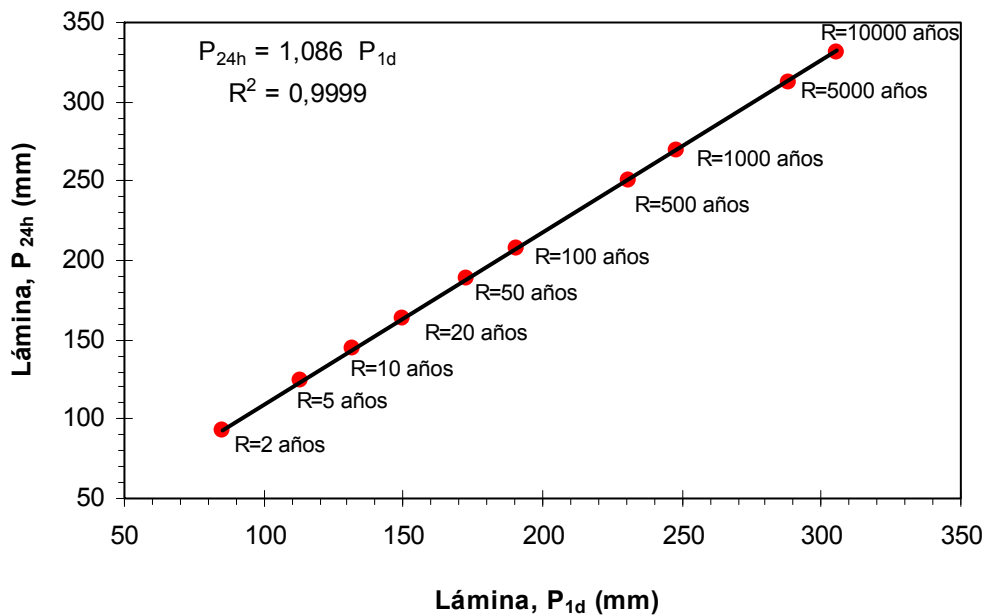


Figura 4. Relación entre lámina máximas pluviográfica (P_{24h}) y lámina máxima pluviométrica (P_{1d}).

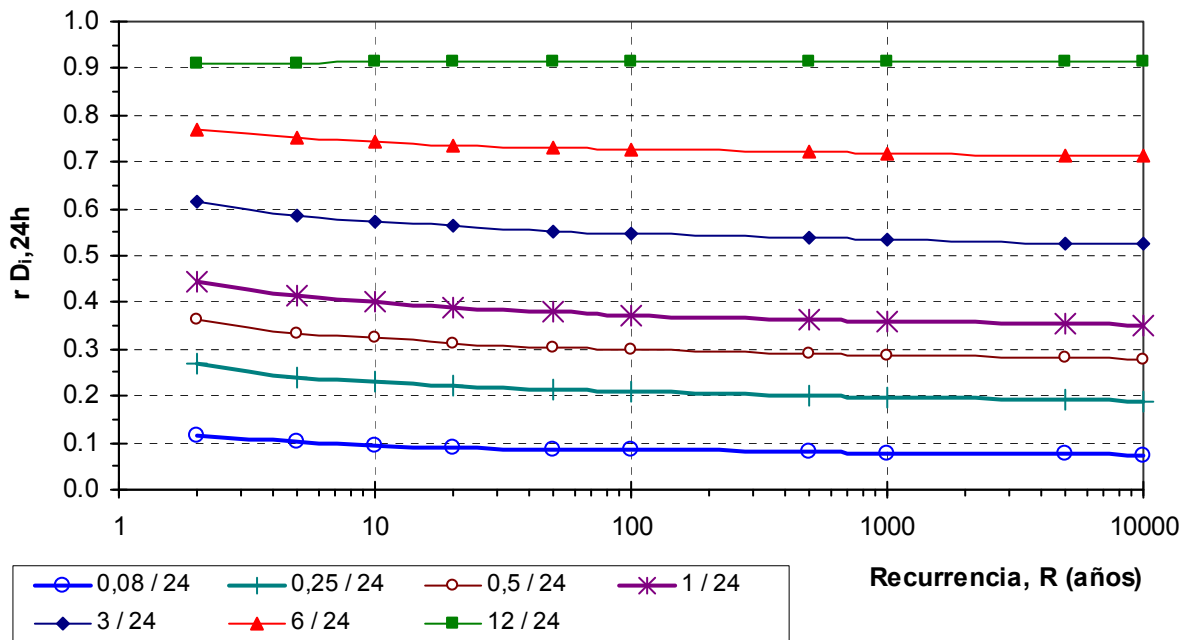


Figura 5. Relaciones entre láminas máximas $r_{Di,24h}$ derivadas a partir del modelo probabilístico (Serie 1942-1984, Rosario Aero).

Tabla 1. Lámina (P)-Duración (D)-Recurrencia (R), Rosario (Santa Fe – Argentina).

R(años) D(horas)	P (mm)									
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
0,083	10,7	12,5	13,7	14,8	16,3	17,4	20,0	21,1	23,6	24,7
0,25	24,8	29,6	32,9	36,0	40,0	43,0	49,9	52,9	59,8	62,7
0,5	33,7	41,2	46,2	51,0	57,1	61,8	72,5	77,1	87,7	92,3
1	41,2	50,7	57,2	63,3	71,3	77,2	91,0	96,9	110,6	116,5
3	57,0	71,9	81,9	91,4	103,7	113,0	134,4	143,6	164,9	174,0
6	71,0	92,1	106,3	119,7	137,2	150,4	180,6	193,6	223,8	236,8
12	83,9	111,8	130,6	148,5	171,6	189,1	229,2	246,5	286,5	303,8
24	92,3	122,7	143,1	162,6	187,8	206,8	250,4	269,2	312,8	331,6
48	104,0	139,0	162,0	185,0	214,0	235,0	286,0	307,0	357,0	379,0
72	113,0	151,0	176,0	200,0	230,0	254,0	307,0	330,0	383,0	406,0
96	123,0	164,0	191,0	217,0	251,0	276,0	335,0	360,0	418,0	443,0
120	130,0	174,0	203,0	231,0	267,0	294,0	357,0	384,0	446,0	473,0

Tabla 2. Intensidad (i)-Duración (D)-Recurrencia (R), Rosario (Santa Fe-Argentina).

R(años) D(horas)	i (mm/h)									
	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
0,083	129,20	150,68	165,18	178,90	196,65	210,07	240,78	253,99	284,57	297,77
0,25	99,14	118,46	131,50	143,84	159,83	171,91	199,58	211,48	239,05	250,95
0,5	67,41	82,33	92,38	101,92	114,27	123,60	144,98	154,18	175,49	184,69
1	41,17	50,75	57,20	63,32	71,26	77,25	90,98	96,90	110,59	116,50
3	19,00	23,96	27,30	30,47	34,58	37,68	44,79	47,86	54,95	58,01
6	11,84	15,35	17,71	19,96	22,87	25,06	30,10	32,27	37,29	39,46
12	6,99	9,32	10,88	12,37	14,30	15,76	19,10	20,54	23,88	25,31
24	3,85	5,11	5,96	6,77	7,82	8,62	10,43	11,22	13,03	13,81
48	2,17	2,90	3,38	3,85	4,46	4,90	5,96	6,40	7,44	7,90
72	1,57	2,10	2,44	2,78	3,19	3,53	4,26	4,58	5,32	5,64
96	1,28	1,71	1,99	2,26	2,61	2,88	3,49	3,75	4,35	4,61
120	1,08	1,45	1,69	1,93	2,23	2,45	2,98	3,20	3,72	3,94

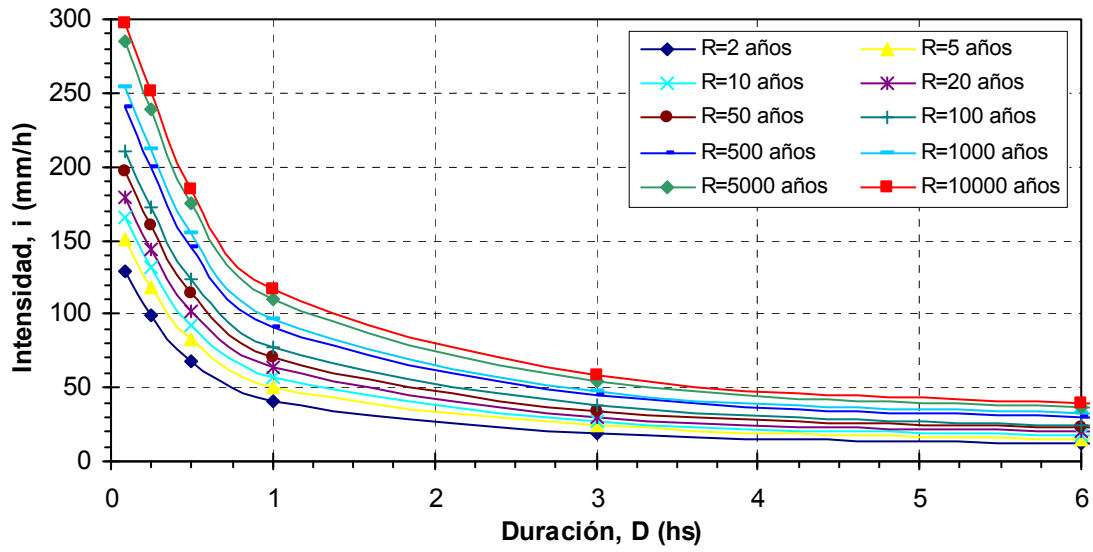


Figura 6. Curvas Intensidad - Duración - Recurrencia, para $0,083 \text{ hs} \leq D \leq 6 \text{ hs}$, Rosario Aero.

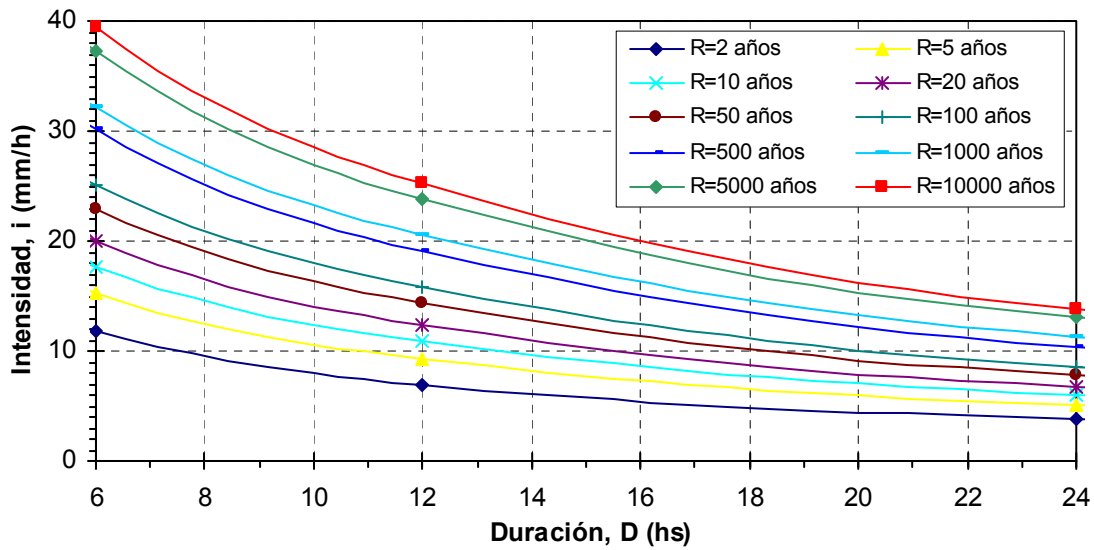


Figura 7. Curvas Intensidad - Duración - Recurrencia, para $6 \text{ hs} \leq D \leq 24 \text{ hs}$, Rosario Aero.

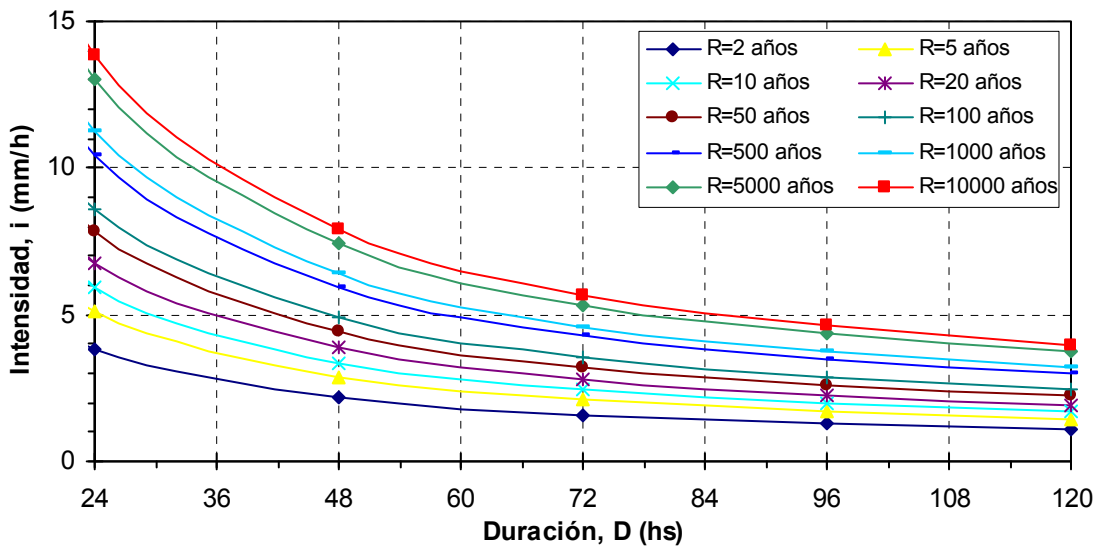


Figura 8. Curvas Intensidad - Duración - Recurrencia, para 24 hs ≤ D ≤ 120 hs, Rosario Aero.

Tabla 3. Ecuaciones de las curvas IDR parametrizadas para Rosario (Santa Fe - Argentina).

$i = \frac{\alpha}{(\beta + D)^\gamma}$ (*)	R (años)	α (-)	β (-)	γ (-)	Rango de D (minutos)	ERP (%)
Ec. (1)	2	2503,797	22,997	0,8896	5 ≤ D ≤ 2880	6,27
Ec. (2)	5	1849,402	17,280	0,8079	5 ≤ D ≤ 7200	2,92
Ec. (3)	10	2049,965	18,197	0,8011	5 ≤ D ≤ 7200	3,01
Ec. (4)	20	2199,949	18,576	0,7941	5 ≤ D ≤ 7200	3,10
Ec. (5)	50	2299,979	18,120	0,7827	5 ≤ D ≤ 7200	3,38
Ec. (6)	100	2400,000	15,004	0,7767	15 ≤ D ≤ 7200	3,00
Ec. (7)	500	2399,942	17,011	0,7534	60 ≤ D ≤ 7200	2,55
Ec. (8)	1000	2399,963	14,860	0,7437	60 ≤ D ≤ 7200	3,92
Ec. (9)	5000	2400,081	9,774	0,7249	60 ≤ D ≤ 7200	5,15
Ec. (10)	10000	2400,095	8,800	0,7174	60 ≤ D ≤ 7200	4,37

(*) i (mm/h), D (min.)

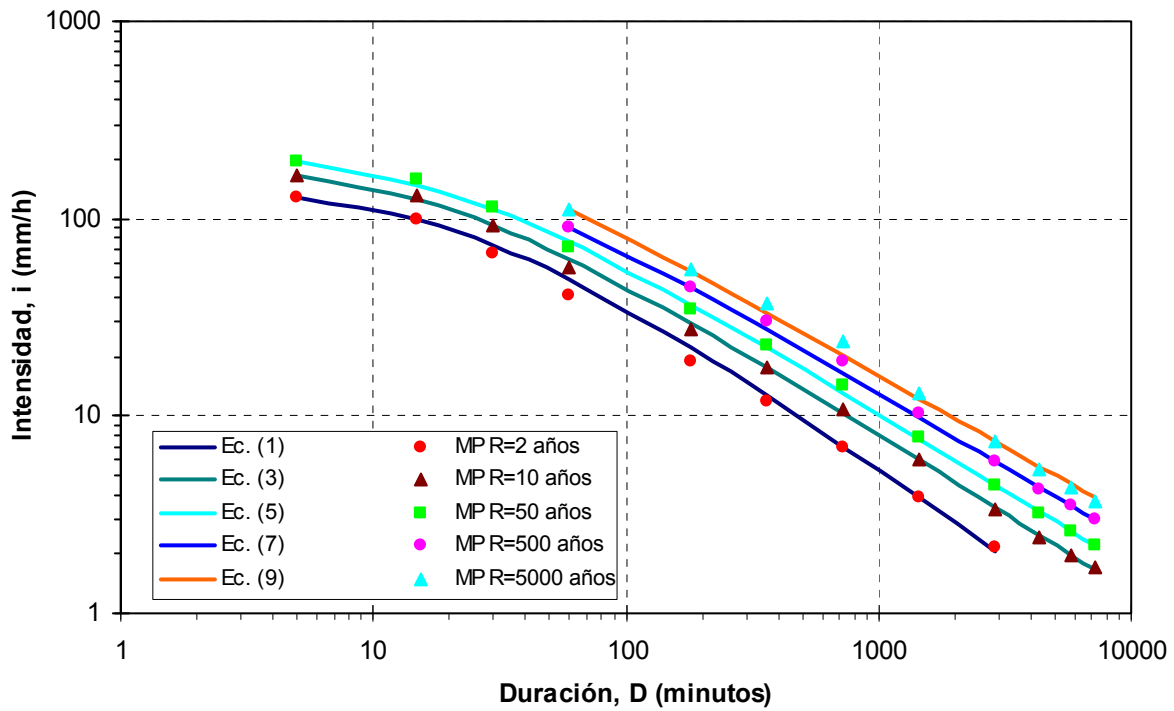


Figura 9. Comparación entre curvas IDR parametrizadas y valores puntuales determinados con modelo probabilístico (MP) para recurrencias de 2, 10, 50, 500 y 5000 años; Rosario Aero.

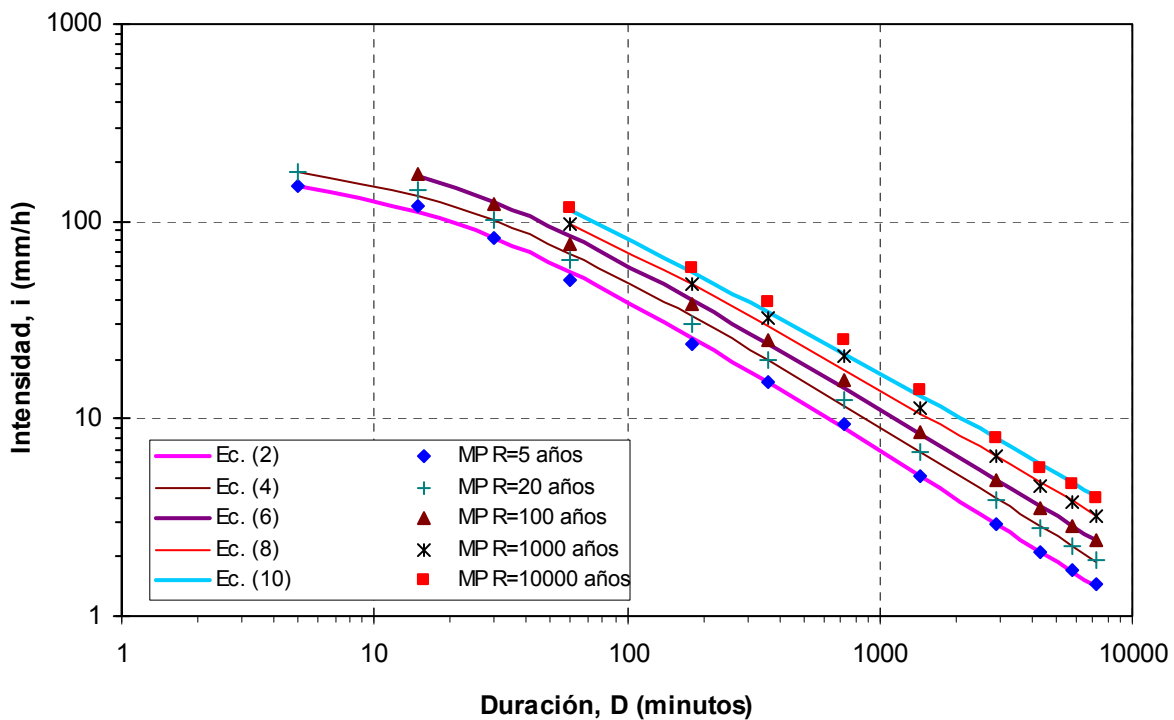


Figura 10. Comparación entre curvas IDR parametrizadas y valores puntuales determinados con modelo probabilístico (MP) para recurrencias de 5, 20, 100, 1000 y 10000 años; Rosario Aero.