

Análisis de Interiores y Exteriores de Tormenta para la Provincia de Entre Ríos

Eduardo Zamanillo, Gustavo Larenze, Martín Pérez, María Garat
Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada
Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional
Salta 277 (E3200EKE) Concordia, Entre Ríos, Argentina
Teléfono / Fax: 0054 0345 421 4590 – Correo electrónico: gihha@frcon.utn.edu.ar

Resumen - Se presentan los principales resultados de la actualización de las relaciones intensidad-duración-recurrencia para la Provincia de Entre Ríos. Se analizan los patrones de distribución temporal de las tormentas intensas. Se identifican los criterios adoptados para la separación y selección de tormentas. Se presentan los hietogramas de diseño correspondientes a la metodología de Pilgrim, Cordery y French. Se describen los criterios generales de regionalización de las relaciones intensidad-duración-recurrencia en sitios que carecen de información pluviográfica, basada en un procedimiento de desagregación temporal de la precipitación máxima diaria regionalizada.

Palabras Claves: Hietogramas de Diseño, Relaciones I-D-T, Interiores y Exteriores de Tormenta

Analysis of Storms Interiors and Exteriors for Entre Ríos Province

Abstract – The main results of the update of the intensity-duration-return period relationships for the Entre Ríos Province are presented. The temporal distribution patterns of the intense storms are analyzed. The criteria for the separation and selection of storms are identified. The design hyetographs corresponding to the methodology of Pilgrim, Cordery and French are presented. The general criteria of regionalization of the intensity-duration-return period relationships in zones with no existing rainfall records are described, on the basis of a temporal disaggregation procedure of the regionalized daily maximum rainfall.

Keywords: Design hyetographs, I-D-T Relationships, Storms Interiors and Exteriors

INTRODUCCIÓN

La caracterización de las tormentas intensas resulta de fundamental importancia para el diseño hidrológico, debido a la escasez generalizada de registros de caudal en nuestro territorio, debiéndose recurrir a diferentes modelos de transformación lluvia-caudal para efectuar el proyecto y dimensionamiento de obras hidráulicas, tales como canales, sistemas de alcantarillado pluvial urbano y rural, entre otros.

La tormenta de diseño constituye el evento crítico que se utiliza como dato de entrada de cualquiera de los modelos de transformación lluvia-caudal. Para su determinación es necesario definir la lámina máxima precipitada, su intensidad y duración para diferentes probabilidades de excedencia, factores que determinan el exterior de tormenta, y representar los interiores de tormenta a través de hietogramas de diseño.

Este trabajo presenta los resultados del análisis de las tormentas históricas registradas en la Provincia de Entre Ríos, desarrollado en el marco del trabajo de Regionalización de Precipitaciones Máximas para la Provincia de Entre Ríos, el cual incluyó entre sus objetivos la actualización de las relaciones Intensidad-Duración-Recurrencia (I-D-T), así como la definición de los patrones de distribución temporal de las tormentas intensas y la generación de una metodología para la generación de relaciones I-D-T en sitios que carecen de registros pluviométricos y pluviográficos.

DESARROLLO

A continuación se analizan algunos aspectos teóricos relacionados a la definición de los exteriores e interiores de tormenta y se presentan los principales resultados obtenidos a partir del análisis de la información histórica registrada en los pluviógrafos de la Provincia de Entre Ríos.

Relaciones I-D-T

Para proyectos de obras hidráulicas, tales como sistemas de drenaje rural o urbano, alcantarillas, desagües pluviales, vertederos de represas, etc., es necesario conocer los tres parámetros que caracterizan las precipitaciones máximas: intensidad, duración y recurrencia.

Las relaciones intensidad-duración-recurrencia (I-D-T) permiten determinar la intensidad media de lluvia i (mm/h) para una duración d (minutos) igual al tiempo en que la totalidad de la cuenca de aporte se encuentra solicitando a la obra con el caudal de diseño, y para una recurrencia T (años) acorde al riesgo asociado a la falla.

La intensidad media de lluvia disminuye a medida que se incrementa la duración de la tormenta. A su vez, para una duración de tormenta determinada, cuanto mayor sea la recurrencia o tiempo de ocurrencia T de la tormenta, mayor será su intensidad, según se esquematiza en la Fig. 1, para recurrencias TA , TB y TC .

Diversas fórmulas han sido propuestas por la bibliografía internacional para caracterizar dicha relación. Entre ellas pueden mencionarse (García, 2000):

$$i = \frac{k \cdot T}{d + c} \quad \text{Meyer, 1917} \quad (1)$$

$$i = \frac{k \cdot T}{(d + c)^n} \quad \text{Wiesner, 1970} \quad (2)$$

$$i = \frac{k}{(d+c) \cdot (P+g)} \quad \text{Grisolet, 1948} \quad (3)$$

$$i = \frac{k \cdot \log T}{(d+c)^n} \quad \text{Németh, 1963} \quad (4)$$

$$i = \frac{k \cdot T^m}{d^n} \quad \text{Bernard, 1932} \quad (5)$$

La que se utiliza con mayor frecuencia es la expresión de cuatro parámetros determinada por:

$$i = \frac{k \cdot T^m}{(d + c)^n} \quad \text{Sherman, 1931} \quad (6)$$

siendo i la intensidad de precipitación en mm/h, T el período de retorno en años, d la duración de la precipitación en minutos y k , m , n y c parámetros que se determinan en base a un análisis de regresión lineal múltiple.

Según se indica en la Fig. 2, en la Provincia de Entre Ríos existen solamente tres estaciones pluviográficas, localizadas en Concordia, Concepción del Uruguay y Paraná que cuentan con registros de longitud suficiente para caracterizar la variación de las relaciones intensidad-duración-recurrencia.

Se obtuvieron los registros provenientes de las Estaciones Experimentales del INTA en Concordia, Paraná y Concepción del Uruguay, y de las del Servicio Meteorológico Nacional correspondientes a los Aeropuertos Concordia y Paraná, cuyos registros de información obtenida y procesada se indican en la Tabla 1.

Los registros pluviográficos consisten en fajas de papel, para cuyo tratamiento se diseñó un procedimiento de digitalización, que incluyó el escaneo de las fajas, su adaptación a una plantilla de AutoCAD Map, y la transformación del registro pluviográfico en una serie de puntos, uno por cada cambio de pendiente, que identifican modificaciones en la intensidad de lluvia.

Una vez definidos los intervalos de máxima intensidad anual, comprendidos entre 5 minutos y 24 horas,

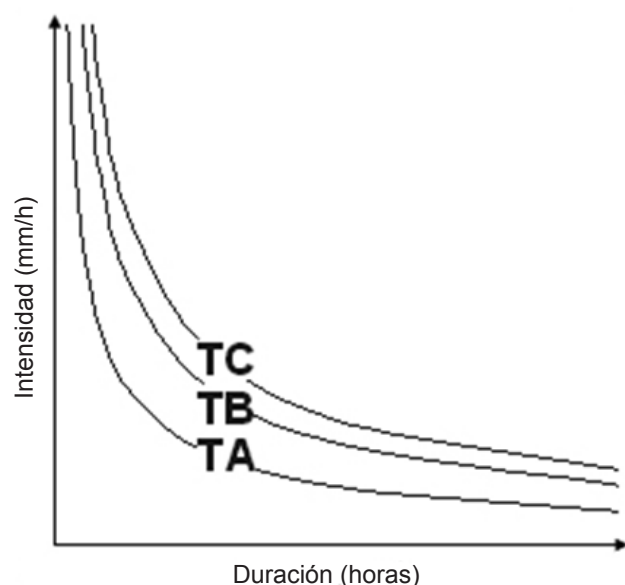


Fig. 1: Relaciones intensidad-duración-recurrencia

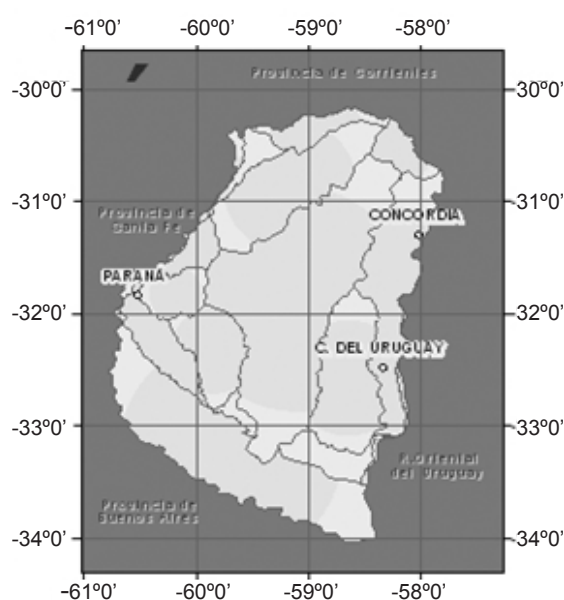


Fig. 2: Estaciones pluviográficas y división en subcuencas hidrográficas

Estación	Registro	INTA	S.M.N.
Concordia	1961 - 2004	1992 - 2004	1961 - 2004
Paraná	1963 - 2005	1963 - 1998	1999 - 2005
Concepción del Uruguay	1980 - 2005	1980 - 2005	-

Tabla 1 - Longitud de registro de la información pluviográfica (Años)

se procedió al análisis de los registros de cada estación, utilizando un software de procesamiento específico (Pérez et al., 2008), que interpreta los datos digitalizados y transforma las variaciones de X en periodos de tiempo y las variaciones de Y en lluvia caída.

El análisis estadístico de las alturas máximas de precipitación se efectuó ajustando los valores observados a diferentes distribuciones teóricas de probabilidad (Paoli et al., 1996), adoptándose la Ley Gumbel para estimar las intensidades máximas correspondientes a distintas probabilidades de excedencia. Para cada período de retorno se determinaron las intensidades correspondientes a las láminas máximas estimadas y se obtuvieron las relaciones I-D-T para los pluviógrafos provinciales a partir del ajuste de dichas intensidades a una expresión Sherman de cuatro parámetros, definida según (6).

Como resultado del procesamiento y análisis de la información pluviográfica se actualizaron las ecuaciones I-D-T para los pluviógrafos provinciales, las cuales responden a las ecuaciones 7 a 9 (Zamanillo et al., 2008).

Concordia:
$$i = \frac{652,4 \cdot T^{0,26}}{(d + 5)^{0,71}} \quad (7)$$

Concepción del Uruguay:
$$i = \frac{1086,9 \cdot T^{0,19}}{(d + 9)^{0,78}} \quad (8)$$

Paraná:
$$i = \frac{601 \cdot T^{0,23}}{(d + 6)^{0,69}} \quad (9)$$

La Fig. 3 representa gráficamente la relación I-DT para la localidad de Concordia.

CONCORDIA (1961 - 2004)
CURVA INTENSIDAD - DURACIÓN - RECURRENCIA

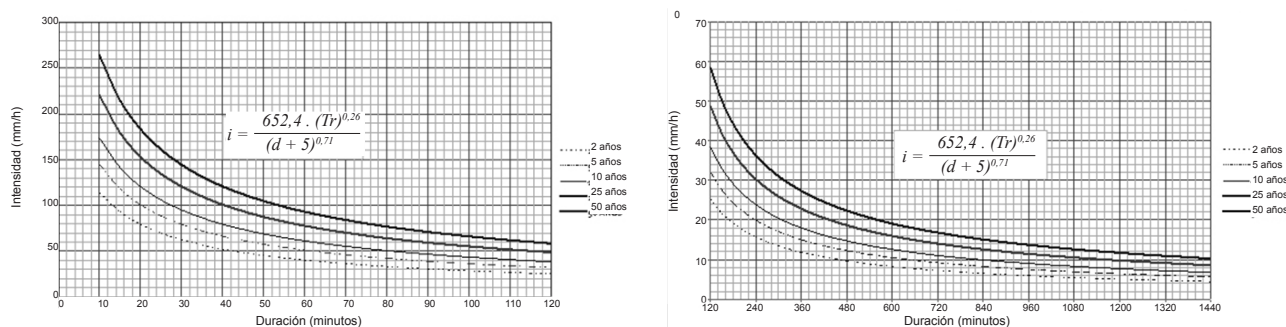


Fig. 3: Relaciones intensidad-duración-recurrencia Concordia (1961-2004)

Análisis de interiores de tormenta

Los hietogramas de diseño se determinaron utilizando el Método de Pilgrim, Cordery y French, estándar de diseño hidrológico en Australia (Pilgrim et al., 1977), a partir de la información pluviográfica digitalizada y procesada que refleja la distribución temporal real de las tormentas registradas.

Esta metodología se basa en la determinación del porcentaje de lámina precipitada correspondiente a cada intervalo de tiempo en que se dividen las tormentas. En función de estos porcentajes se realiza un ordenamiento de los intervalos, asignándole el valor 1 al aquel en el cual se produce el pico, 2 al intervalo en que se presenta segundo en magnitud, y así sucesivamente.

Los órdenes correspondientes a cada intervalo son promediados para el conjunto de tormentas registradas, y luego son ordenados por orden de magnitud, correspondiendo la posición del pico al intervalo de tiempo que presenta el menor número de orden, el segundo intervalo al siguiente número de orden promedio, y así sucesivamente.

Los porcentajes de lámina precipitada que se asignan a cada intervalo se obtienen promediando los valores correspondientes a cada número de orden en el total de las tormentas.

Para identificar las tormentas intensas deben establecerse valores mínimos de intensidad media y de lámina precipitada, así como criterios de separación que permitan fijar el valor mínimo de tiempo en el cual no se registran lluvias.

En este trabajo se fijó un valor medio de intensidad mínima igual a 0,1 mm/min (Medina et al., 1975), lo cual significa que las tormentas con intensidad media menor al umbral 0,09 mm/min no fueron incluidas en el análisis.

El valor adoptado para definir la lámina mínima precipitada, en virtud de los registros disponibles, fue igual a 20 mm, mientras que el valor de separación adoptado fue de 2 horas (criterio de Eagleson).

La duración total de la tormenta fue dividida en cuantiles variables, de acuerdo a su rango.

De esta forma, las duraciones mayores a 120 minutos fueron divididas en 6 cuantiles, mientras que para las tormentas de corta duración se adoptaron los siguientes cuantiles: tres para duraciones menores o iguales a 30 minutos, cuatro para duraciones entre 30 y 60 minutos, y cinco para duraciones variables entre 60 y 120 minutos.

La identificación del número de tormentas correspondientes a cada duración se desarrolló utilizando un software de procesamiento específico con el que se procesaron los registros pluviográficos disponibles, determinándose los porcentajes de precipitación respecto a la precipitación total correspondientes a cada cuantil.

De esta forma fueron identificados los distintos patrones de distribución temporal de las tormentas intensas en cada estación pluviográfica, los cuales se resumieron en Hietogramas de diseño característicos para la Provincia de Entre Ríos.

La Tabla 2 resume los valores característicos del pluviógrafo emplazado en la localidad de Concordia, presentándose los Hietogramas de diseño correspondientes en la Fig. 4.

Duración (minutos)	Porcentaje de precipitación de cada cuantil						Cantidad de tormentas
< 30	0.33	0.50	0.17				112
entre 30 y 60	0.27	0.56	0.12	0.05			17
entre 60 y 120	0.31	0.53	0.11	0.04	0.02		14
entre 120 y 180	0.15	0.51	0.25	0.03	0.06	0.01	16
entre 180 y 360	0.13	0.47	0.23	0.09	0.05	0.03	48
entre 360 y 720	0.46	0.14	0.20	0.10	0.06	0.04	25
entre 720 y 1440	0.07	0.36	0.22	0.19	0.13	0.04	6

Tabla 2 - Concordia - Porcentajes de precipitación total

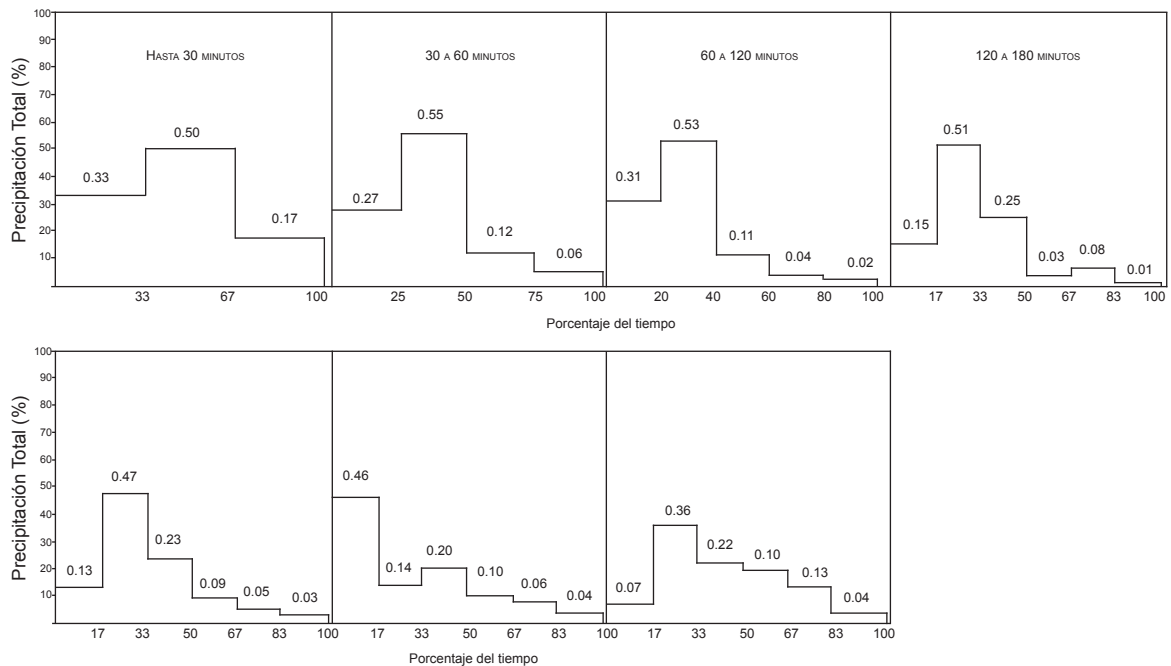


Fig. 4: Hietogramas de tormenta. Concordia

Transposición de las relaciones intensidad-duración-recurrencia

Para estimar las intensidades de precipitación en los emplazamientos que carecen de información pluviográfica se desarrolló un procedimiento basado en la desagregación temporal de la precipitación máxima diaria regionalizada (G.I.H.H.A., 2008).

De acuerdo a las condiciones propuestas por Pierrehumbert (Pilgrim et al., 1977) se delimitaron las zonas de influencia asociadas a cada estación pluviográfica. Teniendo en cuenta esto y en función de la disponibilidad de registros pluviográficos, la Provincia de Entre Ríos se dividió en las zonas indicadas en la Fig. 5.

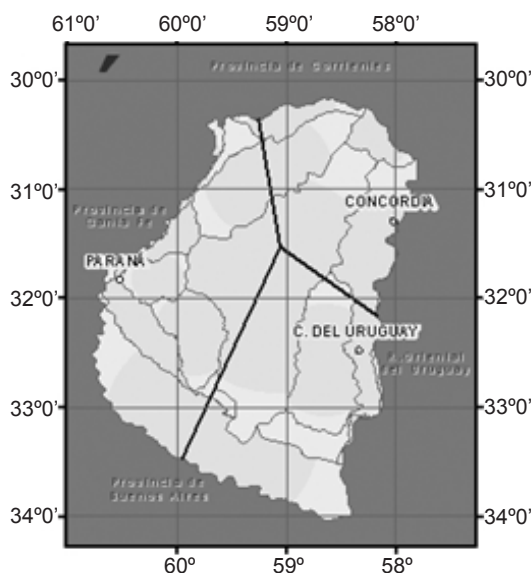


Fig. 5: Zonas de influencia pluviográfica

A cada zona de influencia se le atribuyó el mismo patrón temporal, caracterizado por los cocientes $r_{d/24}$ entre láminas de distintas duraciones d (min) con respecto a la precipitación de 24 horas ($P_{24horas}$) y por las relaciones $RT = P_{24horas}/P_{máx}$ diaria.

Las relaciones RT incorporan al análisis la diferencia que existe entre el día pluviométrico o pluviográfico (generalmente con hora de inicio y fin de registro predeterminadas) y el intervalo móvil de 24 horas que abarca las máximas intensidades de tormenta.

El valor medio de esta relación en diferentes lugares del mundo oscila en torno al valor 1,14. El mismo fue determinado para los tres pluviógrafos provinciales a partir del contraste entre los registros pluviográficos y pluviométricos obteniéndose los valores que se indican en la Tabla 3.

LOCALIDAD	RT
Concordia	1,16
Concepción del Uruguay	1,14
Paraná	1,15

Tabla 3.- Relaciones RT de los pluviógrafos provinciales

Los cocientes $r_{d/24}$ se obtuvieron a partir de la relación I-D-T de cada región de influencia pluviográfica, indicándose los valores representativos en la Tabla 4.

LOCALIDAD	DURACIÓN (minutos)							
	10	30	60	90	120	180	360	720
Concordia	0.18	0.29	0.38	0.43	0.47	0.54	0.66	0.82
C. Uruguay	0.20	0.35	0.45	0.51	0.55	0.61	0.73	0.85
Paraná	0.16	0.27	0.35	0.41	0.45	0.51	0.65	0.80

Tabla 4.- Relaciones ($r_{d/24}$) de los pluviógrafos provinciales

En los sitios que carecen de información pluviográfica, es posible estimar la precipitación máxima diaria ($P_{m\acute{a}x\ diaria}$) en base a mapas regionalizados (Zamanillo et al., 2008), y afectarla por los cocientes RT y $r_{d/24}$, extrapolados desde la estación pluviográfica, para obtener las láminas h_d correspondientes a duraciones menores a 24 horas.

Por lo tanto:

$$h_d (mm) = (r_{d/24}) \cdot P_{24} = (r_{d/24}) \cdot (RT \cdot P_{m\acute{a}x. diaria}) \tag{10}$$

Aplicando la Ecuación (10) a las precipitaciones máximas diarias correspondientes a distintos períodos de retorno T , se determinan las láminas $h_d (mm)$ para todo el rango de duraciones $d (min)$ menores a 24 horas, a partir de las cuales quedan definidas las intensidades $i_d = h_d \cdot 60/d$ (mm/hora), generando una nube de puntos sobre la que es posible ajustar una ecuación de tipo Sherman.

Ejemplo de aplicación

Los principales aspectos de la metodología de transposición se ejemplifican para la localidad de Nogoyá ($32^\circ 24' S$ y $58^\circ 47' W$), ubicada en el área de influencia del pluviógrafo de Paraná, según se presenta en la Fig. 6, donde también se encuentran representadas las isohietas de valores medios de precipitaciones máximas diarias (mm).

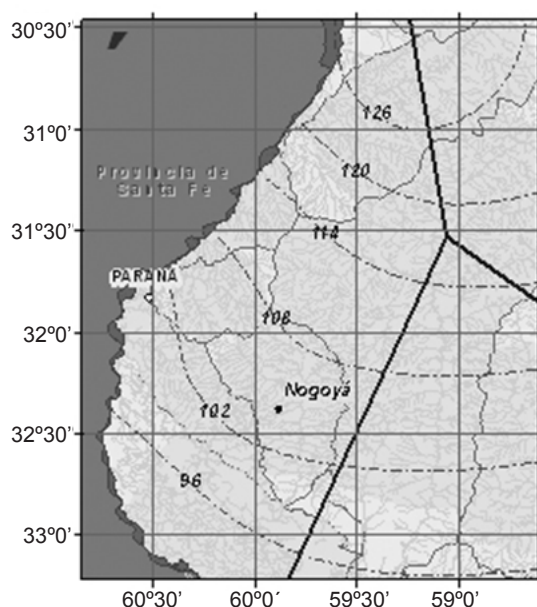


Fig. 6: Ubicación de la localidad de Nogoyá

La Tabla 5 presenta los valores de precipitaciones máximas diarias (mm) obtenidos para estas coordenadas a partir de la aplicación del Método Regional del Índice de Crecientes.

<i>T</i> (años)	2	5	10	20	25	50
<i>P</i> _{máx. diaria} (mm)	98	129	151	174	181	206

Tabla 5.- Nogoyá - *P*_{máx. diaria} estimada

Según se indica en la Tabla 3, el valor promedio de la relación *RT* entre las láminas de 24 horas (*P*_{24horas}) y las láminas máximas diarias (*P*_{máx. diaria}) para el pluviógrafo emplazado en Paraná es igual a 1,15. Las relaciones *r*_{d/24} se extraen de la Tabla 4.

Utilizando estos coeficientes se desagregan las precipitaciones máximas diarias estimadas para la localidad de Nogoyá a través de la Ecuación (10), obteniendo las láminas *h_d* (mm) indicadas en la Tabla 6.

<i>T</i> (años)	<i>P</i> _{máx. diaria} (mm)	<i>RT</i>	<i>P</i> ₂₄ (mm)	Duración <i>d</i> (minutos)								
				10	30	60	90	120	180	360	720	1440
50	206	1.15	235.8	36.6	62.8	82.7	95.8	105.8	121.3	152.1	189.7	235.8
25	181	1.15	207.7	32.3	55.3	72.8	84.4	93.2	106.9	134.0	167.1	207.7
20	174	1.15	199.1	30.9	53.0	69.8	80.9	89.4	102.5	128.5	160.2	199.1
10	151	1.15	173.2	26.9	46.1	60.7	70.3	77.8	89.1	111.7	139.3	173.2
5	129	1.15	147.9	23.0	39.4	51.9	60.01	66.4	76.1	95.4	119.0	147.9
2	98	1.15	112.0	17.4	29.8	39.3	45.5	50.3	57.6	72.3	90.1	112.0

Tabla 6.- Desagregación temporal *P*_{máx. diarias} Nogoyá) - Láminas *h_d* (mm)

A partir de las mismas es posible determinar las intensidades *i_d* (mm/hora) correspondientes a todo el rango de duraciones menores a 24 horas, generando una nube de puntos que simula las intensidades de diseño, las cuales se indican en la Tabla 7.

<i>T</i> (años)	Duración <i>d</i> (minutos)								
	10	30	60	90	120	180	360	720	1440
50	219.8	125.6	82.7	63.8	52.9	40.4	25.4	15.8	9.8
25	193.6	110.6	72.8	56.2	46.6	35.6	22.3	13.9	8.7
20	185.6	106.1	69.8	53.9	44.7	34.2	21.4	13.3	8.3
10	161.4	92.3	60.7	46.9	38.9	29.7	18.6	11.6	7.2
5	137.8	78.8	51.8	40.0	33.2	25.4	15.9	9.9	6.2
2	104.4	59.7	39.3	30.3	25.1	19.2	12.0	7.5	4.7

Tabla 7.- Desagregación temporal *P*_{máx. diarias} Nogoyá - Intensidades *i_d* estimadas (mm/hora)

Finalmente, a través de un análisis de regresión lineal múltiple se realiza el ajuste de dichas intensidades a una ecuación tipo Sherman de cuatro parámetros, determinándose la ecuación I-D-T para la localidad de Nogoyá:

$$i = \frac{k \cdot T^n}{(d + c)^n} = \frac{627 \cdot T^{0.23}}{(d + 6)^{0.69}} \tag{11}$$

Obteniendo por optimización un valor de $c = 6$ se obtiene un coeficiente de determinación $R^2 = 0,998$.

Aplicación de cálculo de tormentas de diseño

Con el objeto de suministrar una herramienta de cálculo para el diseño se desarrolló una aplicación, que funciona en un entorno Excel con macros programadas en Visual Basic, denominada “Lluvias E.R.”. Esta permite estimar la Precipitación Máxima Diaria, la relación I-D-T y la distribución temporal de tormentas de distintas duraciones para cualquier coordenada geográfica ubicada en el ámbito de la Provincia de Entre Ríos. La Fig. 7 presenta la estructura general de la aplicación, que ha sido organizada en cuatro módulos principales, a los cuales se puede acceder a través del Menú Inicio de la planilla de cálculo: Máximos Diarios, Relaciones I-D-T, Hietograma de Diseño y Decaimiento Areal.

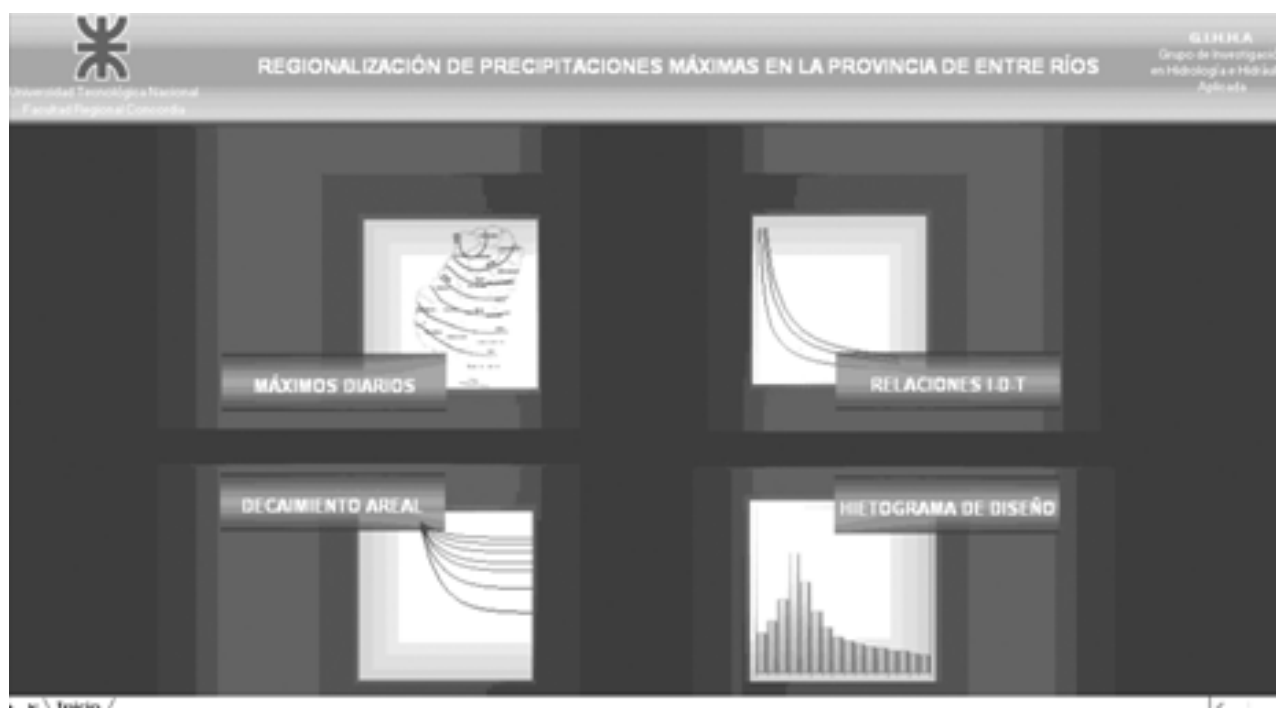


Fig. 7: Menú Inicio de “Lluvias E.R.”

La aplicación permite seleccionar coordenadas geográficas pertenecientes al territorio de la Provincia de Entre Ríos, y adoptar el pluviógrafo de referencia para efectuar la desagregación temporal de la tormenta y calcular o imprimir la ecuación intensidad-duración-recurrencia para el sitio de coordenadas especificadas, según se indica en la Fig. 8.

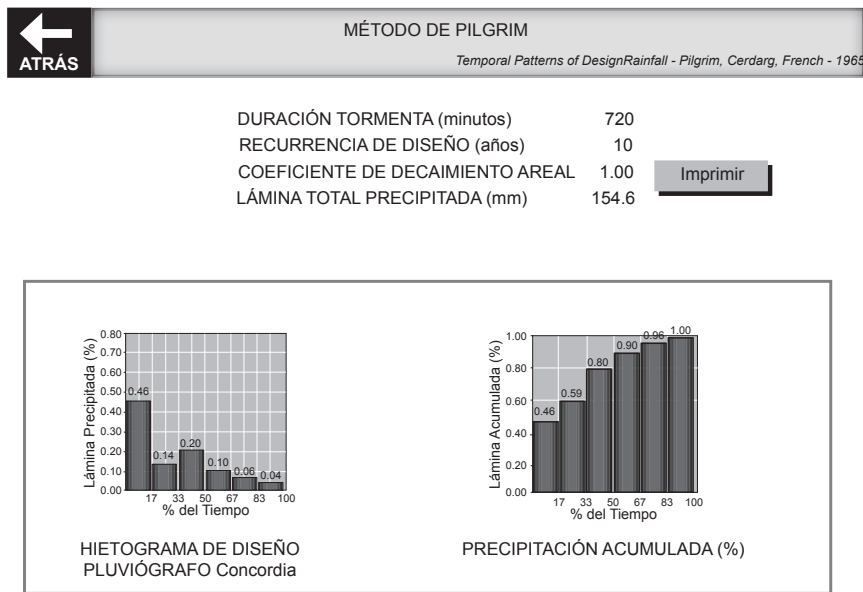


Fig. 8: Selección del pluviógrafo de referencia

La opción HIETOGRAMA DE DISEÑO conduce al cálculo del patrón de distribución temporal de la tormenta y la evolución de lámina acumulada para distintos intervalos de tiempo. Deben ingresarse la duración de la tormenta (en minutos), y la recurrencia de diseño (en años), a partir de los cuales se generan los patrones de distribución temporal utilizando las siguientes metodologías: Método de Pilgrim y Método de los Bloques Alternos (Chow, 1994).

El hietograma generado con el Método de Pilgrim representa el patrón de distribución correspondiente al pluviógrafo de referencia seleccionado, e indica los valores de precipitación (como porcentaje de la precipitación total) correspondientes a distintos porcentajes de la duración total de la tormenta, tal como se muestra en la Fig. 9.

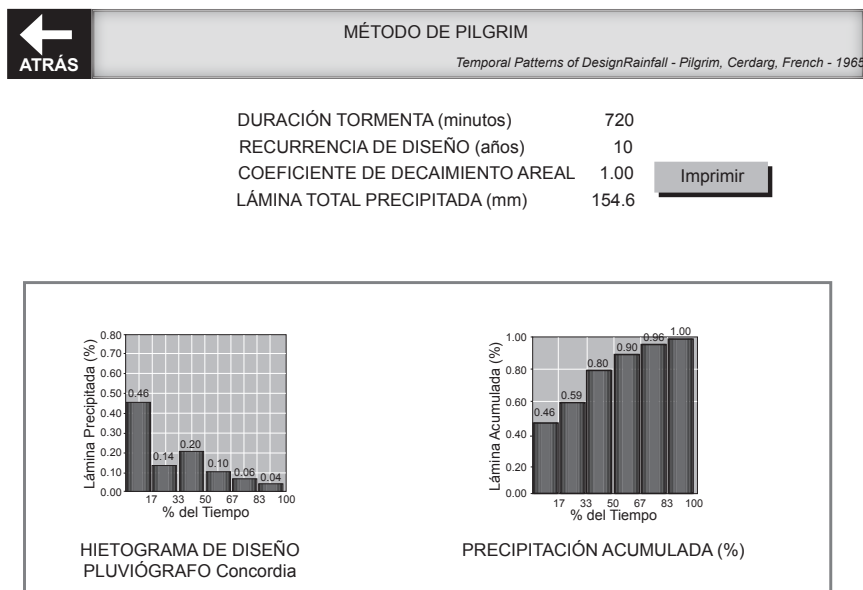


Fig. 9: Método de Pilgrim

En base a los mismos, y a partir de la relación I-D-T obtenida para las coordenadas ingresadas se calcula la evolución en el tiempo de la precipitación acumulada.

La aplicación trabaja también con Hietogramas de Diseño derivados del Método de los Bloques Alternos, y permite la selección de las características principales del hietograma, como la amplitud del intervalo de tiempo asignado a cada bloque, y la posición del pico de máxima intensidad, como se muestra en la Fig. 10.

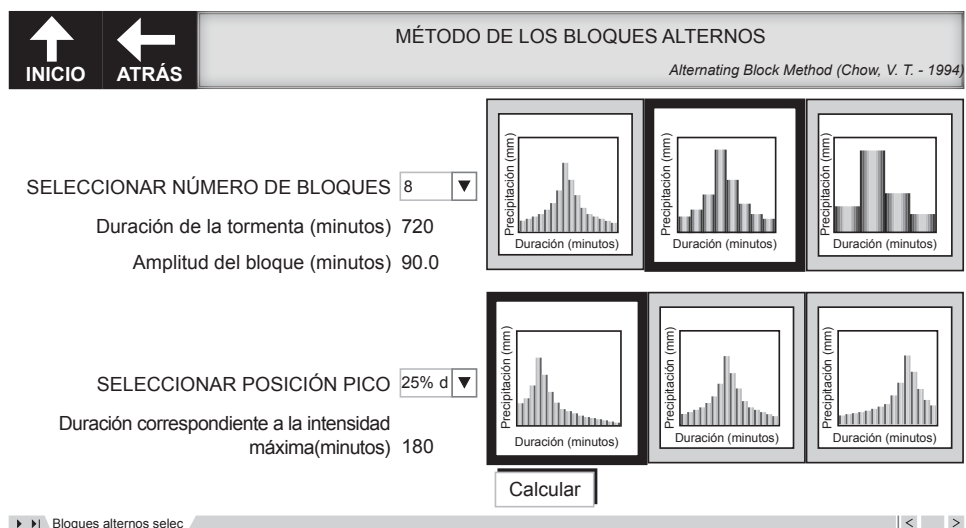


Fig. 10: Método de los Bloques Alternos

Utilizando esta herramienta de cálculo se determinaron las relaciones intensidad-duración-recurrencia y se generaron hietogramas de diseño característicos para una malla cuyas coordenadas geográficas corresponden a 250 localidades del territorio provincial.

Estos resultados fueron incorporados a dos sistemas de visualización y consulta de información, que complementan la publicación “Tormentas de Diseño para la Provincia de Entre Ríos”.

CONCLUSIONES

Ha sido posible caracterizar el comportamiento de las tormentas intensas, en base a la actualización de las relaciones intensidad-duración-recurrencia de los pluviógrafos provinciales y de la definición de los patrones de distribución temporal para distintos rangos de duración de las precipitaciones.

Se ha generado una metodología a través de la cual se efectúa la transposición de tormentas en cualquier emplazamiento geográfico ubicado en el territorio de la Provincia, y que contempla las características pluviométricas y pluviográficas del punto de utilización.

Los nuevos elementos de diseño han sido sistematizados a partir de la generación de una aplicación que flexibiliza las operaciones de cálculo, habiéndose incorporado los principales resultados a dos sistemas de información Geográfica destinados a la consulta y visualización de las variables características en 250 localidades de la Provincia de Entre Ríos.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos, Servicio Meteorológico Nacional, al INTA, y a la CTM de Salto Grande. A los becarios del Proyecto por la labor realizada.

REFERENCIAS

García Carlos, “Lámina de Lluvia Puntual para Diseño Hidrológico”. Tesis (Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Mención Recursos Hídricos), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina, 146, (2000).

Pérez Martín , Zamanillo Eduardo y Larenze Gustavo “Análisis de interiores y exteriores de tormenta para la Provincia de Entre Ríos”, III Jornadas de Difusión de proyectos de investigación-extensión – INEX 2008. Universidad Nacional de Entre Ríos, Concepción del Uruguay, Argentina, 28 de septiembre de 2008.

Paoli Carlos , Bolzicco José y Cacik Pablo, “Análisis de Frecuencia de Variables Hidrológicas”, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, (1996).

Zamanillo Eduardo , Larenze Gustavo , Tito María , Pérez Martín , Garat María , Gómez Patricia, “Tormentas de Diseño para la Provincia de Entre Ríos”, Primera Edición, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, 25, (2008).

Pilgrim David , Cordery Ian, French Richard , “Australian rainfall and runoff, Flood Análisis and Design”, The Institution of Engineers, Bloxham and Chambers PTY LTD., Australia, 3-59, (1977).

Medina Lázaro, Moyano Cristina, “Estudio piloto de lluvias intensas en la República Argentina”, Hidrología Cuaderno N°2, INCYTH. Buenos Aires, Argentina, 1-17 (1975).

G.I.H.H.A. (Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada), “Informes de Avance”, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, (2006, 2007, 2008).

Chow Ven Te, Maidment David, Mays Larry, “Hidrología Aplicada”, Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A, Bogotá, Colombia, 477-479, (1994).