

# **Universidad Nacional de Córdoba**

## **Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**

### **Práctica Supervisada**

### **Avances en la determinación de componentes de la lluvia de diseño en el Noroeste de Argentina**

**Autor: Baraquet, María Magdalena**

**Tutor: García, Carlos Marcelo**

**Supervisor Externo: Guillén, Nicolás Federico**

**Octubre 2015**

# **Avances en la determinación de componentes de la lluvia de diseño en el Noroeste de Argentina**

## **Resumen**

Para el aprovechamiento sustentable del recurso hídrico y para mitigar los efectos de amenazas hídricas se requiere diseñar medidas estructurales y medidas no estructurales. El diseño sustentable requiere de un estudio integral que complemente los siguientes aspectos: a) Diseño hidrológico que consiste en la definición precisa de las variables hidrológicas de diseño (por ejemplo el caudal); b) Diseño hidráulico óptimo que contemple la compleja interacción de los flujos turbulentos con el lecho, márgenes, vegetación, infraestructura hídrica existente y/o nueva, etc.

Generalmente el diseño hidrológico consiste en la estimación y predicción de la crecida de Proyecto. Sin embargo la estimación de esta crecida está afectada por la insuficiencia estadística de los registros históricos de caudales extremos, lo cual lleva a la predicción indirecta de estos caudales mediante el uso de modelos de transformación lluvia – caudal (P-Q), los cuales son alimentados por eventos hipotéticos críticos, lluvias de diseño. La información necesaria para predecir estas lluvias de diseño sólo se pueden extraer de extensos registros de alta frecuencia, normalmente fajas pluviográficas, las cuales también son escasas, aunque menos que las hidrométricas. En la República Argentina es habitual obtener otro dato de lluvia provisto por pluviómetros: la lámina de lluvia diaria. De esta manera, los técnicos y proyectistas pueden proceder a la estimación de la lluvia de diseño mediante un análisis de estadística inferencial de las láminas de lluvias máximas diarias asociadas a diferentes periodos de retorno, a partir de las series de datos pluviométricos registrados en diversos puntos de la cuenca.

Los métodos empleados para estimar curvas idT en el territorio nacional pueden ser clasificados en dos grandes grupos que se dividen, a su vez, en sendos subgrupos. Con excepción de los métodos basados en los registros pluviográficos del lugar de interés,

los restantes corresponden a procedimientos de transposición hidrológica. En estos métodos a medida que la disponibilidad de datos de la región de interés disminuye la tendencia general es al aumento de la incertidumbre en sus estimaciones.

Uno de los métodos es el Modelo DIT, el cual tiene la ventaja principal de contar con parámetros que tienen sentido físico y además son fáciles de transponer de una ubicación a otra. En este trabajo, en primer lugar, se ajustan curvas idT (Intensidad - Duración – Período de retorno) existentes mediante la aplicación de este modelo, con el objetivo de obtener los parámetros que este modelo requiere para así poder transponerlos a cualquier otro punto donde interese determinar la lluvia de diseño.

Además, en este trabajo se aplican diversos métodos para la obtención de curvas idT con el objetivo de establecer una comparación entre ellos y la idT original, y demostrar cuál de todos es el que mejor ajusta.

Finalmente se comparan diferentes metodologías de obtención de hietogramas tipo calculados en la región de estudio.

## **Advances in determining the components of design rainfall in the Northwest of Argentina**

### **Abstract**

Structural and non-structural management measures are required for both the sustainable use of water resources and to mitigate the flood risk. These management measures require an integral study that complements the following aspects: (a) Hydrological design that consists on an accurate definition of the hydrological design variables (i.e. flow discharge) (b) Optimum Hydraulic Design that takes into accounts the complex interaction of turbulent flows with the bed, banks, vegetation, existing or new water infrastructure, etc.

Generally the hydrological design is used to estimate the design flow discharge. However the estimation of this flow discharge is affected by the statistical deficiency of historical flow records, which leads to evaluation of these flows indirectly by using rainfall - runoff transformations models (P-Q), feed by critical and hypothetical events (design rainfalls). The required information to predict these rainfalls events can only be obtained from extensive records of high frequency data (recorded by pluviographs), which are also scarce, although less than flow discharge data. Instead, it is usual in Argentina another data provided by rain gauges: the daily rainfall. Thus, technicians and designers can proceed to estimate the design rainfall through statistical analysis of the maximum daily rainfall data associated with different return periods estimated from daily rainfall data recorded in the basin.

The methods used to estimate idF curves (intensity – duration – frequency) in Argentina can be classified into two main groups which are divided, in subgroups. There are methods based in pluviographic and in daily rainfall data (these are based in hydrological transposition procedures). As the availability of data from the region of interest decreases the general trend is the increased uncertainty in the estimations.

One of these methods for estimating idF curves is the DIT Model, which has the main advantage of having parameters that have physical sense and are easy to transpose from one location to another. In this work, idF curves are adjusted by applying this model. In addition, in this work several methods for obtaining idF curves are compared in order to determine which of all is the one that best fits. Finally different methodologies for obtaining hyetographs are compared in the region of interest.

# ÍNDICE

<b>1. Capítulo 1: Marco Referencial del Informe .....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. Diseño hidrológico .....	2
1.2.1. Lluvias de diseño.....	3
1.2.2. Antecedentes de estudios sobre lluvias máximas diarias para el diseño hidrológico en Argentina. ....	6
1.3. Marco teórico .....	8
1.3.1. Métodos para la estimación de curvas idT.....	8
1.3.2. Distribución temporal de la lámina de lluvia.....	23
1.4. Objetivos.....	31
1.4.1. Objetivos generales .....	31
1.4.2. Objetivos específicos .....	31
1.5. Metodología del informe.....	31
<b>2. Capítulo 2: Análisis de datos pluviográficos .....</b>	<b>33</b>
2.1. Introducción .....	33
2.2. Recopilación de datos pluviográficos .....	33
2.2.1. Salta Capital, Salta. ....	35
2.2.2. La Banda, Santiago del Estero. ....	36
2.2.3. Resistencia, Chaco. ....	38
2.2.4. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca .....	39
2.2.5. Rafaela, Santa Fe. ....	40
2.3. Cálculo de relaciones entre láminas asociadas a diferentes duraciones .....	41
2.3.1. Salta Capital, Salta. ....	42
2.3.2. La Banda, Santiago del Estero. ....	44
2.3.3. Resistencia, Chaco. ....	48
2.3.4. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca .....	50
2.3.5. Rafaela, Santa Fe. ....	53
2.4. Ajuste del Modelo DIT .....	57
2.4.1. Salta Capital, Salta. ....	58
2.4.2. La Banda, Santiago del Estero. ....	64
2.4.3. Resistencia, Chaco. ....	70
2.4.4. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca .....	74
2.4.5. Rafaela, Santa Fe. ....	79
<b>3. Capítulo 3: Comparación entre intensidades de precipitaciones calculadas a partir del DIT con otros métodos...86</b>	
3.1. Introducción .....	86
3.2. Resultados .....	88
3.2.1. Salta Capital, Salta. ....	88
3.2.1.1. Comparación entre las metodologías aplicadas.....	92
3.2.2. La Banda, Santiago del Estero. ....	101
3.2.2.1. Comparación entre los métodos. ....	105
3.2.3. Resistencia, Chaco. ....	114

3.2.3.1. Comparación entre los métodos.....	118
3.2.4. San Fernando del Valle de Catamarca.....	126
3.2.4.1. Comparación entre los métodos.....	129
3.2.5. Rafaela, Santa Fe.....	137
3.2.5.1. Comparación entre los métodos.....	142
3.3. Localización de las zonas que cuenta con los parámetros del Modelo DIT calibrados.....	152
<b>4. Capítulo 4: Distribución temporal de la lámina de lluvia ....</b>	<b>155</b>
4.1. Introducción.....	155
4.2. Cálculo de hietogramas tipo.....	155
4.2.1. Metodologías de cálculo.....	155
4.2.1.1. Distribuciones patrón de la lámina de lluvia.....	155
4.2.1.2. Método del Bloque Alterno (BA).....	155
4.2.1.3. Método de Intensidad Instantánea (II).....	156
4.2.2. Salta Capital, Salta.....	156
4.2.3. La Banda, Santiago del Estero.....	162
4.2.4. Resistencia, Chaco.....	167
4.2.5. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.....	172
4.2.6. Rafaela, Santa Fe.....	177
<b>5. Capítulo 5: Conclusiones.....</b>	<b>182</b>
5.1. Aspectos técnicos.....	182
5.1.1. Sobre la estimación de curvas idT.....	182
5.1.2. Sobre la determinación de hietogramas tipo aplicando diferentes metodologías.....	183
5.2. Aspectos personales.....	183
5.3. Perspectivas a futuro.....	184
<b>6. Referencias.....</b>	<b>185</b>

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Relaciones entre láminas estimadas para varios países.</i>	14
<i>Tabla 2: Cálculo de un hietograma tipo según Pilgrim, Cordery y French (1969).</i>	29
<i>Tabla 3: Intensidades de lluvias obtenidas de la digitalización de la curva idT recopilada en la localidad de Salta Capital.</i>	36
<i>Tabla 4: Series históricas de precipitaciones máximas anuales [mm] asociadas a diferentes duraciones en la localidad de La Banda, Santiago del Estero entre los años 1962 y 1981.</i>	36
<i>Tabla 5: Intensidades de lluvias obtenidas de la digitalización de la curva idT recopilada en la localidad de La Banda, Santiago del Estero.</i>	37
<i>Tabla 6: Intensidades de lluvias obtenidas de la digitalización de la curva idT recopilada en la localidad de Resistencia, Chaco.</i>	38
<i>Tabla 7: Intensidades de lluvias obtenidas de la digitalización de la curva idT recopilada en la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.</i>	39
<i>Tabla 8: Intensidades de lluvias obtenidas de la digitalización de la curva idT recopilada en la localidad de Rafaela, Santa Fe.</i>	40
<i>Tabla 9: Láminas de lluvia asociadas a diferentes <math>d</math> y <math>T</math> (<math>hd, T</math>) correspondientes a la localidad de Salta Capital.</i>	42
<i>Tabla 10: Láminas de lluvia diaria asociadas a diferentes <math>T</math> (<math>h1día, T</math>) correspondientes a la localidad de Salta Capital.</i>	42
<i>Tabla 11: Láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos y diferentes <math>T</math> (<math>h24hs, T</math>) correspondientes a la localidad de Salta Capital.</i>	42
<i>Tabla 12: Relaciones entre láminas <math>r</math> asociadas a diferentes duraciones y recurrencias correspondientes a la localidad de Salta Capital.</i>	43
<i>Tabla 13: Relaciones entre láminas <math>r</math> asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de Salta Capital, Salta.</i>	43
<i>Tabla 14: Diferencia relativa porcentual entre <math>r</math> mínimo y máximo respecto a la media, correspondientes a la localidad de Salta Capital.</i>	44
<i>Tabla 15: Comparación entre relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1) y relaciones medias obtenidas en la localidad de Salta Capital, Salta.</i>	44
<i>Tabla 16: Láminas de lluvia asociadas a diferentes <math>d</math> y <math>T</math> (<math>hd, T</math>) correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.</i>	45
<i>Tabla 17: Láminas de lluvia diaria asociadas a diferentes <math>T</math> (<math>h1día, T</math>) correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.</i>	45
<i>Tabla 18: Láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos y diferentes <math>T</math> (<math>h24hs, T</math>) correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.</i>	45
<i>Tabla 19: Relaciones entre láminas <math>r</math> asociadas a diferentes duraciones y recurrencias correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.</i>	46
<i>Tabla 20: Relaciones entre láminas <math>r</math> asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.</i>	46
<i>Tabla 21: Diferencia relativa porcentual entre <math>r</math> mínimo y máximo respecto a la media, correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.</i>	47
<i>Tabla 22: Comparación entre relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1) y relaciones medias obtenidas en la localidad de La Banda, Santiago del Estero.</i>	47
<i>Tabla 23: Láminas de lluvia asociadas a diferentes <math>d</math> y <math>T</math> (<math>hd, T</math>) correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.</i>	48
<i>Tabla 24: Láminas de lluvia diaria asociadas a diferentes <math>T</math> (<math>h1día, T</math>) correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.</i>	48
<i>Tabla 25: Láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos y diferentes <math>T</math> (<math>h24hs, T</math>) correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.</i>	48
<i>Tabla 26: Relaciones entre láminas <math>r</math> asociadas a diferentes duraciones y recurrencias correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.</i>	49
<i>Tabla 27: Relaciones entre láminas <math>r</math> asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.</i>	49



Tabla 28: Diferencia relativa porcentual entre $r$ mínimo y máximo respecto a la media, correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.....	50
Tabla 29: Comparación entre relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1) y relaciones medias obtenidas en la localidad de Resistencia, Chaco.....	50
Tabla 30: Láminas de lluvia asociadas a diferentes $d$ y $T$ ( $hd, T$ ) correspondientes a la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.....	51
Tabla 31: Láminas de lluvia diaria asociadas a diferentes $T$ ( $h1día, T$ ) correspondientes a la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.....	51
Tabla 32: Láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos y diferentes $T$ ( $h24hs, T$ ) correspondientes a la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.....	51
Tabla 33: Relaciones entre láminas $r$ asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.....	51
Tabla 34: Relaciones entre láminas $r$ asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de San Fernando de Valle de Catamarca, Catamarca.....	52
Tabla 35: Diferencia relativa porcentual entre $r$ mínimo y máximo respecto a la media, correspondientes a la localidad de San Fernando de Valle de Catamarca, Catamarca.....	52
Tabla 36: Comparación entre relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1) y relaciones medias obtenidas en la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.....	53
Tabla 37: Láminas de lluvia asociadas a diferentes $d$ y $T$ ( $hd, T$ ) correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.....	54
Tabla 38: Relaciones entre láminas $r$ asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.....	54
Tabla 39: Láminas de lluvia diaria asociadas a diferentes $T$ ( $h1día, T$ ) correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.....	55
Tabla 40: Relación entre la lámina de lluvia caída en 24 horas consecutivas $h24hs, T$ y la lámina de lluvia diaria $h1día, T$ para la localidad de Rafaela, Santa Fe.....	55
Tabla 41: Relaciones entre láminas $r$ asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.....	55
Tabla 42: Diferencia relativa porcentual entre $r$ mínimo y máximo respecto a la media, correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.....	56
Tabla 43: Comparación entre relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1) y relaciones medias obtenidas en la localidad de Rafaela, Santa Fe.....	56
Tabla 44: Parámetros DIT alternativa de ajuste 1.....	58
Tabla 45: Parámetros DIT alternativa de ajuste 2.....	58
Tabla 46: Parámetros DIT alternativa de ajuste 3.....	59
Tabla 47: Curva $idT$ obtenida a partir de la alternativa de ajuste 1 para la localidad de Salta Capital, Salta.....	60
Tabla 48: Curva $idT$ obtenida a partir de la alternativa de ajuste 2 para la localidad de Salta Capital, Salta.....	60
Tabla 49: Curva $idT$ obtenida a partir de la alternativa de ajuste 3 para la localidad de Salta Capital, Salta.....	61
Tabla 50: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 1.....	61
Tabla 51: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 2.....	62
Tabla 52: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 3.....	63
Tabla 53: Parámetros DIT alternativa de ajuste 1.....	64
Tabla 54: Parámetros DIT alternativa de ajuste 2.....	64
Tabla 55: Parámetros DIT alternativa de ajuste 3.....	64
Tabla 56: Curva $idT$ obtenida a partir de la alternativa de ajuste 1 para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....	65
Tabla 57: Curva $idT$ obtenida a partir de la alternativa de ajuste 2 para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....	65
Tabla 58: Curva $idT$ obtenida a partir de la alternativa de ajuste 3 para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....	66
Tabla 59: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 1.....	66
Tabla 60: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 2.....	67
Tabla 61: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 3.....	68
Tabla 62: Parámetros DIT alternativa de ajuste 1.....	70

Tabla 63: Parámetros DIT alternativa de ajuste 2 .....	70
Tabla 64: Parámetros DIT alternativa de ajuste 3 .....	70
Tabla 65: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 1 para la localidad de Resistencia, Chaco .....	71
Tabla 66: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 2 para la localidad de Resistencia, Chaco .....	71
Tabla 67: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 3 para la localidad de Resistencia, Chaco .....	71
Tabla 68: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 1 .....	72
Tabla 69: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 2 .....	72
Tabla 70: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 3 .....	73
Tabla 71: Parámetros DIT alternativa de ajuste 1 .....	74
Tabla 72: Parámetros DIT alternativa de ajuste 2 .....	75
Tabla 73: Parámetros DIT alternativa de ajuste 3 .....	75
Tabla 74: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 1 para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca .....	75
Tabla 75: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 2 para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca .....	75
Tabla 76: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 3 para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca .....	76
Tabla 77: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 1 .....	76
Tabla 78: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 2 .....	77
Tabla 79: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 3 .....	78
Tabla 80: Parámetros DIT alternativa de ajuste 1 .....	79
Tabla 81: Parámetros DIT alternativa de ajuste 2 .....	79
Tabla 82: Parámetros DIT alternativa de ajuste 3 .....	79
Tabla 83: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 1 para la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	80
Tabla 84: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 2 para la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	80
Tabla 85: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 3 para la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	81
Tabla 86: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 1 .....	82
Tabla 87: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 2 .....	83
Tabla 88: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 3 .....	84
Tabla 89: Estaciones analizadas por Catalini. ....	87
Tabla 90: Parámetros del DIT obtenidos por Caamaño et al., 2011. ....	87
Tabla 91: Parámetros del Modelo DIT ajustados en este trabajo correspondientes a la localidad de Salta Capital, Salta. ....	89
Tabla 92: Parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondientes a la localidad de Salta Capital, Salta. ....	89
Tabla 93: Curva idT obtenida a partir de los parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta. ....	89
Tabla 94: Parámetros M y N del Método de Bell y valor de la lámina de lluvia asociada a una hora de duración y 10 años de tiempo de retorno ( $h_{1060}$ ) correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta. ....	90
Tabla 95: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Bell correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta. ....	90
Tabla 96: Parámetros para la aplicación del Método de Devoto correspondientes a la localidad de Salta Capital, Salta. ....	90
Tabla 97: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Devoto correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta. ....	91
Tabla 98: Curva idT obtenida por el Método de Relaciones entre láminas correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta. ....	91
Tabla 99: Parámetro $R_h$ y coeficientes a, b y c necesarios para la aplicación del Método de Ruhle correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta. ....	92

<i>Tabla 100: Curva idT obtenida por el Método de Ruhle correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 101: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo y los datos originales.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 102: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados Caamaño Nelli et al., 2011 y los datos originales.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 103: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Bell y los datos originales.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 104: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Devoto y los datos originales.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 105: Diferencia relativa porcentual entre las relaciones entre láminas y los datos originales.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 106: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Ruhle y los datos originales.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 107: Parámetros del Modelo DIT ajustados en este trabajo correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 108: Parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 109: Curva idT obtenida a partir de los parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 110: Parámetros M y N del Método de Bell y valor de la lámina de lluvia asociada a una hora de duración y 10 años de tiempo de retorno (h<sub>1060</sub>) correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 111: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Bell correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 112: Parámetros para la aplicación del Método de Devoto correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 113: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Devoto correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 114: Curva idT obtenida por el Método de Relaciones entre láminas correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 115: Parámetro Rh y coeficientes a, b y c necesarios para la aplicación del Método de Ruhle correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 116: Curva idT obtenida por el Método de Ruhle correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 117: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo y los datos originales.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 118: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 y los datos originales.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 119: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Bell y los datos originales.....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 120: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Devoto y los datos originales.....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 121: Diferencia relativa porcentual entre las relaciones entre láminas y los datos originales.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 122: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Ruhle y los datos originales.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 123: Parámetros del Modelo DIT ajustados en este trabajo correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 124: Parámetros del Modelo DIT ajustados Caamaño Nelli et al., 2011 correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 125: Curva idT obtenida a partir de los parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 126: Parámetros M y N del Método de Bell y valor de la lámina de lluvia asociada a una hora de duración y 10 años de tiempo de retorno (h<sub>1060</sub>) correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 127: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Bell correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 128: Parámetros para la aplicación del Método de Devoto correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 129: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Devoto correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 130: Curva idT obtenida por el Método de Relaciones entre láminas correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.....</i>	<i>117</i>

Tabla 131: Parámetro $R_h$ y coeficientes $a$ , $b$ y $c$ necesarios para la aplicación del Método de Ruhle correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco. ....	117
Tabla 132: Curva $idT$ obtenida por el Método de Ruhle correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco. ....	118
Tabla 133: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo y los datos originales. ....	121
Tabla 134: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 y los datos originales. ....	122
Tabla 135: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Bell y los datos originales. ....	123
Tabla 136: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Devoto y los datos originales. ....	123
Tabla 137: Diferencia relativa porcentual entre las relaciones entre láminas y los datos originales. ....	124
Tabla 138: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Ruhle y los datos originales. ....	125
Tabla 139: Parámetros del Modelo DIT ajustados en este trabajo correspondientes a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca. ....	126
Tabla 140: Parámetros $M$ y $N$ del Método de Bell y valor de la lámina de lluvia asociada a una hora de duración y 10 años de tiempo de retorno ( $h_{1060}$ ) correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca. ....	127
Tabla 141: Curva $idT$ obtenida a partir de la aplicación del Método de Bell correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca. ....	127
Tabla 142: Parámetros para la aplicación del Método de Devoto correspondientes a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca. ....	127
Tabla 143: Curva $idT$ obtenida a partir de la aplicación del Método de Devoto correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca. ....	128
Tabla 144: Curva $idT$ obtenida por el Método de Relaciones entre láminas correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca. ....	128
Tabla 145: Parámetro $R_h$ y coeficientes $a$ , $b$ y $c$ necesarios para la aplicación del Método de Ruhle correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca. ....	129
Tabla 146: Curva $idT$ obtenida por el Método de Ruhle correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca. ....	129
Tabla 147: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo y los datos originales. ....	133
Tabla 148: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Bell y los datos originales. ....	134
Tabla 149: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Devoto y los datos originales. ....	134
Tabla 150: Diferencia relativa porcentual entre las relaciones entre láminas y los datos originales. ....	135
Tabla 151: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Ruhle y los datos originales. ....	136
Tabla 152: Parámetros del Modelo DIT ajustados en este trabajo correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	137
Tabla 153: Parámetros del Modelo DIT a ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	138
Tabla 154: Curva $idT$ obtenida a partir de los parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	138
Tabla 155: Parámetros $M$ y $N$ del Método de Bell y valor de la lámina de lluvia asociada a una hora de duración y 10 años de tiempo de retorno ( $h_{1060}$ ) correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	138
Tabla 156: Curva $idT$ obtenida a partir de la aplicación del Método de Bell correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	139
Tabla 157: Parámetros para la aplicación del Método de Devoto correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	139
Tabla 158: Curva $idT$ obtenida a partir de la aplicación del Método de Devoto correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	140
Tabla 159: Curva $idT$ obtenida por el Método de Relaciones entre láminas correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	140
Tabla 160: Parámetro $R_h$ y coeficientes $a$ , $b$ y $c$ necesarios para la aplicación del Método de Ruhle correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	141
Tabla 161: Curva $idT$ obtenida por el Método de Ruhle correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe. ....	141

<i>Tabla 162: Parámetros para la aplicación del Método de Sherman correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.</i>	142
<i>Tabla 163: Curva idT obtenida por el Método de Sherman correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe.</i>	142
<i>Tabla 164: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo y los datos originales.</i>	146
<i>Tabla 165: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 y los datos originales.</i>	147
<i>Tabla 166: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Bell y los datos originales.</i>	148
<i>Tabla 167: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Devoto y los datos originales.</i>	148
<i>Tabla 168: Diferencia relativa porcentual entre las relaciones entre láminas y los datos originales.</i>	149
<i>Tabla 169: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Ruhle y los datos originales.</i>	150
<i>Tabla 170: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Sherman y los datos originales.</i>	151
<i>Tabla 171: Porcentaje de la lámina de lluvia para una duración de 15 minutos y un período de retorno de 10 años.</i>	156
<i>Tabla 172: Porcentaje de la lámina de lluvia para una duración de 15 minutos y un período de retorno de 30 años.</i>	157
<i>Tabla 173: Porcentaje de la lámina de lluvia para una duración de 15 minutos y un período de retorno de 50 años.</i>	157
<i>Tabla 174: Porcentaje de la lámina de lluvia para una duración de 15 minutos y un período de retorno de 75 años.</i>	157
<i>Tabla 175: Porcentaje de la lámina de lluvia para una duración de 15 minutos y un período de retorno de 100 años.</i>	157
<i>Tabla 176: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.</i>	158
<i>Tabla 177: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.</i>	158
<i>Tabla 178: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.</i>	159
<i>Tabla 179: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.</i>	160
<i>Tabla 180: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.</i>	161
<i>Tabla 181: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.</i>	162
<i>Tabla 182: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.</i>	163
<i>Tabla 183: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.</i>	164
<i>Tabla 184: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.</i>	165
<i>Tabla 185: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.</i>	166
<i>Tabla 186: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.</i>	167
<i>Tabla 187: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.</i>	168
<i>Tabla 188: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.</i>	169
<i>Tabla 189: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.</i>	170
<i>Tabla 190: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.</i>	171
<i>Tabla 191: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.</i>	172
<i>Tabla 192: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.</i>	173
<i>Tabla 193: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.</i>	174
<i>Tabla 194: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.</i>	175
<i>Tabla 195: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.</i>	176
<i>Tabla 196: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.</i>	177
<i>Tabla 197: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.</i>	178
<i>Tabla 198: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.</i>	179
<i>Tabla 199: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.</i>	180
<i>Tabla 200: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.</i>	181

## Índice de Figuras

<i>Figura 1: Mapa de isohietas del cual se extrae el valor de <math>i_d, T</math> necesario para aplicar el Método de Ruhle.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2: Valores de la lámina media <math>h_1</math> y del coeficiente de variación <math>Cv_1</math> para una duración de 1 hora .....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3: Valores de la lámina media <math>h_{12}</math> y del coeficiente de variación <math>Cv_{12}</math> para una duración de 12 horas.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4: Clasificación de los métodos para la estimación de curvas <math>i_d T</math>.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5: Esquema de hietograma de lluvia.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6: Distribución temporal patrón de Hershfield (línea continua) y del SCS (línea discontinua) de la lámina de lluvia.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7: Distribución temporal patrón de Wilken para diferentes tipologías de lluvia.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8: Distribución temporal patrón de Huff (1970) para diferentes tipologías de lluvia.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9: Cálculo de un intervalo del hietograma tipo, con el método de Huff.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 10: Localizaciones analizadas en este trabajo.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 11: Curva <math>i_d T</math> recopilada en Salta Capital, Salta.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12: Curva <math>i_d T</math> recopilada en La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13: Curva <math>i_d T</math> recopilada en Resistencia, Chaco.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 14: Curva <math>i_d T</math> recopilada en San Fernando de Valle de Catamarca, Catamarca.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 15: Curva <math>i_d T</math> recopilada en Rafaela, Santa Fe.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 16: Variación de las relaciones entre láminas <math>r</math> asociadas a diferentes duraciones correspondientes a la localidad de Salta Capital.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 17: Variación de las relaciones entre láminas <math>r</math> asociadas a diferentes duraciones correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 18: Variación de las relaciones entre láminas <math>r</math> asociadas a diferentes duraciones correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 19: Variación de las relaciones entre láminas <math>r</math> asociadas a diferentes duraciones correspondientes a la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 20: Variación de las relaciones entre láminas <math>r</math> asociadas a diferentes duraciones correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 21: Superficie <math>i_d T</math> obtenida aplicando la alternativa de ajuste 1 para la localidad de Salta Capital, Salta.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 22: Superficie <math>i_d T</math> obtenida aplicando la alternativa de ajuste 2 para la localidad de Salta Capital, Salta.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 23: Superficie <math>i_d T</math> obtenida aplicando la alternativa de ajuste 3 para la localidad de Salta Capital, Salta.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 24: Curvas <math>i_d T</math> obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 10 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 25: Curvas <math>i_d T</math> obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 26: Curvas <math>i_d T</math> obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 50 años y duraciones entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 27: Curvas <math>i_d T</math> obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 50 años y duraciones entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 28: Curvas <math>i_d T</math> obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 100 años y duraciones entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 29: Curvas <math>i_d T</math> obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 100 años y duraciones entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 30: Curvas <math>i_d T</math> obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 10 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 31: Curvas <math>i_d T</math> obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 32: Curvas <math>i_d T</math> obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 50 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.....</i>	<i>107</i>

*Figura 33: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 50 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero. ... 107*

*Figura 34: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 100 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero. .... 108*

*Figura 35: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 100 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero. ... 108*

*Figura 36: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 10 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Resistencia, Chaco. .... 119*

*Figura 37: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Resistencia, Chaco. .... 119*

*Figura 38: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 50 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Resistencia, Chaco. .... 120*

*Figura 39: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Resistencia, Chaco. .... 120*

*Figura 40: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 10 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca. .... 130*

*Figura 41: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca. .... 130*

*Figura 42: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 50 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca. .... 131*

*Figura 43: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 50 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca. .... 131*

*Figura 44: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 100 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca. .... 132*

*Figura 45: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 100 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca. .... 132*

*Figura 46: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 10 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe. .... 143*

*Figura 47: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe. .... 143*

*Figura 48: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 50 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe. .... 144*

*Figura 49: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 50 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe. .... 144*

*Figura 50: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 100 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe. .... 145*

*Figura 51: Curvas idT obtenidas por los distintos método aplicados para un periodo de retorno de 100 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe. .... 145*

*Figura 52: Ubicación de las localizaciones donde ya se han calibrado los parámetros del modelo DIT. 153*

*Figura 53: Hietogramas tipo para una duración de 15 minutos. .... 157*

*Figura 54: Hietogramas tipo para una duración de 30 minutos. .... 158*

*Figura 55: Hietogramas tipo para una duración de 60 minutos. .... 159*

*Figura 56: Hietogramas tipo para una duración de 90 minutos. .... 160*

*Figura 57: Hietogramas tipo para una duración de 120 minutos. .... 161*

*Figura 58: Hietogramas tipo para una duración de 15 minutos. .... 162*

*Figura 59: Hietogramas tipo para una duración de 30 minutos. .... 163*

*Figura 60: Hietogramas tipo para una duración de 60 minutos. .... 164*

*Figura 61: Hietogramas tipo para una duración de 90 minutos. .... 165*

*Figura 62: Hietogramas tipo para una duración de 120 minutos. .... 166*

*Figura 63: Hietogramas tipo para una duración de 15 minutos. .... 167*

*Figura 64: Hietogramas tipo para una duración de 30 minutos. .... 168*

<i>Figura 65: Hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.....</i>	<i>169</i>
<i>Figura 66: Hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.....</i>	<i>170</i>
<i>Figura 67: Hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.....</i>	<i>171</i>
<i>Figura 68: Hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.....</i>	<i>172</i>
<i>Figura 69: Hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.....</i>	<i>173</i>
<i>Figura 70: Hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.....</i>	<i>174</i>
<i>Figura 71: Hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.....</i>	<i>175</i>
<i>Figura 72: Hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.....</i>	<i>176</i>
<i>Figura 73: Hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.....</i>	<i>177</i>
<i>Figura 74: Hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.....</i>	<i>178</i>
<i>Figura 75: Hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.....</i>	<i>179</i>
<i>Figura 76: Hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.....</i>	<i>180</i>
<i>Figura 77: Hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.....</i>	<i>181</i>



# 1. Capítulo 1: Marco Referencial del Informe.

## 1.1. Introducción

Desde el punto de vista humano, el agua tiene un impacto positivo si se la considera como un recurso natural que puede ser utilizado con fines domésticos, industriales, agrícolas, mineros, recreativos, entre otros. Mientras que, también se puede tener un impacto negativo si se habla de los fenómenos naturales que pueden convertirse en amenazas hídricas (por ejemplo inundaciones) para seres vivos, suelos, infraestructura, etc.

Para el aprovechamiento sustentable del recurso hídrico (problema de regulación de aportes continuos a largo plazo) y para mitigar los efectos de amenazas hídricas (problema de control de eventos extremos) se debe proceder a desarrollar medidas estructurales (infraestructura) y medidas no estructurales (medidas de gestión, disposiciones legales y reglamentarias, normas de operación, etc.).

El diseño sustentable de estas medidas estructurales y no estructurales se define como el diseño consistente con los principios del desarrollo global sustentable, el cual prevé un desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades (World Commission on Environment and Development, 1987). Un sobredimensionamiento de las medidas genera un impacto innecesario sobre el medio ambiente y resulta antieconómico, en tanto que si se subestiman estas medidas pueden fallar con resultados catastróficos con un impacto aun mayor para la sociedad y el medio ambiente, tanto por la pérdida de vidas humanas como de bienes públicos y privados. En este marco, el diseño sustentable de las medidas estructurales y no estructurales requiere de un estudio integral que complemente los siguientes aspectos: (a) Diseño hidrológico que consiste en la definición precisa de las variables hidrológicas de diseño (por ejemplo: caudal) (b) Diseño hidráulico óptimo que contemple la compleja interacción de los flujos

turbulentos con el lecho, márgenes, vegetación, infraestructura hídrica existente y/o nueva, etc.

En este trabajo se decidió profundizar en el Diseño Hidrológico de Infraestructura Hídrica realizando estudios avanzados en esta temática. Se desarrolla una herramienta para diseño hidrológico con el fin de predecir la lluvia de diseño y a partir de ella poder obtener caudales de proyecto, parámetro fundamental de diseño hidrológico de cualquier obra hidráulica.

## 1.2. Diseño hidrológico

El diseño hidrológico se define como la evaluación del impacto de los procesos hidrológicos y la estimación de valores de las variables relevantes para modificarlo (Caamaño y Daaso, 2003). La predicción de eventos extremos para diseño constituye un paradigma de este último tipo, puesto que su objeto es la prevención de desastres. El término desastre hace referencia a un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada, causando perjuicios severos a una colectividad, una región o un país, sea por muerte o enfermedad en la población, destrucción o pérdida de sus bienes, desorganización de la estructura socioeconómica y/o daños marcados sobre el ambiente.

La mención de desastres lleva a considerar la idea de riesgo, que admite diferentes acepciones. Para los ingenieros se refiere a una función matemática, dependiente de la probabilidad de ocurrencia de fenómenos peligrosos. En cambio, quienes se dedican a las ciencias naturales (los geomorfólogos, por ejemplo) le asignan un significado más amplio, al interpretarlo como el resultado de relacionar la amenaza que entraña el fenómeno (equivalente al riesgo ingenieril) con la vulnerabilidad de los elementos expuestos (sensibilidad intrínseca a los efectos) (Caamaño y Daaso, 2003). Al margen de la cuestión semántica, y aun cuando el interés se reduzca a la evaluación de la amenaza, se utilizará aquí esta última concepción, ya que permite identificar las medidas de mitigación más adecuadas, estructurales (obras de protección e

intervención sobre la vulnerabilidad) y no estructurales (planificación, difusión, mapas de riesgo, sistemas de alerta, regulación de uso del suelo, costos preventivos en presupuestos de inversión, entrenamiento para emergencias).

Evaluar la amenaza es pronosticar o predecir la ocurrencia y magnitud del fenómeno, con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de eventos en el tiempo. Se pronostica si se asigna al suceso una magnitud y un tiempo de ocurrencia (o un lapso breve, a causa de la incertidumbre del proceso y/o de su estimación). El pronóstico es un anticipo a corto plazo (basado en interpretación de señales o eventos premonitorios), cuyo objetivo es informar a la población amenazada acerca del acontecimiento o inminencia de un fenómeno peligroso real. Por su parte, una predicción no especifica cuándo se producirá, sino que indica cuál será la magnitud de un evento hipotético crítico, dada su duración y su recurrencia (según la información probabilística de parámetros indicadores), o bien, en el más largo plazo, cuál será el evento máximo probable. La magnitud de las medidas estructurales y no estructurales diseñadas para el aprovechamiento sustentable del recurso hídrico y para mitigar los efectos de amenazas hídricas guarda relación directa con el valor predicho del caudal o el nivel a que estarán expuestas en el futuro, los cuales, por su carácter aleatorio, solo se pueden estimar en forma probabilística. Las principales pautas para predecir un valor de caudal de diseño son el costo y la seguridad.

#### 1.2.1. Lluvias de diseño

Generalmente al diseño hidrológico se lo utiliza para la estimación de la Creciente de Proyecto. Sin embargo la estimación de los caudales escurridos en la creciete de proyecto está afectada por la insuficiencia estadística de los registros históricos de caudales, lo cual lleva a evaluar indirectamente estos caudales mediante el uso modelos de transformación lluvia – caudal (P-Q), los cuales son alimentados por eventos hipotéticos críticos (lluvias de diseño).

La caracterización de las lluvias de diseño involucra un conjunto de rasgos de índole diversa, algunos de los cuales se traducen en variables concretas interrelacionadas. Esos rasgos o componentes, que son estudiados a lo largo de esta obra, se presentan a continuación (Caamaño y Daaso, 2003):

- **Magnitud:** Valor que alcanzaría la intensidad o la altura precipitada en un punto. La intensidad,  $i$ , se define como el cociente entre la altura de la lámina de lluvia,  $h$ , y la duración del intervalo que demandó su acumulación,  $d$ . Es, entonces, un promedio temporal en ese lapso, estimado para un punto específico del espacio. La magnitud se plantea para intervalo fijo (vínculo altura-recurrencia) si proviene de una serie pluviométrica, con paso de medición diario, o puede depender de la duración.
- **Persistencia:** Duración del intervalo de lluvia para el cual se predice. Este es un dato que el proyectista establece, dependiendo de las características físicas de la cuenca en cuyo cierre quiere estimar el pico de la creciente de proyecto.
- **Probabilidad:** Frecuencia futura estimada o período de retorno anual del evento. Es el otro dato a definir de antemano, en función de la amenaza o del riesgo asumido. El monto de lluvia se asocia habitualmente a la probabilidad de ocurrencia, a la frecuencia relativa histórica  $f$  (función  $i$ - $d$ - $f$ ) o a su recurrencia anual,  $T$ , (función  $i$ - $d$ - $T$ ). Pero también se puede referir al evento de mayor magnitud esperable en una región, denominado Valor Límite Estimado, VLE (en el caso de lluvia, la Precipitación Máxima Probable, PMP), al que no se le puede asignar una probabilidad de ocurrencia
- **Ubicación:** Posición donde interesa predecir, en relación con la red de medición. Las ternas de valores para calibrar un modelo  $i$ - $d$ - $T$  provienen de registros continuos o de alta frecuencia; por lo tanto, sólo es posible la estimación directa en un pluviógrafo. Si, como es común, no existe una serie pluviográfica local apta, se necesita transponer la función, con técnicas específicas que se asumen parte integral del tema. En tal caso, un pluviómetro

próximo al punto de interés brindaría información valiosa para la transposición. Cuando no lo haya, la única opción es interpolar entre puestos con datos, siempre que la densidad de la red y la orografía lo permiten. El valor local de PMP suele surgir de estimadores regionales. No se transpone dentro de la misma unidad espacial, sino de una región a otra, lo cual es altamente desaconsejable.

- **Distribución:** Patrón de variación temporal interna de la intensidad de lluvia. Es costumbre deducir los patrones temporales, denominados hietogramas tipo, de la función idT, pero las distribuciones no resultan verosímiles, porque se mezclan datos de fenómenos de características diferentes. También se los suele definir por síntesis de tormentas históricas, pero una tormenta es un fenómeno hidrometeorológico completo, no el suceso requerido para predicción.
- **Atenuación:** Reducción de lluvia local a escala de cuenca, para predecir descargas. La disminución del valor de la lámina precipitada depende del área de la cuenca, A, y de la duración de la lluvia. La forma usual de representarla es mediante curvas h-d-A. En lugar de la altura de lámina, se utiliza a veces el coeficiente de reducción areal. Estas funciones son propias de cada región y están afectadas en especial por su topografía, razón por la cual no es recomendable su transposición. Un modo elaborado de reflejar la estructura de la lluvia es un mapa de isohietas sintéticas, adaptable a la orientación geográfica dominante de las precipitaciones. Esto sólo tiene sentido para utilizar modelos de transformación espacialmente distribuidos, sea por el tamaño del sistema o por el grado de detalle requerido.

Las relaciones idT y el patrón de distribución temporal de las lluvias, requeridos para estimar Crecientes de Proyecto, solo se pueden extraer de extensos registros de alta frecuencia, normalmente fajas pluviográficas. Aun remplazando caudal por intensidad de lluvia se continúa teniendo un problema, ya que las series pluviográficas largas también son escasas, aunque menos que las hidrométricas. En cambio, es habitual otro

dato de lluvia provisto por pluviómetros: la lámina de lluvia diaria. De esta manera, los técnicos y proyectistas pueden proceder a la estimación mediante un análisis de estadística inferencial de las láminas de lluvias máximas diarias asociadas a diferentes periodos de retorno, a partir de las series de datos pluviométricos registrados en diversos puntos de la cuenca.

#### 1.2.2. Antecedentes de estudios sobre lluvias máximas diarias para el diseño hidrológico en Argentina.

En primer lugar y dado su carácter precursor en la temática se cita el trabajo elaborado por el Ing. Ruhle (1966), el cual ha sido desde su publicación ampliamente utilizado por los profesionales viales del país para determinar el caudal de diseño para infraestructura hídrica basándose en una serie de ábacos o gráficos. Entre los ábacos utilizados se encuentra la predicción de la lluvia de diseño utilizando cartografía elaborada para toda la República Argentina.

García (1994), presentó la "Regionalización de Precipitaciones Máximas Diarias en la provincia de Córdoba". Los objetivos del mismo fueron la regionalización de las lluvias máximas diarias para la provincia Córdoba, desarrollando tecnologías para la estimación de lluvias máximas con alcance regional, diseñando un procedimiento expeditivo de estimación para uso ingenieril que aporta herramientas de cálculo particulares para el territorio Provincial. En ese trabajo, cada serie de valores máximos de precipitación fue ordenado por año hidrológico sobre 141 puestos pluviométricos seleccionados en la Provincia, a los cuales se le ajustaron seis distribuciones teóricas de probabilidad: Gumbel, Lognormal, Gamma, Pearson, Normal y Weibull. Se adoptó la Distribución Lognormal como aquella capaz de caracterizar la pluviometría de todo el territorio Provincial. El análisis probabilístico realizado por el autor, determinó los índices estadísticos, la curva de frecuencia muestral y la frecuencia esperada. Mediante el trazado de isohietas por el método de mínima curvatura se obtuvieron coberturas continuas y dichos campos de precipitación fueron plasmados en sendos mapas para 20 periodos de retorno predefinidos (entre 2 a 200 años).

Maidah (2010) retomó el trabajo de García (1994) y bajo el título de “Análisis Espacial de Datos Hidrológicos utilizando Sistemas de Información Geográfica. Aplicación al Estudio de Lluvias Diarias”, desarrolló una herramienta técnica actualizada de similares características a la desarrollada en el trabajo de origen, con la ventaja de obtener en forma rápida y expeditiva, mediante las coordenadas geográficas de un punto de interés, las máximas precipitaciones diarias con recurrencia asociada. Los resultados de éste trabajo incluyen los valores mínimos, medios y máximos (definidos por los intervalos de confianza) de los valores predichos de la lámina de lluvia máxima diaria para recurrencias de 2, 5, 10, 20, 25, 30, 50, 100 y 200 años en cualquier punto de la Provincia de Córdoba a un nivel de significancia del 95%. Empleando un Sistema de Información Geográfica (SIG), a través del programa IDRISI Andes, Maidah (2010) presentó raster de isohietas con recurrencias asociadas a partir de información de base que comprendió el periodo 1941-1996, así como un resumen de las principales características del SIG empleado.

Lérida y Sánchez (2011), elaboraron un estudio Metodológico para la determinación de una Grilla idT consistente en la provincia de Córdoba. Este trabajo continuó los lineamientos de Maidah (2009) implementando el Modelo predictor DIT (Caamaño et al., 2003) en toda la provincia de Córdoba, regionalizando las variables hidrometeorológicas que permiten la regionalización de las funciones idT.

Por su parte Bianchiotti (2012) realizó un análisis de la Precipitación Máxima Probable en la provincia de Córdoba a través de un Sistema de Información Geográfica, en el cual se actualizaron datos de estaciones pluviométricas de la base de datos original utilizadas en García (1994) y Maidah (2009) y agregaron nuevas estaciones.

Las publicaciones realizadas por Caamaño, Dasso (2003), y Catalini, Caamaño y Dasso (2011), sintetizan todos los antecedentes mencionados de estudios realizados para la provincia de Córdoba por el grupo de hidrología del Instituto Nacional del Agua y su Centro de Investigación de la Región Semiárida (INA-CIRSA) y el Grupo de Estudios Hidrológicos en Cuencas Pobrementemente Aforadas de la Universidad Católica de Córdoba (UCC-EHCPA) en lo referente a la predicción de lluvias causales de crecientes de

proyecto, comprendiendo su magnitud, su validez a futuro, su transposición y su variación en el tiempo y el espacio e incluye ejemplos de aplicación.

En la provincia de Entre Ríos, Zamanillo et al. (2009) a partir de información pluviométrica existente combinada a nivel regional con registros pluviográficos disponibles generó una herramienta para la determinación de tormentas de proyecto. Estos resultados permiten calcular tormentas de diseño para recurrencias de 2, 5, 10, 20, 25 y 50 años en cualquier punto de la provincia incluyendo la estimación de una relación intensidad-duración-recurrencia (idT) y la distribución temporal de la tormenta.

Entre los años 2012 y 2013 se realizó un análisis análogo al realizado previamente en la provincia de Córdoba en las provincias de Santa Fe y San Luis (Catalini et al., 2011), lográndose la regionalización de las precipitaciones máximas diarias en estas dos provincias del centro de la Argentina

Recientemente, Guillén en el año 2014 realizó siguiendo la misma metodología el análisis de lluvias máximas diarias asociado a diferentes recurrencias en el noroeste de Argentina (más precisamente en las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero, Chaco y Formosa).

En el trabajo que aquí se presenta se busca continuar el análisis abarcando duraciones menores a la diaria y así poder construir las relaciones intensidad – duración – recurrencias (idT) de toda esta zona de estudio.

## 1.3. Marco teórico

### 1.3.1. Métodos para la estimación de curvas idT

Los métodos empleados para estimar curvas idT en el territorio nacional pueden ser clasificados en dos grandes grupos que se dividen, a su vez, en sendos subgrupos. Con



excepción de los métodos basados en los registros pluviográficos del lugar de interés, los restantes corresponden a procedimientos de transposición hidrológica. En estos métodos la tendencia general es al aumento de la incertidumbre de sus estimaciones a medida que disminuye la disponibilidad de datos de la región de interés. A continuación se presenta un breve comentario sobre cada método.

1) Métodos aplicables a localidades con datos de lluvia:

En general se trata de los métodos más confiables, por el hecho de hacer uso de informaciones del propio lugar de interés.

*a) Métodos basados en informaciones pluviográficas:*

Representan la determinación clásica de las curvas idT y constituyen el procedimiento más confiable. Al requerir un gran esfuerzo de tratamiento resultan, en contrapartida, muy lentos. Se basan en el análisis estadístico del conjunto de fajas pluviográficas disponibles correspondientes a las tormentas intensas registradas en la localidad de interés. Por lo general se recomienda contar con al menos 20 años de datos históricos.

Para realizar el análisis de las fajas pluviográficas se procede de la siguiente manera:

1. En primera instancia se dividen los datos de precipitación histórica en años hidrológicos, incluyendo en el centro del año la temporada de precipitaciones y se asigna a cada uno su respectivo año.
2. Se determina para cada uno de los años hidrológicos la máxima intensidad anual observada para las diferentes duraciones (ejemplo 10, 20, 30, 40, 50, 60 min, etc.) y a cada una de las series de intensidades máximas anuales (de diferentes duraciones) se les aplica la metodología que seguidamente a este punto se describe.

3. Para cada una de las series de máximos anuales se realizan las diferentes pruebas estadísticas correspondientes para la detección de datos atípicos y verificación de las pruebas de independencia, homogeneidad y estacionalidad.
4. Se determinan parámetros estadísticos de las series de máximos anuales: valor máximo observado, promedio aritmético y desvío estándar.
5. Finalmente se realiza estadística inferencial, es decir se relacionan las láminas (o intensidades) de lluvia máxima de distintas duraciones con las recurrencias. Para lograr esto, en primer lugar se aplica una función de distribución de probabilidad teórica (por ejemplo Weibull), en la cual se le asigna un valor de probabilidad a cada dato observado:

$$T = \frac{N+1}{m} \quad (1)$$

Donde  $N$  es la cantidad de datos que contiene la serie de máximos anuales y  $m$  el ranking que se le asigna a ese dato si se los ordena de mayor a menor.

6. Luego, a partir de los datos obtenidos que surgen de aplicar Weibull, se ajustan funciones de distribución de probabilidades teóricas (FDPT) y para ello se aplican diferentes métodos de ajuste de parámetros. A continuación se mencionan algunas de las FDPT existentes:
  - GEV (Método de Máxima Verosimilitud).
  - Gumbel (Método de Máxima Verosimilitud).
  - LogNormal (Método de Máxima Verosimilitud).
  - GEV (Método de Momentos).
  - Gumbel (Método de Momentos).

- Log Pearson tipo III (Método de Momentos).

Sobre cada uno de los ajustes de las diferentes funciones de distribución de probabilidad utilizadas se realiza una prueba de adecuación (o también llamada de bondad de ajuste) para determinar cuál es la que mejor representa los datos.

Para representar la relación entre las tres variables ( $i$ ,  $d$  y  $T$ ) como una superficie continua existen diferentes ecuaciones matemáticas que han sido desarrolladas. A continuación se presentan 2 de los métodos que se pueden aplicar para representar matemáticamente las curvas idT:

- i) Método de Sherman: este autor plantea una relación entre las variables del siguiente tipo:

$$i = \frac{K \cdot T^m}{(d+c)^n} \quad (2)$$

Donde  $i$  es la intensidad de la lluvia máxima de duración  $d$  cuya recurrencia es de  $T$  años. A su vez  $K$ ,  $c$ ,  $m$  y  $n$  son parámetros que se determinan por ajuste utilizando regresión lineal múltiple.

- ii) Modelo DIT: a pesar de ser el método de Sherman uno de los ajustes más comunes, existe una variante que puede utilizarse que tiene la ventaja principal de contar con parámetros que tienen sentido físico. Este método es el denominado Modelo DIT. La relación idT que sigue el método es la siguiente:

$$\ln i_{dT} = A \cdot \emptyset_y - B \cdot \delta_y + C \quad (3)$$

Donde  $i$  es la intensidad de la lluvia máxima de duración  $d$  cuya recurrencia es de  $T$  años,  $\emptyset_y$  es el factor de frecuencia (y depende del período de

retorno  $T$ ), y  $\delta_y$  es una función que depende de la duración  $d$ . Tanto  $\emptyset_y$  como  $\delta_y$  se definen como:

$$\emptyset_y = 2,584458 \cdot (\ln T)^{\frac{3}{8}} - 2,252573 \quad (4)$$

$$\delta_y = (\ln d)^{5/3} \quad (5)$$

Este modelo consta de 3 parámetros ( $A$ ,  $B$ , y  $C$ ) y la ventaja de los mismos es que tienen sentido físico y son fáciles de transponer de una ubicación a otra (esto se explicita más claramente en la sección siguiente donde se trata la estimación de curvas idT donde solo se cuenta con información pluviométrica). Los parámetros  $A$ ,  $B$ , y  $C$  se definen como:

$$A = \sigma + \alpha \quad (6)$$

$$B = -\beta \quad (7)$$

$$C = \mu + \ln(60) + \gamma \quad (8)$$

Siendo  $\mu$  y  $\sigma$  la media y el desvío, respectivamente, de los logaritmos naturales de una serie de precipitaciones máximas diarias anuales obtenida de datos pluviométricos que generalmente son más abundantes y comunes;  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  son parámetros que surgen del ajuste por regresión de este modelo en base a datos pluviográficos.

*b) Métodos basados en informaciones pluviométricas:*

Representan una variante a la determinación clásica de las curvas idT y se aplica cuando solo se cuenta con información pluviométrica en el lugar donde se necesita construir la curva idT y no existen datos pluviográficos.

A continuación se presentan 2 metodologías de cálculo validas que pueden ser aplicables en estos casos:

- i) Método de desagregación de duraciones de lluvias intensas diarias (Bertoni y Tucci, 1993) o también conocido como de “relación entre duraciones”. Este método se basa en la característica presentada por las precipitaciones intensas de poseer relaciones relativamente constantes entre las intensidades correspondientes a distintas duraciones. El método exige el análisis estadístico de lluvias diarias, el cual generalmente se realiza siguiendo el enfoque de series anuales. Se trata de un método que combina rapidez de tratamiento, simplicidad de análisis y aceptable grado de confiabilidad al basarse en datos del propio lugar de interés.

Partiendo de la definición de las siguientes relaciones entre láminas:

$$R = \frac{h_{24hs,T}}{h_{1día,T}} \quad (9)$$

$$r_{d,T} = \frac{h_{d,T}}{h_{24hs,T}} \quad (10)$$

Donde  $h_{d,T}$  es la lámina de lluvia caída en una duración  $d$ ;  $h_{24hs,T}$  es la lámina de lluvia caída en 24 horas consecutivas (ambas medidas con pluviógrafo); y  $h_{1día,T}$  es la lámina de lluvia diaria (medida con pluviómetro); todas para una recurrencia de  $T$  años.

Entonces, aplicando estas relaciones entre láminas puede calcularse la lámina de lluvia  $h$  caída en una duración  $d$  cuya recurrencia es de  $T$  años como:

$$h_{d,T} = R \cdot r_{d,T} \cdot h_{1día,T} \quad (11)$$

La metodología para la construcción de las curvas idT aplicando las relaciones entre laminas es la siguiente: para cada ubicación donde se cuenta con un pluviógrafo, se calculan estas relaciones  $R$  y  $r$ ; y las mismas se utilizan para estimar la relación idT en localizaciones donde solo existe

información diaria (es decir donde hay información pluviométrica) pero que tiene características hidrometeorológicas similares.

En cuanto al vínculo entre láminas máximas de 24 horas y 1 día ( $R$ ), se estimaron los siguientes valores en diferentes estudios en el mundo:

- Hershfield (1961) -  $R = 1,13$  – en USA.
- CETESB (1979) -  $R = 1,14$  – en San Pablo, Brasil.
- Tabora (1974) -  $R = 1,10$  – en Río de Janeiro, Brasil.
- García (1994) -  $R = 1,08$  – en Córdoba, Argentina

A continuación, en la Tabla 1 se muestran algunas relaciones  $r$  (entre láminas máximas de 24 horas y de duraciones menores) estimadas en diferentes países del mundo:

Región	Autor y año	Índice	$r_{d1:24hs}$ para distintas $d_1$ [minutos]								
			5	10	15	30	60	120	180	360	720
América Central	Hargreaves, 1981*	Máximo				0,50	0,56	0,64	0,69	0,78	0,88
		Mínimo				0,35	0,42	0,51	0,57	0,69	0,83
Argentina	Lucero, 1994*; Medina et al, 1975	Máximo	0,12	0,20	0,28	0,45	0,57	0,78	0,78	0,82	0,97
		Mínimo	0,10		0,23	0,32	0,39	0,52	0,54	0,69	0,83
Argentina (Córdoba)	García et al, 1998	Máximo	0,22	0,33	0,41	0,55	0,65	0,73	0,79	0,87	0,94
		Mínimo	0,11	0,19	0,26	0,41	0,52	0,60	0,67	0,79	0,91
Australia	Pierrehumbert, 1977	Máximo	0,12	0,17	0,22	0,31	0,40	0,48	0,53	0,63	0,78
		Mínimo	0,10	0,15	0,19	0,27	0,35	0,41	0,45	0,56	0,74
Brasil	Bertoni et al, 1993	Máximo	0,14		0,26	0,37	0,45	0,56		0,72	0,85
		Mínimo	0,07		0,19	0,28	0,40	0,53			
India	Kothyari et al, 1992*	Máximo	0,19	0,24	0,27	0,33	0,40	0,49	0,55	0,67	0,82
		Mínimo	0,18	0,23	0,25	0,31	0,39	0,48	0,54	0,66	0,81
Nigeria	Oyebande, 1982*	Máximo					0,74		0,84	0,92	0,95
		Mínimo					0,56		0,71	0,81	0,85
USA	Hershfield, 1961; Chen, 1983*; French, 1983*; Peterson, 1986* Osborn et al, 1988* Bell, 1969; Froehlich, 1995*	Máximo	0,14	0,23	0,44	0,49	0,56	0,63	0,68	0,77	0,88
		Mínimo			0,28	0,38	0,40	0,50	0,56	0,70	0,84
Coeficiente de variación de máximos			0,26	0,26	0,29	0,22	0,22	0,19	0,17	0,13	0,08
Coeficiente de variación de mínimos			0,36	0,21	0,16	0,16	0,17	0,11	0,15	0,12	0,06

**Tabla 1: Relaciones entre láminas estimadas para varios países.**

- ii) Modelo DIT: aplicando el modelo DIT anteriormente presentado también es posible construir las curvas idT en una localidad donde solo se cuenta con información pluviométrica.

Si se tienen los valores de los parámetros del DIT ( $A$ ,  $B$ , y  $C$ ) y los valores de  $\mu$  y  $\sigma$  (siendo estos la media y el desvío, respectivamente, de los logaritmos naturales de una serie de precipitaciones máximas diarias anuales obtenida en la localidad donde existen datos pluviográficos) obtenidos en esa misma ubicación; a partir de los valores de la media  $\mu'$  y el desvío estándar  $\sigma'$  obtenidos a partir de información pluviométrica es posible obtener los parámetros del DIT en la localización donde se cuenta solamente con pluviómetro ( $A'$ ,  $B'$ , y  $C'$ ). Para obtener los parámetros del punto en cuestión se aplican las siguientes ecuaciones:

$$A' = A - \sigma + \sigma' \quad (12)$$

$$B' = B \quad (13)$$

$$C' = C - \mu + \mu' \quad (14)$$

Donde  $A$ ,  $B$ , y  $C$  son los parámetros del DIT en la localidad cercana donde existen datos pluviográficos;  $\mu$  y  $\sigma$  la media y el desvío, respectivamente, de los logaritmos naturales de una serie de precipitaciones máximas diarias anuales obtenida en la localidad donde existen datos pluviográficos; y  $\mu'$  y  $\sigma'$  la media y el desvío, respectivamente, de los logaritmos naturales de una serie de precipitaciones máximas diarias anuales obtenida en la localidad cercana donde solo se cuenta con datos pluviométricos.

- iii) Método de Bell: este método, de carácter universal, se fundamenta en el hecho aceptado que los eventos de lluvias de gran intensidad y corta duración obedecen a mecanismos atmosféricos similares, que aparentemente son independientes de la región que se considere, ya que

se han observado tendencias similares cuando se han usado datos de lugares tan diversos como Estados Unidos, Australia o Sudáfrica.

Se define la lámina de lluvia caída en una duración  $d$  para una recurrencia de  $T$  años  $h_{d,T}$  como:

$$h_{d,T} = (0,21 \cdot \ln T + 0,52) \cdot (0,54 \cdot d^{0,25} - 0,50) \cdot h_{60,10} \quad (15)$$

Donde  $h_{60,10}$  es la lámina de lluvia caída en una duración  $d = 60$  minutos para una recurrencia de  $T = 10$  años y se define como:

$$h_{60,10} = 0,27 \cdot M \cdot N^{0,33} \rightarrow 0 < M < 50 \quad (16)$$

$$h_{60,10} = 0,97 \cdot M^{0,67} \cdot N^{0,33} \rightarrow 50 < M < 115 \quad (17)$$

Donde  $M$  es la media de las precipitaciones máximas diarias de la serie pluviométrica (en mm) y  $N$  es la media del número de días lluviosos al año (y debe valer entre 1 y 90); ambas en la localidad donde se quiere estimar la relación idT.

## 2) Métodos aplicables a localidades sin datos de lluvia:

Se trata de métodos expeditivos, basados en regionalización hidrológica. Permiten contar con una primera estimación de las curvas idT del lugar de interés.

### a) *Métodos existentes en Argentina:*

Entre estos métodos se destacan el de Ruhle (1966), propuesto para su empleo en el Método Racional Generalizado (MRG) y el de Devoto (2002).

#### i) Método de Ruhle.

La metodología de para obtener la relación idT siguiendo este método consiste en:



1. Extraer el valor de  $i_{1hr,25 \text{ años}}$  (la intensidad de precipitación horaria, en mm/h, correspondiente a una recurrencia o tiempo de retorno  $T$  de 25 años) del mapa de isohietas horarias de todo el país, que es el que se muestra en la Figura 1.
2. Determinar los parámetros  $a$ ,  $b$ , y  $c$  según las siguientes expresiones:

$$a = 31 \cdot i_{1hr,25 \text{ años}} + 0,023 \cdot i_{1hr,25 \text{ años}}^{2,295} \quad (18)$$

$$b = 0,82 \quad (19)$$

$$c = 2,29 + 0,023 \cdot i_{1hr,25 \text{ años}}^{1,295} \quad (20)$$

3. Calcular el valor de la intensidad media de la lluvia correspondiente a 25 años de tiempo de retorno  $i_{d,25 \text{ años}}$  para las distintas duraciones que se requieran según la expresión:

$$i_{d,25 \text{ años}} = \frac{a}{d^{b+c}} \quad (21)$$

Donde  $d$  es la duración de la tormenta expresada en minutos.

4. Determinar las intensidades correspondientes a diferentes tiempos de retorno analizados según la expresión:

$$i_{d,T} = i_{d,25 \text{ años}} \cdot \left[ 1 + 0,44 \cdot \left( \frac{50}{50+R_{25}^{0,5}} \right) \cdot \log \frac{T}{25} \right] \quad (22)$$

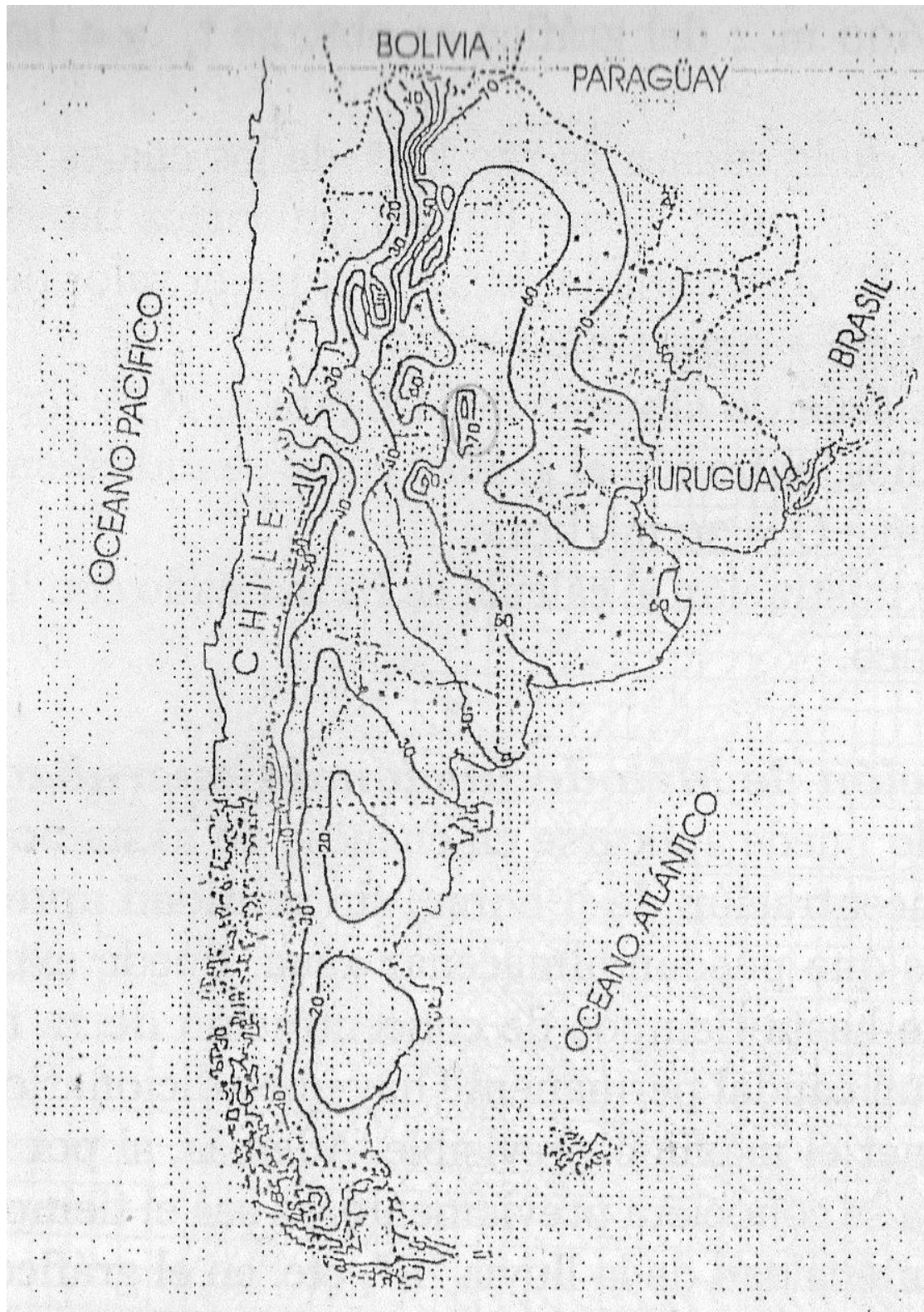


Figura 1: Mapa de isohietas del cual se extrae el valor de  $i_{d,T}$  necesario para aplicar el Método de Ruhle.

## ii) Método de Devoto.

La metodología de para obtener la relación idT siguiendo este método consiste en:

1. Se extraen los valores de lámina media de lluvia  $\bar{h}$  y coeficiente de variación  $C_v$  para 1 ( $\bar{h}_1$ ,  $C_{v1}$ ) y 12 ( $\bar{h}_2$  y  $C_{v12}$ ) horas de duración de la Figura 2 y Figura 3 respectivamente.
2. El autor propone la representación estadística de la intensidad máxima asociada a diferentes duraciones a través del modelo doble exponencial de Gumbel. Se calculan los valores de lámina de lluvia  $h$  para 1 ( $h_1$ ) y 12 horas ( $h_{12}$ ) de duración y para diferentes recurrencias según la expresión:

$$h_1 = \bar{h}_1 \cdot \left\{ 1 - \frac{0,5772}{1,282} \cdot C_{v1} - \frac{1}{1,282} \cdot C_{v1} \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad (23)$$

$$h_{12} = \bar{h}_2 \cdot \left\{ 1 - \frac{0,5772}{1,282} \cdot C_{v12} - \frac{1}{1,282} \cdot C_{v12} \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad (24)$$

3. Se determinan los valores de intensidad de lluvia  $i$  para 1 ( $i_1$ ) y 12 horas ( $i_{12}$ ) de duración y para diferentes recurrencias según la expresión:

$$i_1 = h_1/1hr \quad (25)$$

$$i_{12} = h_{12}/12hr \quad (26)$$

4. Se determinan los parámetros  $a$ ,  $b$ , y  $c$  para cada tiempo de retorno según las ecuaciones:

$$a = i_1 \cdot (d_1^b + c) \quad (27)$$

$$b = 0,80 \quad (28)$$

$$c = \frac{(i_{12} \cdot d_{12}^b - i_1 \cdot t_1^b)}{(i_{12} - i_1)} \quad (29)$$

5. Se determinan las intensidad de lluvia  $i_{d,T}$  para diferentes duraciones y tiempos de retorno analizados según la expresión:

$$i_{d,T} = \frac{a}{d^b} + c \quad (30)$$

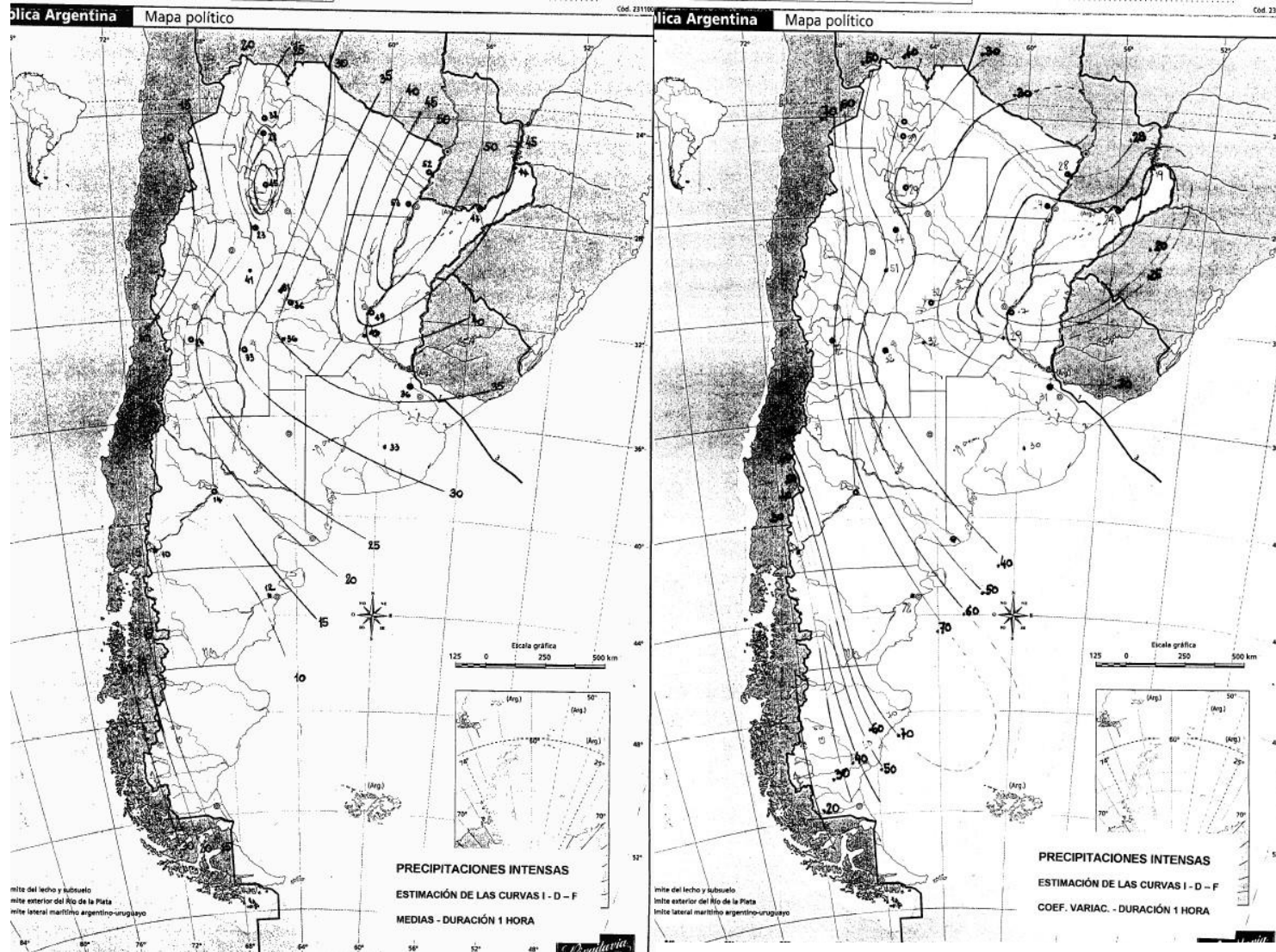


Figura 2: Valores de la lámina media  $\bar{h}_1$  y del coeficiente de variación  $C_{v1}$  para una duración de 1 hora

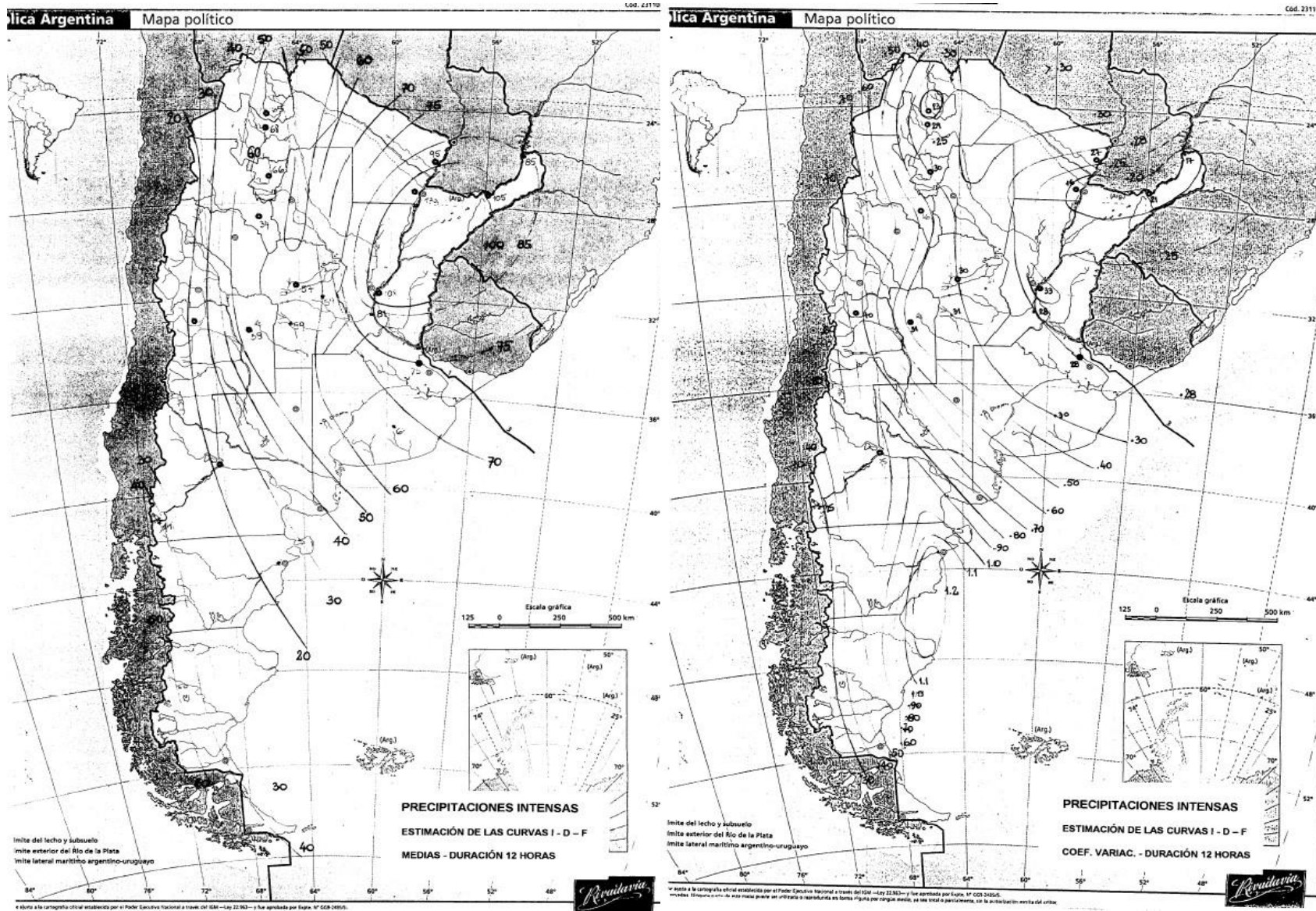


Figura 3: Valores de la lámina media  $\bar{h}_{12}$  y del coeficiente de variación  $C_{v12}$  para una duración de 12 horas

A modo de resumen:

- 1) Métodos aplicables a localidades con datos de lluvia.
  - a) Métodos basados en informaciones pluviográficas.
    - i) Método de Sherman.
    - ii) Modelo DIT.
  - b) Métodos basados en informaciones pluviométricas.
    - i) Método de desagregación de duraciones.
    - ii) Modelo DIT.
    - iii) Método de Bell
- 2) Métodos aplicables a localidades sin datos de lluvia.
  - a) Métodos existentes en Argentina.
    - i) Método de Ruhle.
    - ii) Método de Devoto.

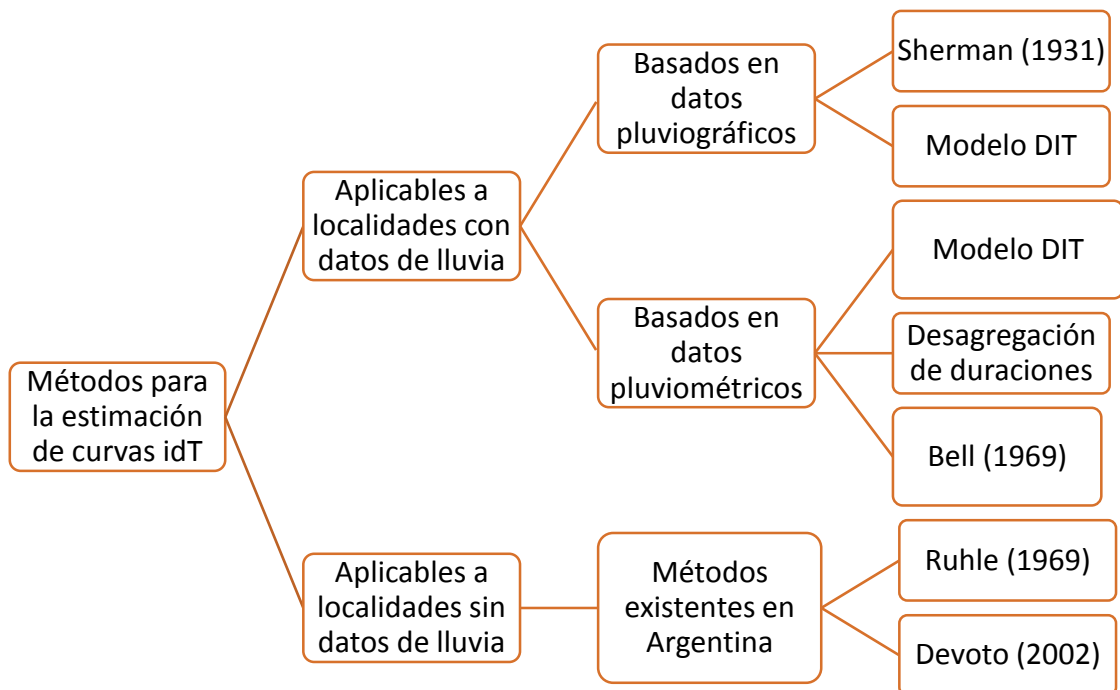


Figura 4: Clasificación de los métodos para la estimación de curvas idT.

### 1.3.2. Distribución temporal de la lámina de lluvia.

La intensidad de la lluvia presenta gran variabilidad durante la secuencia temporal de una tormenta. Conocer esa distribución en tormentas intensas es muy importante en temas hidrológicos tales como escorrentía potencial, erosión de los suelos y física de las lluvias. Constituye, además, el dato esencial de entrada a los modelos lluvia-escorrentía.

Como la distribución temporal de la lámina de lluvia cambia de una tormenta a otra, para caracterizarla se requiere gran cantidad de registros pluviográficos, de donde se puedan deducir patrones de comportamiento que permitan su análisis o su uso posterior. La representación gráfica, continua o discreta, de cada uno de esos patrones, se denomina hietograma tipo. A modo de ejemplo, en la Figura 5 se muestra un hietograma de precipitación:

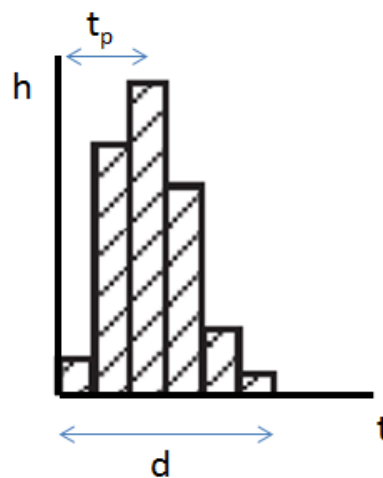


Figura 5: Esquema de hietograma de lluvia.

Vale aclarar que se denomina tiempo al pico ( $t_p$  en la Figura 5) al intervalo de tiempo existente entre el inicio del evento de lluvia y el momento en que ocurre el pico del hietograma. Se define coeficiente de avance como la relación existente entre el tiempo al pico y la duración total de la tormenta.

A continuación se hace una breve descripción de los métodos para la determinación de los hietogramas tipo. Los métodos que se utilizan para determinar hietogramas tipo, pueden partir de distribuciones patrón, de la función idT o de series históricas de

lluvias intensas. Este último caso, involucra una serie de decisiones y acciones metodológicas, antes y durante la síntesis de los eventos.

i) Distribuciones patrón de la lámina de lluvia:

El hietograma tipo se expresa mediante la distribución porcentual acumulada del total de lluvia, en función del porcentaje de duración (Hershfield, 1962; SCS, 1976; Wilken, 1978). Es común también representarlo con un patrón adimensional discreto, dividido en percentiles, generalmente cuartiles (Huff, 1967, 1970) o sextiles, cuya forma, en especial la posición de la moda, es determinante en la de la consecuente crecida.

A continuación, en la Figura 6 se muestran las distribuciones patrón definidas por Hershfield y por el SCS. En la misma se grafica el porcentaje de la duración en abscisas (duración de la tormenta en relación con la duración total del evento) y el porcentaje de precipitación en ordenadas (lámina caída hasta ese momento en relación a lámina caída total).

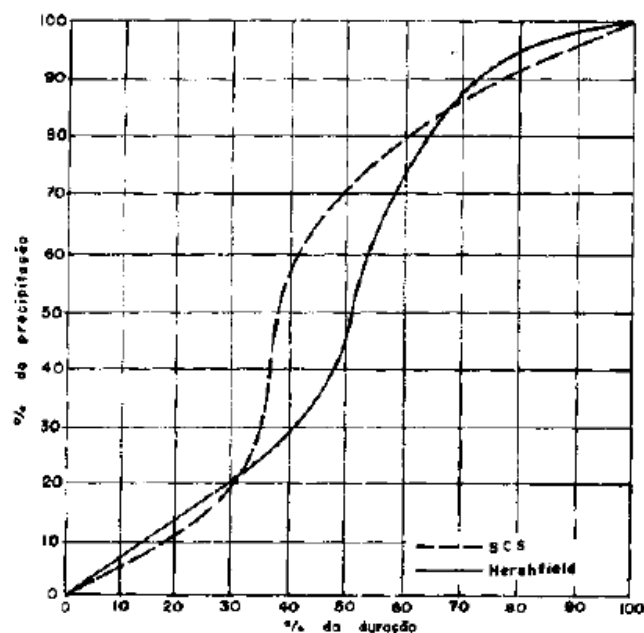


Figura 6: Distribución temporal patrón de Hershfield (línea continua) y del SCS (línea discontinua) de la lámina de lluvia.



En la Figura 7 se muestran las distribuciones patrón definidas por Wilken. Aquí también se grafica el porcentaje de la duración en abscisas (duración de la tormenta en relación con la duración total del evento) y el porcentaje de precipitación en ordenadas (lámina caída hasta ese momento en relación a lámina caída total). En este gráfico se presentan 6 curvas según la tipología de lluvia de la cual se trate, es decir:

- CURVAS 1 A 4: lluvias de 1 hora de duración con diferentes intensidades (desde 25 a 125 mm/h, ver en gráfico).
- CURVA 5: lluvias de larga duración (frentes estacionarios).
- CURVA 6: lluvias de entre 8 y 24 horas de duración.

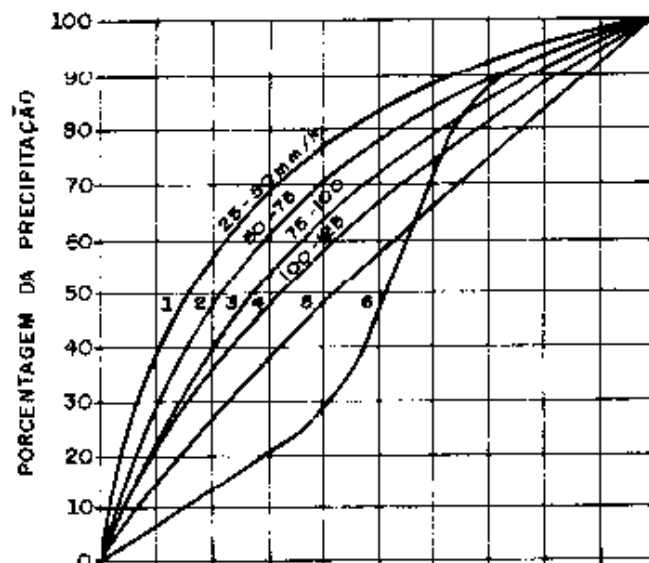


Figura 7: Distribución temporal patrón de Wilken para diferentes tipologías de lluvia.

En la Figura 8 se muestran las distribuciones patrón definidas por Huff en 1970. Aquí también se grafica el porcentaje de la duración en abscisas (duración de la tormenta en relación con la duración total del evento) y el porcentaje de precipitación en ordenadas (lámina caída hasta ese momento en relación a lámina caída total). En este gráfico se presentan cuatro curvas según en cuál de los cuartiles se ubique el pico de la tormenta.

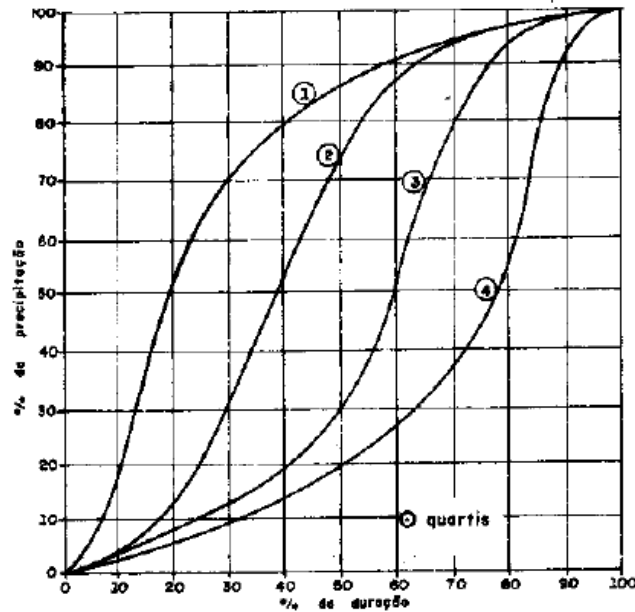


Figura 8: Distribución temporal patrón de Huff (1970) para diferentes tipologías de lluvia.

ii) Métodos para determinar hietogramas tipo a partir de la función idT.

A continuación se desarrollan dos de los métodos para obtener el hietograma tipo a partir de curvas idT:

(a) Método de Bloques Alternos:

La metodología para la determinación del hietograma tipo aplicando el método de bloques alternos se resume como:

1. De la relación idT se elige un  $T$  para el cual se calcula el hietograma tipo resultante.
2. A partir de la idT se calculan las intensidades de lluvia  $i$  para las siguientes duraciones:  $\Delta t$ ,  $2\Delta t$ ,  $3\Delta t$ , y así sucesivamente hasta  $d = n\Delta t$  (con  $d$  duración de la tormenta que se quiere construir el hietograma).
3. Para cada una de las intensidades de lluvia anteriormente obtenidas se calcula la lámina de lluvia acumulada ( $h_{acum} = i \cdot d$ ) relacionada a cada una de las duraciones ( $d = \Delta t$ ,  $d = 2\Delta t$ ,  $d = 3\Delta t$ , etc.)

4. Se calcula la lámina incremental  $h$  asociada a cada una de las duraciones ( $d = \Delta t$ ,  $d = 2\Delta t$ ,  $d = 3\Delta t$ , etc.) desagregando las láminas de lluvia acumuladas previamente calculadas ( $h = \Delta h_{acum}$ )
5. Se distribuye alternadamente a derecha e izquierda del pico cada una de las láminas incrementales calculadas previamente.

Vale aclarar que la posición del pico debe fijarse previamente. En casos donde exista información histórica debe tenerse en cuenta la posición más probable del mismo para una determinada tormenta. En caso de la no existencia de datos históricos, generalmente las tormentas son adelantadas, con un coeficiente de avance inferior a 0.5, lo cual significa que la intensidad máxima se produce en la primera mitad del evento y en el caso más desfavorable el pico se ubica a la mitad de la duración de la tormenta.

(b) Método de la Intensidad Instantánea:

Con un criterio similar al anterior y basándose en el modelo DIT (previamente desarrollado); esta metodología se resume como:

1. De la relación  $i d T$  se elige un  $T$  para el cual se va a calcular el hietograma tipo resultante.
2. A partir de la aplicación de la ecuación del modelo DIT se calculan las intensidades de lluvia  $i$  para las siguientes duraciones:  $\Delta t$ ,  $2\Delta t$ ,  $3\Delta t$ , y así sucesivamente hasta  $d = n\Delta t$  (con  $d$  duración de la tormenta que se quiere construir el hietograma).
3. Si se desarrolla la expresión matemática que relaciona  $i$ ,  $d$  y  $T$  en el modelo DIT se demuestra que la variación de la lámina de lluvia con el tiempo ( $\partial h / \partial d$ ) se define como:

$$\frac{\partial h}{\partial d} = i_a = i_b = i + d \cdot \frac{\partial i}{\partial d} = i \cdot \left[ 1 - \frac{5 \cdot B}{3} \cdot (\ln d)^{2/3} \right] \quad (31)$$

Donde  $i_a$  e  $i_b$  son las intensidades de lluvia de las ramas continuas del hietograma tipo de ascenso y descenso respectivamente;  $i$  la intensidad de lluvia para la duración  $d$  y la frecuencia  $T$ ; y  $B$  el parámetro del modelo DIT en la localización de estudio.

4. Lo que en este paso de cálculo se hace es obtener  $i_a$  e  $i_b$  para cada una de las siguientes duraciones:  $\Delta t$ ,  $2\Delta t$ ,  $3\Delta t$ , y así sucesivamente hasta  $d = n \cdot \Delta t$ .
  5. Se calcula la lámina incremental  $h$  asociada a cada una de las duraciones ( $d = \Delta t$ ,  $d = 2\Delta t$ ,  $d = 3\Delta t$ , etc.) para cada una de las duraciones ( $h = i_a \cdot \Delta t = i_b \cdot \Delta t$ )
  6. Se distribuye alternadamente a derecha e izquierda del pico cada una de las láminas incrementales calculadas previamente.
- iii) Métodos para determinar hietogramas tipo a partir de series históricas de lluvias intensas.

Si bien las metodologías de determinación de hietogramas tipo a partir de curvas idT son relativamente sencillas; los patrones así deducidos no resultan verosímiles porque, en una curva de frecuencia dada, las intensidades para varias duraciones son una serie de valores no relacionados de distintas tormentas y no la secuencia de un chaparrón intenso verdadero. Es por ello, que las metodologías de cálculo que se definen a continuación son más adecuadas para definir los hietogramas tipo.

No obstante, la principal desventaja de estos métodos radica en que para su aplicación se recomienda contar con al menos 20 años de datos de información pluviográfica.

A continuación se describen brevemente los métodos más utilizados para obtener hietogramas tipo cuando se tiene como dato series históricas de lluvias intensas:

(a) Método del ordenamiento de intervalos (Método de Pilgrim):

Desarrollado por Pilgrim, Cordery y French (1969) y Pilgrim y Cordery (1975), es el estándar para diseño hidrológico en Australia. La descripción de este método puede ser mejor comprendida con el ejemplo dado en la Tabla 2. El método consiste en:

1. Desagregar las tormentas medidas en un número fijo de intervalos de tiempo y calcular en cada una el porcentaje de lámina por intervalo.
2. Establecer un orden según dicho porcentaje, asignando valor 1 al pico (intervalo con mayor porcentaje de lluvia), 2 al 2º en magnitud y así sucesivamente.
3. Promediar por intervalo los órdenes sobre el total de tormentas. Asignar el pico a la posición de menor promedio, la segunda magnitud al segundo creciendo, y así sucesivamente.
4. Obtener porcentajes de lámina del hietograma tipo por intervalo promediando los correspondientes a cada número de orden en el total de las tormentas. Así, la media de los porcentajes de lluvia con posición original 1 es el porcentaje del pico y así sucesivamente.

Tormenta	Porcentaje de lámina por sextil						⇒	Orden del sextil					
	1°	2°	3°	4°	5°	6°		1°	2°	3°	4°	5°	6°
I	15	<b>44</b>	30	6	4	1	⇒	3	1	2	4	5	6
II	10	35	<b>40</b>	8	5	2	⇒	3	2	1	4	5	6
III	25	<b>42</b>	18	8	5	2	⇒	2	1	3	4	5	6
								↓	↓	↓	↓	↓	↓
Tipo	14	<b>42</b>	30	7	5	2	⇐	2,67	1,33	2	4	5	6

Tabla 2: Cálculo de un hietograma tipo según Pilgrim, Cordery y French (1969)

## (b) Método de la función de distribución acumulada (Método de Huff):

Este método, desarrollado por Huff (1967, 1970) parte de las tormentas desagregadas y arriba a distribuciones empíricas de frecuencia acumulada para porcentajes de lámina.

El procedimiento se ejemplifica en la Figura 9 con la obtención de la distribución empírica del 2º sextil de un conjunto de 10 tormentas. Debe repetirse para todos los intervalos y luego componerse el conjunto de resultados. La tabla adjunta muestra el porcentaje de lámina total acumulado en cada evento.

Se establecen límites de clase (de 10 en 10 en este caso) para esta variable (eje x) y se observa qué porción de las tormentas tiene porcentaje menor o igual (eje y). Aquí, por ejemplo, el 60% de los eventos (1, 2, 3, 4, 6 y 9) acumula menos de 20% de la lámina.

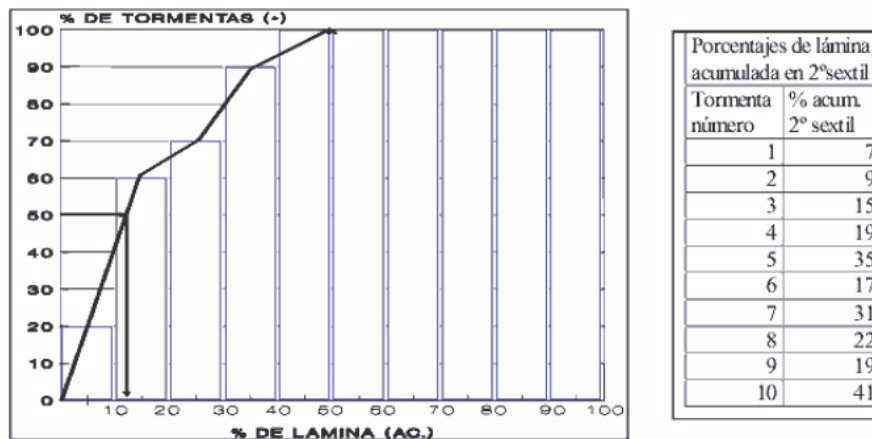


Figura 9: Cálculo de un intervalo del hietograma tipo, con el método de Huff.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivos generales

En este trabajo se presenta un estudio avanzado para el diseño hidrológico de medidas estructurales y no estructurales para mitigar el riesgo hídrico en el cual se evalúa la implementación del Modelo DIT para representar las relaciones idT. Además sobre las nuevas relaciones idT se determinan distribuciones temporales de las láminas de lluvia de diseño.

### 1.4.2. Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo general de este trabajo se proponen los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Recopilar datos pluviográficos y curvas idT existentes en el norte de Argentina para poder ajustar el modelo DIT y así construir relaciones idT.
- ✓ Comparar curvas idT obtenidas siguiendo diferentes metodologías en diferentes ciudades existentes en la región de estudio.
- ✓ Analizar la distribución temporal de la lámina de lluvia en la región de estudio y construir hietogramas tipo siguiendo diferentes metodologías.

## 1.5. Metodología del informe

En el Capítulo 1 se presentó el marco referencial del informe a través del cual se definieron conceptos importantes para el desarrollo del trabajo, y se explicaron los diferentes métodos para la estimación de curvas idT que se utilizarán más adelante.

Además se hizo hincapié en la distribución temporal de las láminas de lluvia y en su atenuación espacial.

En el Capítulo 2 se analizan los datos pluviográficos de cada localización estudiada, este análisis consistió en determinar las relaciones entre láminas (asociadas a diferentes duraciones) y en ajustar el Modelo DIT a través de diferentes alternativas propuestas, este ajuste permitió obtener los parámetros necesarios para la aplicación de este modelo.

En el Capítulo 3 se compararon las intensidades de precipitaciones calculadas a través del Modelo DIT ajustado en el este trabajo con los métodos de estimación de curvas idT mencionados en el Capítulo 1.

En el Capítulo 4 se presenta la distribución temporal de las láminas de lluvia para cada una de las localidades estudiadas. Esta distribución se analizó mediante la determinación de hietogramas tipo utilizando diferentes metodologías de cálculo.

En el Capítulo 5 se resumen las principales conclusiones obtenidas en este informe en cuanto a aspectos técnicos y personales. Se presentan también las perspectivas a futuro.



## 2. Capítulo 2: Análisis de datos pluviográficos.

### 2.1. Introducción

En este capítulo se presentan los datos pluviográficos que serán analizados en este trabajo, los cuales fueron obtenidos de diferentes fuentes. Para cada una de las series de datos recopiladas, se calculan las relaciones entre láminas de lluvia asociadas a diferentes duraciones y además los parámetros del modelo DIT.

### 2.2. Recopilación de datos pluviográficos

A continuación se presentan los datos pluviográficos obtenidos en diferentes localizaciones del norte de Argentina, los cuales serán analizados en este trabajo. Los puntos de estudio son:

1. Salta Capital, Salta. Latitud: -24,78 / Longitud: -65,40
2. La Banda, Santiago del Estero. Latitud: -27,83 / Longitud: -64,25
3. Resistencia, Chaco. Latitud: -27,50 / Longitud: -59
4. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca. Latitud: -28,50 / Longitud: -65,83
5. Rafaela, Santa Fe. Latitud: -31,17/ Longitud: -61,50

En la Figura 10 se muestra la ubicación de cada una de las localizaciones mencionadas anteriormente:

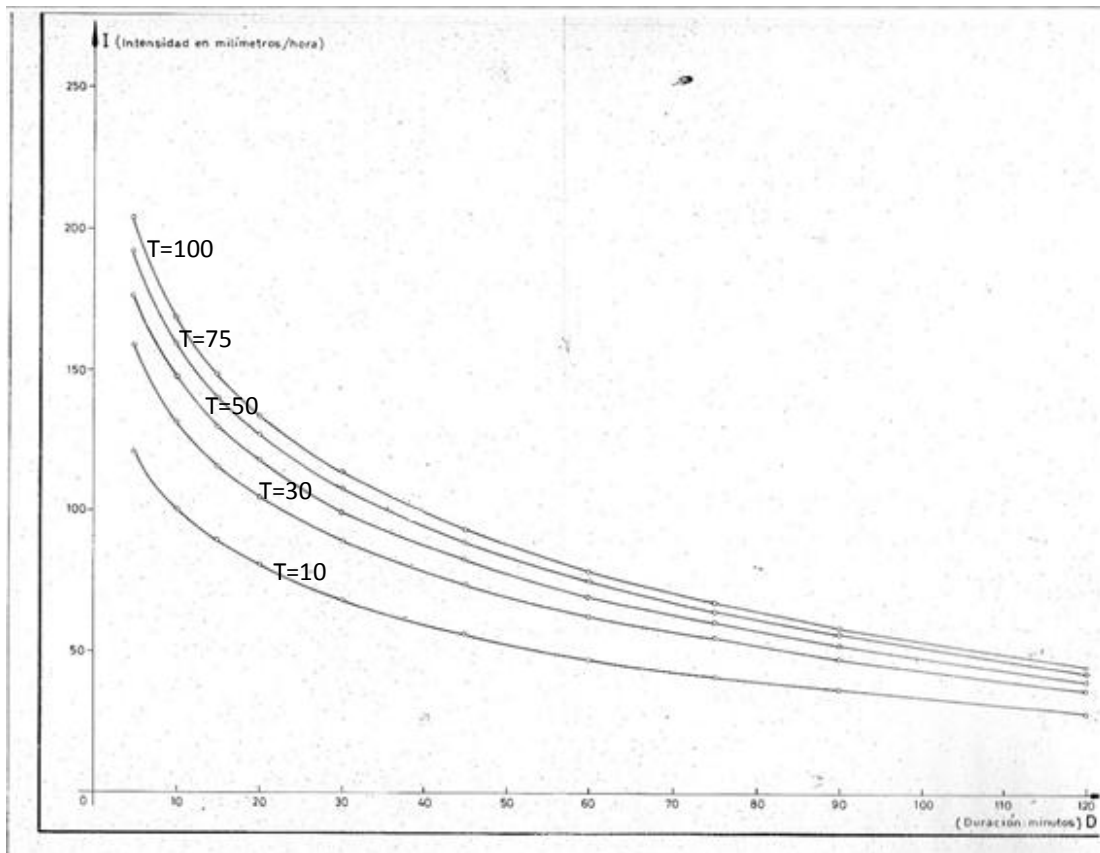


**Figura 10: Localizaciones analizadas en este trabajo.**

A continuación se describen los datos recopilados para cada localización de estudio. Estos datos presentan distintos niveles de procesamiento previo:

### 2.2.1. Salta Capital, Salta.

Para el caso de la ciudad de Salta, los datos pluviográficos se obtuvieron a partir de la digitalización de una familia de curvas  $i_dT$ , que es la que se muestra en la Figura 11:



**Figura 11: Curva  $i_dT$  recopilada en Salta Capital, Salta.**

Estas curvas permiten obtener intensidades para períodos de retorno de 10, 30, 50, 75 y 100 años, y para duraciones de entre 5 y 120 minutos.

Al digitalizar estas curvas se obtuvieron los siguientes valores de intensidades para los diferentes períodos de retorno y distintas duraciones:

T [años]	10	30	50	75	100
d [min]	i [mm/hr]				
5	120,8	158,6	175,9	191,7	203,7
10	100,3	131,3	147,2	159,0	168,1
15	89,5	115,5	129,5	140,2	148,5
20	80,8	104,6	117,8	126,6	133,2
30	68,1	89,2	99,4	107,7	113,6
45	56,5	73,9	82,8	88,7	93,2
60	47,3	62,5	69,6	75,0	78,2
75	41,4	55,1	60,6	64,5	67,7
90	37,0	47,7	52,4	56,3	58,7
120	28,2	36,5	39,7	43,0	45,1

**Tabla 3: Intensidades de lluvias obtenidas de la digitalización de la curva idT recopilada en la localidad de Salta Capital.**

### 2.2.2. La Banda, Santiago del Estero.

Para el caso de Santiago del Estero se contaba con series históricas de precipitaciones máximas anuales de la localidad de La Banda, asociadas a duraciones de entre 5 y 120 minutos entre los años 1962 y 1981.

AÑO	5'	10'	15'	20'	25'	30'	40'	50'	60'	80'	100'	120'
1.962	72,0	54,0	52,0	46,5	41,3	37,8	33,6	31,8	29,0	22,9	20,2	17,4
1.963	151,2	135,6	130,4	112,8	102,2	90,2	78,9	63,1	52,6	40,3	32,5	27,2
1.964	114,0	96,0	86,0	79,5	70,8	66,6	56,2	45,7	38,3	28,7	23,0	19,1
1.965	120,0	90,0	80,0	74,1	62,9	53,6	41,8	37,2	36,0	28,1	23,2	21,0
1.966	91,2	87,6	74,8	57,6	46,6	40,2	38,4	32,3	27,2	20,5	16,4	13,6
1.967	108,0	90,6	69,6	57,0	51,4	44,2	35,7	30,0	26,1	20,8	17,8	15,3
1.968	132,0	132,0	129,2	108,9	90,7	79,2	63,1	51,4	42,9	32,2	25,9	22,1
1.970	106,8	80,4	71,2	65,4	52,6	43,8	33,0	26,4	22,0	16,5	13,2	11,0
1.971	156,0	120,0	120,0	105,0	115,2	103,0	83,2	70,8	60,0	45,0	36,0	30,0
1.972	78,0	48,0	36,0	31,5	26,6	24,2	18,7	16,1	13,7	10,6	8,8	8,3
1.973	150,0	102,0	104,0	85,5	73,2	64,0	57,7	46,6	39,0	29,2	23,4	19,5
1.974	96,0	60,0	44,0	48,0	48,0	42,0	38,2	33,6	32,5	26,6	21,3	17,7
1.975	108,0	108,0	74,0	57,0	46,3	39,0	31,0	26,4	26,0	22,7	21,5	18,2
1.976	120,0	93,0	68,0	60,0	51,6	48,0	37,2	30,6	25,5	19,1	15,3	13,1
1.977	120,0	108,0	104,0	90,0	86,4	81,0	69,7	63,0	60,0	48,8	39,4	32,8
1.978	114,0	87,0	64,0	61,5	56,4	49,0	42,7	35,2	29,3	22,0	17,6	14,6
1.979	60,0	54,0	38,0	30,0	25,0	21,2	16,2	13,2	12,5	11,1	8,9	7,4
1.980	120,0	84,0	68,0	60,0	49,2	41,2	31,8	26,6	29,2	25,9	21,4	18,4
1.981	120,0	120,0	120,0	90,0	120,0	120,0	120,0	118,4	100,0	75,0	60,0	50,0

**Tabla 4: Series históricas de precipitaciones máximas anuales [mm] asociadas a diferentes duraciones en la localidad de La Banda, Santiago del Estero entre los años 1962 y 1981.**

A cada una de las series históricas se le realizaron análisis de frecuencias para poder calcular la curva idT en esta localidad. A continuación se presentan las intensidades asociadas a diferentes duraciones y tiempos de retorno obtenidas luego de ajustar la

función de distribución de probabilidad Lognormal (ya que es la que mejor ajusta siguiendo la prueba de bondad de ajuste de Chi Cuadrado):

T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	i [mm/hr]						
5	113,0	124,0	135,0	148,0	159,0	174,0	183,0
10	88,4	101,0	114,0	131,0	146,	165,0	179,0
15	75,3	89,1	105,0	124,0	143,0	168,0	187,0
20	65,3	76,7	89,5	106,0	121,0	141,0	156,0
25	58,8	70,9	84,9	103,0	120,0	144,0	162,0
30	51,9	63,2	76,3	93,2	110,0	133,0	150,0
40	43,4	53,8	66,0	82,1	98,4	121,0	138,0
50	36,9	46,1	56,9	71,4	86,1	106	122
60	32,8	40,6	49,8	61,9	74,1	90,8	104
80	25,7	31,6	38,4	47,4	56,3	68,5	77,9
100	21,1	25,8	31,3	38,5	45,7	55,4	63
120	17,9	21,8	26,4	32,3	38,1	46	52,1

Tabla 5: Intensidades de lluvias obtenidas de la digitalización de la curva  $idT$  recopilada en la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

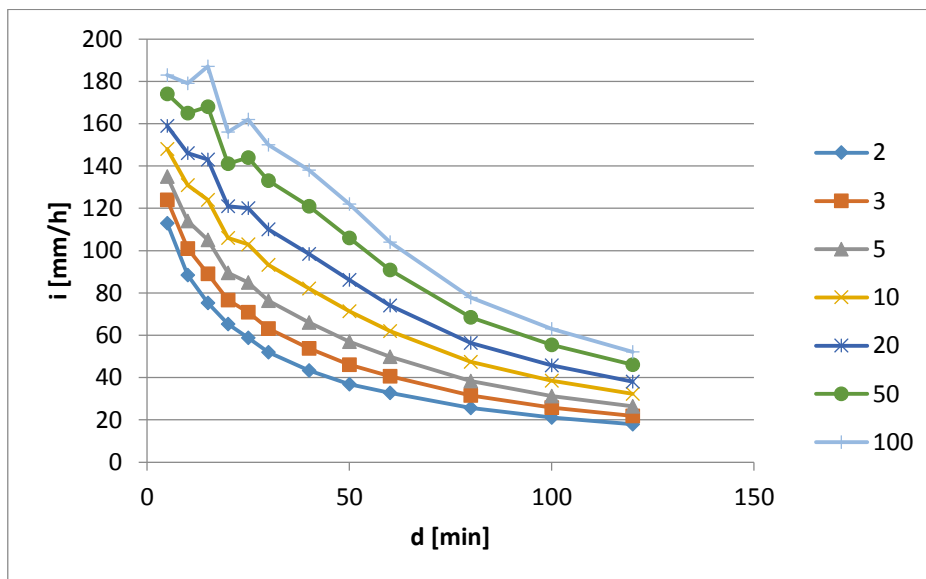


Figura 12: Curva  $idT$  recopilada en La Banda, Santiago del Estero.

De la última figura se puede ver que para duraciones bajas y períodos de retorno altos se generan inconsistencias en el comportamiento esperado de la intensidad con la duración (función monótonicamente decreciente). Esto se debe a que los valores de recurrencias altas responden a inferencias realizadas para períodos de retorno mayores a la longitud de la muestra. Por ello es recomendable el ajuste de una superficie tridimensional ( $idT$ ).

## 2.2.3. Resistencia, Chaco.

Para el caso de la ciudad de Resistencia, los datos pluviográficos se obtuvieron a partir de la digitalización de una familia de curvas idT, que es la que se muestra en la:

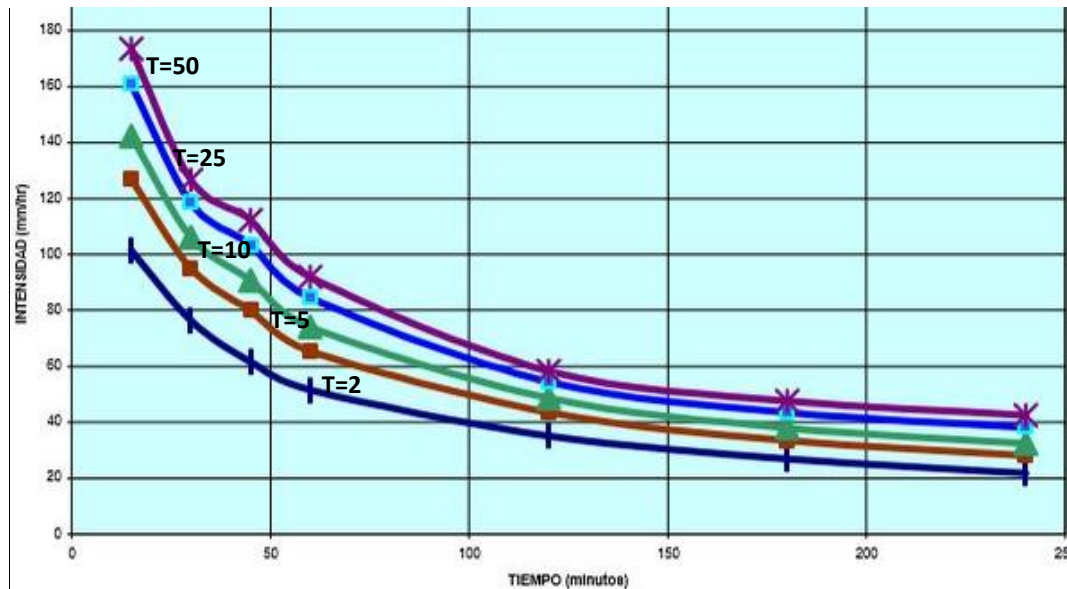


Figura 13: Curva idT recopilada en Resistencia, Chaco.

Estas curvas permiten obtener intensidades para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años, y para duraciones de entre 15 y 240 minutos.

Al digitalizar estas curvas se obtuvieron los siguientes valores de intensidades para los diferentes períodos de retorno y distintas duraciones:

T [años]	2	5	10	25	50
d [min]	i [mm/hr]				
15	100,64	127,56	141,03	160,26	173,72
30	75,64	94,87	105,13	118,59	126,92
45	61,54	80,13	91,03	103,21	112,18
60	51,92	66,03	73,72	84,62	91,67
120	35,26	43,59	48,08	54,49	58,33
180	26,92	33,97	38,46	42,95	48,08
240	21,79	28,21	32,69	37,82	42,95

Tabla 6: Intensidades de lluvias obtenidas de la digitalización de la curva idT recopilada en la localidad de Resistencia, Chaco.

2.2.4. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca

Para el caso de San Fernando del Valle de Catamarca, los datos pluviográficos se obtuvieron a partir de la digitalización de curvas idT construidas por el Servicio Meteorológico Nacional en la estación Catamarca Aero para distintas duraciones (1, 1.5, 2, 3, 4, 6 y 12 horas) y períodos de retornos de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años.

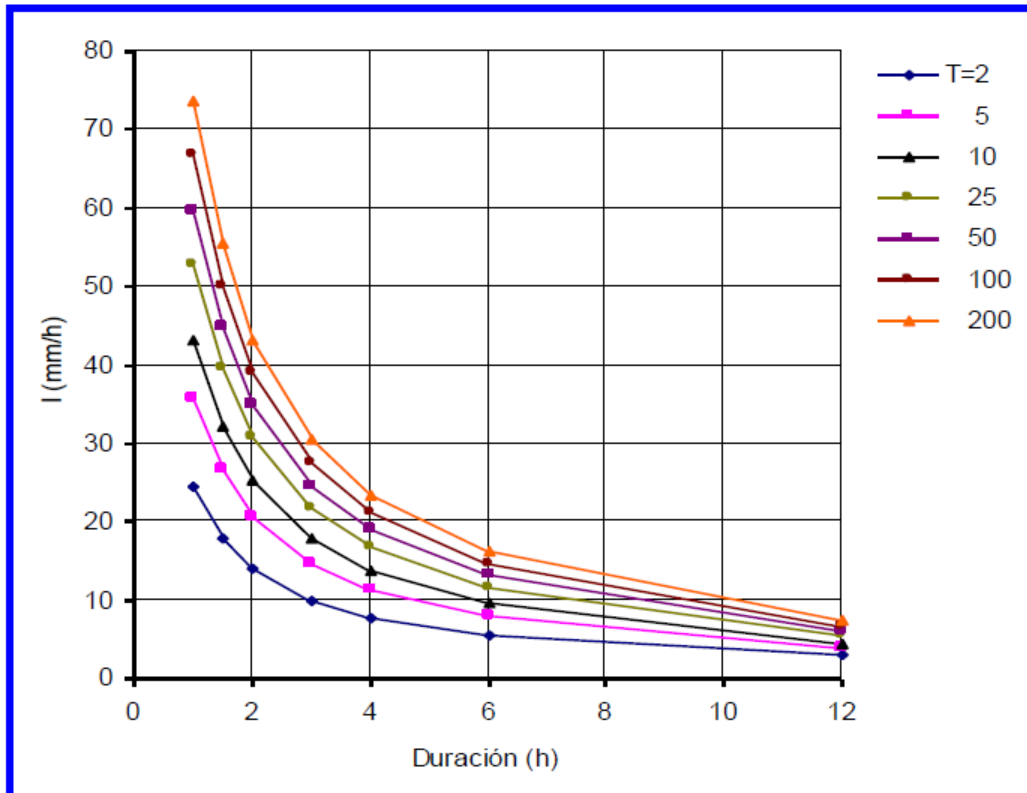


Figura 14: Curva idT recopilada en San Fernando de Valle de Catamarca, Catamarca.

T [años]	2	5	10	25	50	100	200
d [min]	i [mm/h]						
60	24,4	36,8	42,9	53,2	59,9	67,0	74,6
90	17,9	25,9	31,9	39,9	45,2	50,4	55,0
120	14,1	20,6	25,2	31,3	35,3	39,5	43,3
180	10,1	14,1	17,7	22,1	25,0	27,8	30,1
240	7,8	11,5	13,7	16,9	19,2	21,5	23,1
360	5,6	7,8	9,3	11,9	13,3	14,7	15,5
720	2,9	4,0	4,7	6,0	6,7	7,4	7,8

Tabla 7: Intensidades de lluvias obtenidas de la digitalización de la curva idT recopilada en la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

## 2.2.5. Rafaela, Santa Fe.

Para el caso de la ciudad de Rafaela se contaba con información pluviográfica y pluviométrica disponible en la Estación Experimental Agropecuaria Rafaela del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). A continuación se muestra la curva idT elaborada a partir de esos datos:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	i [mm/hr]								
5	129,0	141,1	154,6	171,6	181,2	187,9	193,1	209,1	224,9
10	101,3	113,7	127,6	145,1	154,9	161,8	167,1	183,5	199,8
15	89,6	101,6	114,9	131,7	141,2	147,9	153,0	168,8	184,4
30	66,5	74,7	83,8	95,3	101,9	106,3	109,8	120,6	131,3
45	53,4	60,3	68,1	77,8	83,3	87,1	90,1	99,2	108,3
60	44,9	50,9	57,5	65,9	70,7	74,0	76,6	84,4	92,3
120	28,7	32,7	37,1	42,7	45,8	48,0	49,7	55,0	60,2
180	21,7	24,8	28,2	32,6	35,0	36,7	38,1	42,2	46,2
300	14,8	17,1	19,7	23,0	24,9	26,2	27,2	30,3	33,3
360	12,8	14,9	17,4	20,4	22,1	23,3	24,2	27,1	29,9
600	8,7	10,3	12,1	14,4	15,7	16,6	17,3	19,5	21,6
720	7,4	8,8	10,3	12,3	13,4	14,2	14,8	16,7	18,6
1080	5,2	6,2	7,4	8,9	9,8	10,4	10,8	12,2	13,7
1440	4,0	4,7	5,8	7,0	7,7	8,2	8,6	9,7	10,8
2880	2,2	2,7	3,2	3,9	4,3	4,6	4,8	5,4	6,1
4320	1,6	1,9	2,3	2,8	3,0	3,2	3,4	3,8	4,2
5760	1,2	1,5	1,8	2,2	2,4	2,5	2,7	3,0	3,4

Tabla 8: Intensidades de lluvias obtenidas de la digitalización de la curva idT recopilada en la localidad de Rafaela, Santa Fe.

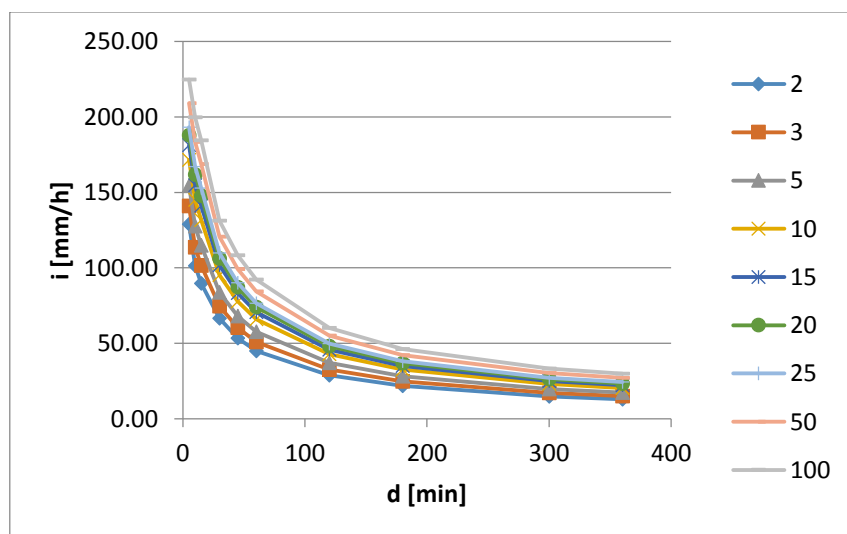


Figura 15: Curva idT recopilada en Rafaela, Santa Fe.



## 2.3. Cálculo de relaciones entre láminas asociadas a diferentes duraciones

Como se mencionó en la sección 1.3.1 uno de los métodos para la estimación de curvas idT es el de desagregación de duraciones.

Recordando que se define la relación entre la lámina de 1440 minutos (24 horas) y la diaria (entre las 9 de la mañana de un día y las 9 del día siguiente) como:

$$R = \frac{h_{24hs,T}}{h_{1día,T}} \quad (32)$$

De esta última expresión queda claro que a excepción de la ciudad de Rafaela (donde se contaba no solamente con datos diarios sino también con los de 1440 minutos=24 horas), en todas las demás localizaciones al no contar con los valores de las láminas de lluvia asociados a 1440 minutos lo que se hizo fue aplicar un valor del coeficiente R de 1.08 (que es el que se calculó para la provincia de Córdoba); y a partir de dicho valor y el dato de lámina de lluvia diaria (con el que si se contaba en la localización de estudio) se estimó la lámina de lluvia asociada a 1440 minutos (24 horas). Es decir:

$$h_{24hs,T} = R \cdot h_{1día,T} = 1.08 \cdot h_{1día,T} \quad (33)$$

Para cada una de las localizaciones de estudio se determinaron las relaciones entre láminas partiendo de los datos de las curvas idT anteriormente presentados. Estos valores de relaciones entre duraciones se calcularon para distintos períodos de retorno y duraciones mediante la siguiente expresión:

$$r_{d,T} = \frac{h_{d,T}}{h_{24hs,T}} = \frac{h_{d,T}}{h_{1día,T} \cdot R} = \frac{h_{d,T}}{h_{1día,T} \cdot R} \quad (34)$$

## 2.3.1. Salta Capital, Salta.

A partir de la curva idT presentada en la Tabla 3, se calcularon las diferentes láminas de lluvia  $h_{d,T}$  asociadas a las diferentes duraciones y recurrencias:

T [años]	10	30	50	75	100
d [min]	$h_{d,T}$ [mm]				
5	10,1	13,2	14,7	16,0	17,0
10	16,7	21,9	24,5	26,5	28,0
15	22,4	28,9	32,4	35,0	37,1
20	26,9	34,9	39,3	42,2	44,4
30	34,0	44,6	49,7	53,8	56,8
45	42,3	55,4	62,1	66,5	69,9
60	47,3	62,5	69,6	75,0	78,2
75	51,7	68,9	75,7	80,6	84,6
90	55,5	71,5	78,6	84,5	88,1
120	56,5	73,0	79,4	86,0	90,3

Tabla 9: Láminas de lluvia asociadas a diferentes d y T ( $h_{d,T}$ ) correspondientes a la localidad de Salta Capital.

Además, en esta localización existen datos de lluvia diaria  $h_{1\text{día},T}$  asociados a diferentes tiempos de retorno (Guillén 2014):

T [años]	10	30	50	75	100
$h_{1\text{día},T}$ [mm]	111	134	144	152	158

Tabla 10: Láminas de lluvia diaria asociadas a diferentes T ( $h_{1\text{día},T}$ ) correspondientes a la localidad de Salta Capital.

Tomando un valor de coeficiente  $R = 1.08$ , a partir de los datos diarios de la Tabla 10 se calculan las láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos y a diferentes recurrencias

$h_{24\text{hs},T}$ :

T [años]	10	30	50	75	100
$h_{24\text{hs},T}$ [mm]	119,9	144,7	155,5	164,2	170,6

Tabla 11: Láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos y diferentes T ( $h_{24\text{hs},T}$ ) correspondientes a la localidad de Salta Capital.

Utilizando los datos de la Tabla 9 y la Tabla 11 se procede al cálculo de las relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones:

T [años]	10	30	50	75	100
<b>d [min]</b>	<b>r</b>				
5	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10
10	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
15	0,19	0,20	0,21	0,21	0,22
20	0,22	0,24	0,25	0,26	0,26
30	0,28	0,31	0,32	0,33	0,33
45	0,35	0,38	0,40	0,41	0,41
60	0,39	0,43	0,45	0,46	0,46
75	0,43	0,48	0,49	0,49	0,50
90	0,46	0,49	0,51	0,51	0,52
120	0,47	0,50	0,51	0,52	0,53

Tabla 12: Relaciones entre láminas r asociadas a diferentes duraciones y recurrencias correspondientes a la localidad de Salta Capital.

En la Figura 16 se grafica la variación de las relaciones entre láminas con los diferentes tiempos de retorno:

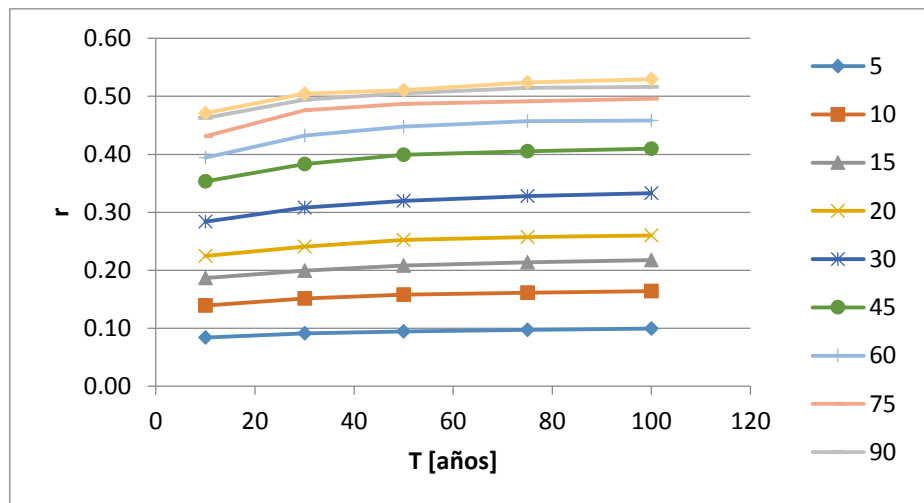


Figura 16: Variación de las relaciones entre láminas r asociadas a diferentes duraciones correspondientes a la localidad de Salta Capital.

Para cada una de las duraciones se calculan las relaciones entre láminas r mínima, máxima y media asociadas a las diferentes recurrencias:

d [min]	5	10	15	20	30	45	60	75	90	120
	<b>r</b>									
<b>Mínimo</b>	0,08	0,14	0,19	0,22	0,28	0,35	0,39	0,43	0,46	0,47
<b>Máximo</b>	0,10	0,16	0,22	0,26	0,33	0,41	0,46	0,50	0,52	0,53
<b>Media</b>	0,09	0,15	0,21	0,25	0,31	0,39	0,44	0,48	0,50	0,51

Tabla 13: Relaciones entre láminas r asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de Salta Capital, Salta.

A continuación se comparan las relaciones entre láminas  $r$  mínimas y máximas respecto a la media obtenidas anteriormente:

<b>d [min]</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>120</b>
<b>(Mínimo - Media)/Media</b>	-10%	-10%	-9%	-9%	-10%	-9%	-10%	-9%	-7%	-7%
<b>(Máximo - Media)/Media</b>	7%	6%	6%	5%	6%	5%	5%	4%	4%	4%

**Tabla 14: Diferencia relativa porcentual entre  $r$  mínimo y máximo respecto a la media, correspondientes a la localidad de Salta Capital.**

De la Figura 16 y la Tabla 14 se puede ver que el valor de las relaciones ente láminas  $r$  no tiene gran variación con respecto a los períodos de retorno  $T$ . Por otro lado se observa que la mayoría de las curvas tienen un comportamiento similar, es decir, que para las distintas duraciones analizadas, la variación de las relaciones ente láminas con respecto a los períodos de retorno es muy similar.

Para complementar el análisis realizado, a continuación se comparan los valores obtenidos en este trabajo para las relaciones entre láminas medias ( $r$  medias) con los valores que fueron calculados en diferentes partes del mundo presentados en la Tabla 1:

	<b>d [min]</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>120</b>
	<b>r</b>						
<b>Relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1)</b>	<b>Mínimo</b>	0,07	0,15	0,19	0,27	0,35	0,41
	<b>Máximo</b>	0,22	0,33	0,44	0,55	0,74	0,78
<b>Relaciones calculadas en este trabajo para la localidad de Salta Capital, Salta.</b>	<b>Media</b>	0,09	0,15	0,21	0,31	0,44	0,51

**Tabla 15: Comparación entre relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1) y relaciones medias obtenidas en la localidad de Salta Capital, Salta.**

De esta última tabla se puede ver que los valores de relaciones medias calculados en este trabajo se encuentran dentro de los valores esperados (Tabla 1).

### 2.3.2. La Banda, Santiago del Estero.

A partir de la curva idT presentada en la Tabla 5 se calcularon las diferentes láminas de lluvia  $h_{d,r}$  asociadas a las diferentes duraciones y recurrencias:

T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	$h_{d,T}$ [mm]						
5	9,4	10,3	11,2	12,3	13,2	14,5	15,2
10	14,7	16,8	19,0	21,8	24,3	27,5	29,8
15	18,8	22,3	26,2	31,0	35,7	42,0	46,7
20	21,8	25,6	29,8	35,3	40,3	47,0	52,0
25	24,5	29,5	35,4	42,9	50,0	60,0	67,5
30	25,9	31,6	38,1	46,6	55,0	66,5	75,0
40	28,9	35,9	44,0	54,7	65,6	80,7	92,0
50	30,7	38,4	47,4	59,5	71,7	88,3	101,7
60	32,8	40,6	49,8	61,9	74,1	90,8	104,0
80	34,3	42,1	51,2	63,2	75,1	91,3	103,9
100	35,2	43,0	52,2	64,2	76,2	92,3	105,0
120	35,8	43,6	52,8	64,6	76,2	92,0	104,2

Tabla 16: Láminas de lluvia asociadas a diferentes  $d$  y  $T$  ( $h_{d,T}$ ) correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

Además, en esta localización existen datos de lluvia diaria  $h_{1\text{día},T}$  asociados a diferentes tiempos de retorno (Guillén 2014):

T [años]	2	3	5	10	20	50	100
$h_{1\text{día},T}$ [mm]	90,1	103,0	117,1	134,4	150,5	171,0	186,2

Tabla 17: Láminas de lluvia diaria asociadas a diferentes  $T$  ( $h_{1\text{día},T}$ ) correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

Tomando un valor de coeficiente  $R = 1.08$ , a partir de los datos diarios de la Tabla 17 se calculan las láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos  $h_{24\text{hs},T}$ :

T [años]	2	3	5	10	20	50	100
$h_{24\text{hs},T}$ [mm]	97,3	111,3	126,5	145,1	162,6	184,7	201,1

Tabla 18: Láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos y diferentes  $T$  ( $h_{24\text{hs},T}$ ) correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

A continuación, utilizando los datos de la Tabla 16 y la Tabla 18 se procede al cálculo de las relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones:

T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	$r$						
5	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
15	0,19	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23	0,23
20	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,25	0,26
25	0,25	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,34

T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	r						
30	0,27	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,37
40	0,30	0,32	0,35	0,38	0,40	0,44	0,46
50	0,32	0,35	0,37	0,41	0,44	0,48	0,51
60	0,34	0,36	0,39	0,43	0,46	0,49	0,52
80	0,35	0,38	0,40	0,44	0,46	0,49	0,52
100	0,36	0,39	0,41	0,44	0,47	0,50	0,52
120	0,37	0,39	0,42	0,45	0,47	0,50	0,52

Tabla 19: Relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones y recurrencias correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

En la Figura 17 se grafica la variación de las relaciones entre láminas con los diferentes tiempos de retorno:

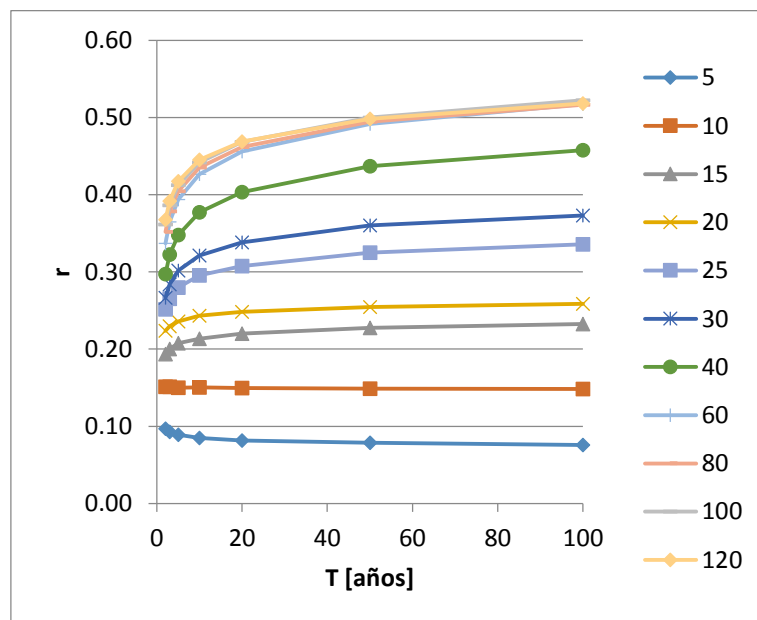


Figura 17: Variación de las relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

Para cada una de las duraciones se calculan las relaciones entre láminas  $r$  mínima, máxima y media:

d [min]	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120
	r											
Mínimo	0,08	0,15	0,19	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32	0,34	0,35	0,36	0,37
Máximo	0,10	0,15	0,23	0,26	0,34	0,37	0,46	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52
Media	0,09	0,15	0,21	0,24	0,29	0,32	0,38	0,41	0,43	0,43	0,44	0,44

Tabla 20: Relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

A continuación se comparan las relaciones entre láminas  $r$  mínimas y máximas respecto a la media obtenidas anteriormente:

d [min]	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120
(Mín. – Med.)/Med.	-11%	-1%	-9%	-8%	-14%	-17%	-21%	-23%	-21%	-19%	-18%	-17%
(Máx. – Med.)/Med.	13%	1%	9%	7%	14%	16%	21%	23%	21%	19%	18%	17%

**Tabla 21: Diferencia relativa porcentual entre  $r$  mínimo y máximo respecto a la media, correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.**

De la Figura 17 y la Tabla 21 se puede ver que para duraciones menores a 25 minutos el valor de las relaciones entre láminas  $r$  no tiene gran variación con respecto a los períodos de retorno  $T$ , mientras que para duraciones mayores e igual a 25 minutos las variaciones entre las relaciones entre láminas con respecto al período de retorno son más importantes. Por otro lado se observa que la mayoría de las curvas tienen un comportamiento similar, es decir, que para las distintas duraciones analizadas, la variación de las relaciones ente láminas con respecto a los períodos de retorno es muy similar.

Para complementar el análisis realizado, a continuación se comparan los valores obtenidos en este trabajo para las relaciones entre láminas medias ( $r$  medias) con los valores que fueron calculados en diferentes partes del mundo presentados en la Tabla 1:

	d [min]	5	10	15	30	60	120
	<b><math>r</math></b>						
<b>Relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1)</b>	<b>Mínimo</b>	0,07	0,15	0,19	0,27	0,35	0,41
	<b>Máximo</b>	0,22	0,33	0,44	0,55	0,74	0,78
<b>Relaciones calculadas en este trabajo para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.</b>	<b>Media</b>	0,09	0,15	0,21	0,32	0,43	0,44

**Tabla 22: Comparación entre relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1) y relaciones medias obtenidas en la localidad de La Banda, Santiago del Estero.**

De esta última tabla se puede ver que los valores de relaciones medias calculados en este trabajo se encuentran dentro de los valores esperados (Tabla 1).

## 2.3.3. Resistencia, Chaco.

A partir de la curva idT presentada en la Tabla 7, se calcularon las diferentes láminas de lluvia  $h_{d,T}$  asociadas a las diferentes duraciones y recurrencias:

T [años]	2	5	10	25	50
d [min]	$h_{d,T}$ [mm]				
15	25,2	31,9	35,3	40,1	43,4
30	37,8	47,4	52,6	59,3	63,5
45	46,2	60,1	68,3	77,4	84,1
60	51,9	66,0	73,7	84,6	91,7
120	70,5	87,2	96,2	109,0	116,7
180	80,8	101,9	115,4	128,8	144,2
240	87,2	112,8	130,8	151,3	171,8
1440	119,4	158,8	184,3	208,4	216,1

Tabla 23: Láminas de lluvia asociadas a diferentes d y T ( $h_{d,T}$ ) correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.

Además, en esta localización existen datos de lluvia diaria  $h_{1dia,T}$  asociados a diferentes tiempos de retorno (Guillén 2014):

T [años]	2	5	10	20	25	50	100
$h_{1dia,T}$ [mm]	102,4	136,1	158,0	178,7	185,2	205,3	225,1

Tabla 24: Láminas de lluvia diaria asociadas a diferentes T ( $h_{1dia,T}$ ) correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.

Tomando un valor de coeficiente  $R = 1.08$ , a partir de los datos diarios de la Tabla 24 se calculan las láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos  $h_{24hs,T}$ :

T [años]	2	5	10	25	50
$h_{24hs,T}$ [mm]	110,6	147,0	170,6	193,0	200,0

Tabla 25: Láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos y diferentes T ( $h_{24hs,T}$ ) correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.

A continuación, utilizando los datos de la Tabla 23 y la Tabla 25 se procede al cálculo de las relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones:

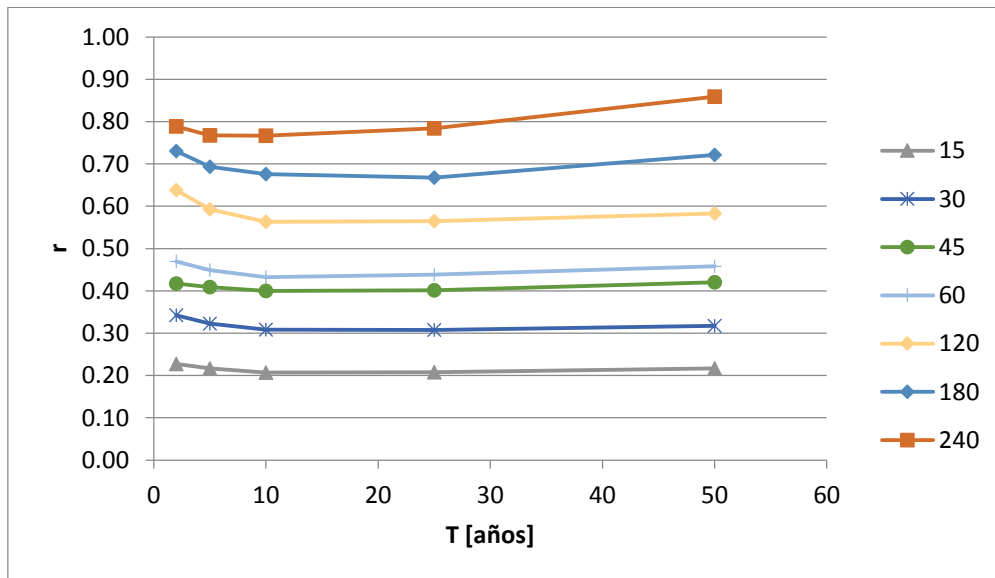
T [años]	2	5	10	25	50
d [min]	$r$				
15	0,23	0,22	0,21	0,21	0,22
30	0,34	0,32	0,31	0,31	0,32



T [años]	2	5	10	25	50
<b>d [min]</b>	<b>r</b>				
<b>45</b>	0,42	0,41	0,40	0,40	0,42
<b>60</b>	0,47	0,45	0,43	0,44	0,46
<b>120</b>	0,64	0,59	0,56	0,56	0,58
<b>180</b>	0,73	0,69	0,68	0,67	0,72
<b>240</b>	0,79	0,77	0,77	0,78	0,86
<b>1440</b>	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08

**Tabla 26: Relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones y recurrencias correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.**

En la Figura 18 se grafica la variación de las relaciones entre láminas con los diferentes tiempos de retorno:



**Figura 18: Variación de las relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.**

Para cada una de las duraciones se calculan las relaciones entre láminas  $r$  mínima, máxima y media:

d [min]	15	30	45	60	120	180	240
<b>r</b>							
<b>Mínimo</b>	0,21	0,31	0,40	0,43	0,56	0,67	0,77
<b>Máximo</b>	0,23	0,34	0,42	0,47	0,64	0,73	0,86
<b>Media</b>	0,22	0,32	0,41	0,45	0,59	0,70	0,79

**Tabla 27: Relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.**

A continuación se comparan las relaciones entre láminas  $r$  mínimas y máximas respecto a la media obtenidas anteriormente:

<b>d [min]</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>	<b>240</b>
<b>(Mínimo - Media)/Media</b>	-4%	-4%	-2%	-4%	-4%	-4%	-3%
<b>(Máximo - Media)/Media</b>	6%	7%	3%	4%	8%	5%	8%

**Tabla 28: Diferencia relativa porcentual entre  $r$  mínimo y máximo respecto a la media, correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.**

De la Figura 18 y la Tabla 28 se puede ver que el valor de las relaciones ente láminas  $r$  no tiene gran variación con respecto a los períodos de retorno  $T$ . Por otro lado se observa que la mayoría de las curvas tienen un comportamiento similar, es decir, que para las distintas duraciones analizadas, la variación de las relaciones ente láminas con respecto a los períodos de retorno es muy similar.

Para complementar el análisis realizado, a continuación se comparan los valores obtenidos en este trabajo para las relaciones entre láminas medias ( $r$  medias) con los valores que fueron calculados en diferentes partes del mundo presentados en la Tabla 1:

	<b>d (min)</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
	<b>r</b>					
<b>Relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1)</b>	<b>Mínimo</b>	0,19	0,27	0,39	0,41	0,45
	<b>Máximo</b>	0,44	0,55	0,74	0,78	0,79
<b>Relaciones calculadas en este trabajo para la localidad de Resistencia, Chaco.</b>	<b>Media</b>	0,22	0,32	0,45	0,59	0,70

**Tabla 29: Comparación entre relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1) y relaciones medias obtenidas en la localidad de Resistencia, Chaco.**

De esta última tabla se puede ver que los valores de relaciones medias calculados en este trabajo se encuentran dentro de los valores esperados (Tabla 1).

#### 2.3.4. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca

A partir de la curva  $idT$  presentada en la Tabla 7, se calcularon las diferentes láminas de lluvia  $h_{d,T}$  asociadas a las diferentes duraciones y recurrencias:

T [años]	2	5	10	25	50	100	200
d [min]	$h_{d,T}$ [mm]						
60	24,4	36,8	42,9	53,2	59,9	67,0	74,6
90	26,9	38,9	47,8	59,8	67,8	75,6	82,5
120	28,2	41,2	50,3	62,6	70,6	78,9	86,6
180	30,2	42,2	53,1	66,3	74,9	83,5	90,4
240	31,1	46,0	54,7	67,7	76,9	86,0	92,4
360	33,8	46,8	55,8	71,6	80,0	88,2	93,0
720	34,4	48,0	56,4	72,0	80,4	88,8	93,6

Tabla 30: Láminas de lluvia asociadas a diferentes  $d$  y  $T$  ( $h_{d,T}$ ) correspondientes a la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

Además, en esta localización existen datos de lluvia diaria  $h_{1\text{día},T}$  asociados a diferentes tiempos de retorno (Guillén 2014):

T [años]	2	5	10	25	50	100	200
$h_{1\text{día},T}$ [mm]	36,6	55,0	68,0	85,0	98,7	113,0	127,0

Tabla 31: Láminas de lluvia diaria asociadas a diferentes  $T$  ( $h_{1\text{día},T}$ ) correspondientes a la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

Tomando un valor de coeficiente  $R = 1.08$ , a partir de los datos diarios de la Tabla 31 se calculan las láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos  $h_{24\text{hs},T}$ :

T [años]	2	5	10	25	50	100	200
$h_{24\text{hs},T}$ [mm]	39,5	59,4	73,4	91,8	106,6	122,0	137,2

Tabla 32: Láminas de lluvia asociadas a 1440 minutos y diferentes  $T$  ( $h_{24\text{hs},T}$ ) correspondientes a la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

A continuación, utilizando los datos de la Tabla 30 y la Tabla 32 se procede al cálculo de las relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones:

T [años]	2	5	10	25	50	100	200
d [min]	$r$						
60	0,62	0,62	0,58	0,58	0,56	0,55	0,54
90	0,68	0,66	0,65	0,65	0,64	0,62	0,60
120	0,71	0,69	0,69	0,68	0,66	0,65	0,63
180	0,76	0,71	0,72	0,72	0,70	0,68	0,66
240	0,79	0,77	0,75	0,74	0,72	0,71	0,67
360	0,85	0,79	0,76	0,78	0,75	0,72	0,68
720	0,87	0,81	0,77	0,78	0,75	0,73	0,68

Tabla 33: Relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

En la Figura 19 se grafica la variación de las relaciones entre láminas con los diferentes tiempos de retorno:

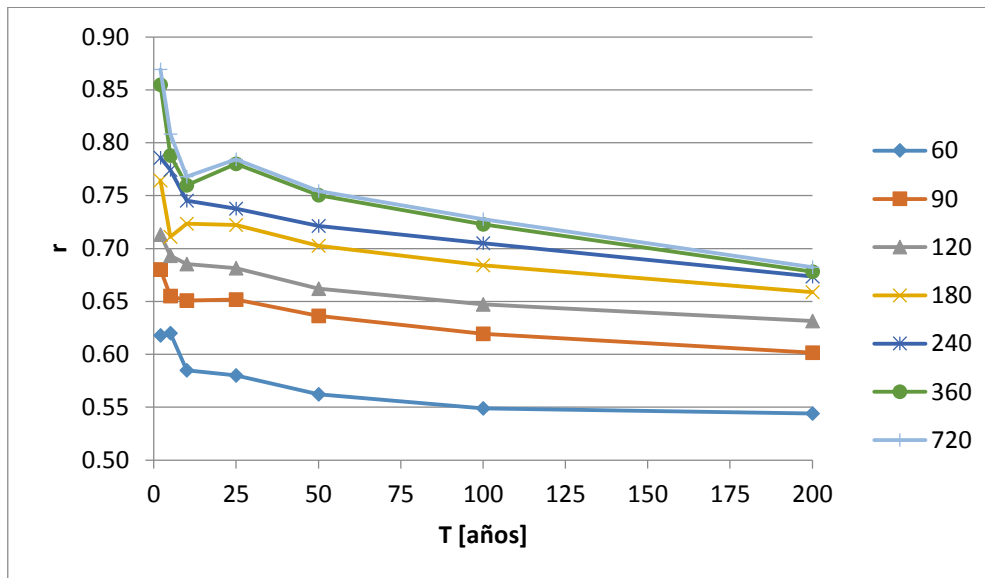


Figura 19: Variación de las relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones correspondientes a la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

Para cada una de las duraciones se calculan las relaciones entre láminas  $r$  mínima, máxima y media:

d [min]	60	90	120	180	240	360	720
<b>r</b>							
Mínimo	0,54	0,60	0,63	0,66	0,67	0,68	0,68
Máximo	0,62	0,68	0,71	0,76	0,79	0,85	0,87
Media	0,58	0,64	0,67	0,71	0,73	0,76	0,77

Tabla 34: Relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de San Fernando de Valle de Catamarca, Catamarca.

A continuación se comparan las relaciones entre láminas  $r$  mínimas y máximas respecto a la media obtenidas anteriormente:

d [min]	60	90	120	180	240	360	720
(Mínimo - Media)/Media	-6%	-6%	-6%	-7%	-8%	-11%	-11%
(Máximo - Media)/Media	7%	6%	6%	8%	7%	12%	13%

Tabla 35: Diferencia relativa porcentual entre  $r$  mínimo y máximo respecto a la media, correspondientes a la localidad de San Fernando de Valle de Catamarca, Catamarca.

De la Figura 19 y la Tabla 35 se puede ver que el valor de las relaciones ente láminas  $r$  no tiene gran variación con respecto a los períodos de retorno  $T$ . Por otro lado se

observa que la mayoría de las curvas tienen un comportamiento similar, es decir, que para las distintas duraciones analizadas, la variación de las relaciones ente láminas con respecto a los períodos de retorno es muy similar.

Para complementar el análisis realizado, a continuación se comparan los valores obtenidos en este trabajo para las relaciones entre láminas medias ( $r$  medias) con los valores que fueron calculados en diferentes partes del mundo presentados en la Tabla 1:

	d [min]	60	120	180	360	720
	$r$					
<b>Relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1)</b>	<b>Mínimo</b>	0,35	0,41	0,45	0,56	0,74
	<b>Máximo</b>	0,74	0,78	0,84	0,92	0,97
<b>Relaciones calculadas en este trabajo para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.</b>	<b>Media</b>	0,54	0,63	0,66	0,68	0,68

**Tabla 36: Comparación entre relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1) y relaciones medias obtenidas en la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.**

De esta última tabla se puede ver que los valores de relaciones medias calculados en este trabajo se encuentran dentro de los valores esperados (Tabla 1).

### 2.3.5. Rafaela, Santa Fe.

A partir de la curva  $id_T$  presentada en la Tabla 8, se calcularon las diferentes láminas de lluvia  $h_{d,T}$  asociadas a las diferentes duraciones y recurrencias:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	$h_{d,T}$ [mm]								
5	10,75	11,76	12,89	14,30	15,10	15,66	16,10	17,42	18,74
10	16,89	18,96	21,27	24,18	25,82	26,97	27,86	30,58	33,29
15	22,41	25,40	28,74	32,94	35,31	36,97	38,25	42,20	46,11
30	33,28	37,36	41,92	47,65	50,89	53,16	54,91	60,29	65,64
45	40,07	45,26	51,05	58,34	62,46	65,34	67,57	74,41	81,20
60	44,90	50,87	57,54	65,94	70,68	74,00	76,56	84,45	92,28
120	57,48	65,40	74,24	85,40	91,70	96,10	99,50	109,98	120,38
180	65,10	74,34	84,69	97,74	105,09	110,25	114,24	126,48	138,66

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	$h_{d,T}$ [mm]								
300	74,15	85,75	98,75	115,15	124,40	130,90	135,90	151,35	166,65
360	77,04	89,88	104,22	122,40	132,66	139,80	145,38	162,42	179,40
600	87,00	103,10	121,20	144,10	157,10	166,20	173,20	194,80	216,30
720	88,56	105,24	124,08	147,84	161,28	170,76	178,08	200,52	222,72
1080	93,78	112,50	133,92	160,92	176,04	186,84	195,12	220,50	245,88
1440	96,24	116,64	139,44	168,48	184,80	196,56	205,44	232,80	259,92
2880	106,56	129,60	155,52	188,64	207,36	220,32	230,40	261,60	292,32
4320	115,20	138,96	165,60	199,44	218,88	231,84	242,64	274,32	306,00
5760	120,00	144,96	173,76	209,28	229,44	243,84	255,36	288,96	322,56

Tabla 37: Láminas de lluvia asociadas a diferentes  $d$  y  $T$  ( $h_{d,T}$ ) correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

Como en esta localidad se contaba, no solamente con datos diarios, sino también con los de 1440 minutos (24 horas) se pudieron determinar las relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones según la expresión (35).

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	$r$								
5	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
10	0,18	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
15	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18
30	0,35	0,32	0,30	0,28	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25
45	0,42	0,39	0,37	0,35	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31
60	0,47	0,44	0,41	0,39	0,38	0,38	0,37	0,36	0,36
120	0,60	0,56	0,53	0,51	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46
180	0,68	0,64	0,61	0,58	0,57	0,56	0,56	0,54	0,53
300	0,77	0,74	0,71	0,68	0,67	0,67	0,66	0,65	0,64
360	0,80	0,77	0,75	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70	0,69
600	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84	0,83
720	0,92	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86	0,86
1080	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
1440	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2880	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
4320	1,20	1,19	1,19	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
5760	1,25	1,24	1,25	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24

Tabla 38: Relaciones entre láminas  $r$  asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

Para calcular la relación entre la lámina de lluvia caída en 24 horas consecutivas y la lámina de lluvia diaria ( $R$ ) se utilizan los valores de lámina precipitados en 1440 minutos (24hrs) de la Tabla 37 y los datos de lluvia diaria  $h_{1día,T}$  asociados a diferentes tiempos de retorno presentados en la Tabla 39 (Guillen 2014).

T [años]	2	5	10	20	50	100
$h_{1día,T}$ [mm]	85,6	119,0	142,0	164,0	193,0	215,0

Tabla 39: Láminas de lluvia diaria asociadas a diferentes T ( $h_{1día,T}$ ) correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

Los resultados obtenidos de **R** son los presentados en la siguiente tabla:

T [años]	2	5	10	20	50	100
<b>R</b>	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Tabla 40: Relación entre la lámina de lluvia caída en 24 horas consecutivas  $h_{24hs,T}$  y la lámina de lluvia diaria  $h_{1día,T}$  para la localidad de Rafaela, Santa Fe.

En la Figura 20 se grafica la variación de las relaciones entre láminas (**r** y **R**) con los diferentes tiempos de retorno:

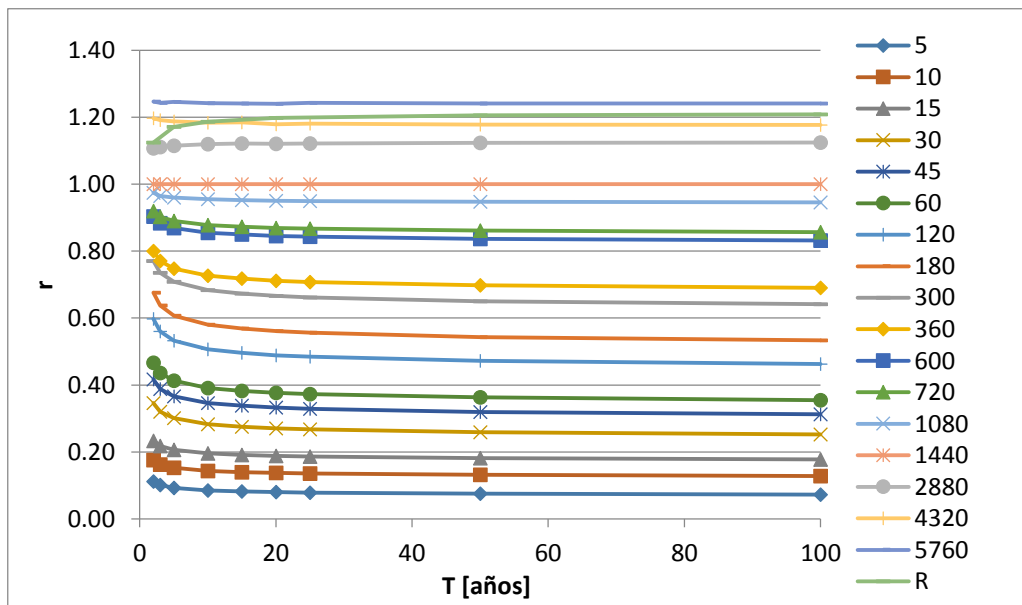


Figura 20: Variación de las relaciones entre láminas **r** asociadas a diferentes duraciones correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

Para cada una de las duraciones se calculan las relaciones entre láminas **r** mínima, máxima y media:

$d$ [min]	5	10	15	30	45	60	120	180	300	360	600	720	1080	1440	2880	4320	5760
<b>R</b>																	
<b>Mínimo</b>	0,07	0,13	0,18	0,25	0,31	0,36	0,46	0,53	0,64	0,69	0,83	0,86	0,95	1,00	1,11	1,18	1,24
<b>Máximo</b>	0,11	0,18	0,23	0,35	0,42	0,47	0,60	0,68	0,77	0,80	0,90	0,92	0,97	1,00	1,12	1,20	1,25
<b>Media</b>	0,09	0,15	0,20	0,29	0,35	0,40	0,51	0,58	0,69	0,73	0,86	0,88	0,96	1,00	1,12	1,18	1,24

Tabla 41: Relaciones entre láminas **r** asociadas a diferentes duraciones mínima, máxima y media correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

A continuación se comparan las relaciones entre láminas  $r$  mínimas y máximas respecto a la media obtenidas anteriormente:

d [min]	5	10	15	30	45	60	120	180	300	360	600	720	1080	1440	2880	4320	5760
(Mín. – Med.)/Med.	-16%	-12%	-10%	-12%	-11%	-10%	-9%	-9%	-7%	-5%	-3%	-3%	-1%	0%	-1%	-1%	0%
(Máx. – Med.)/Med.	29%	21%	18%	21%	19%	18%	17%	16%	12%	10%	5%	5%	2%	0%	1%	1%	0%

**Tabla 42: Diferencia relativa porcentual entre  $r$  mínimo y máximo respecto a la media, correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.**

De la Figura 20 y la Tabla 42 se puede ver que para duraciones mayores e igual a 120 minutos el valor de las relaciones entre láminas  $r$  no tiene gran variación con respecto a los períodos de retorno  $T$ , mientras que para duraciones menores a 120 minutos las variaciones entre las relaciones entre láminas con respecto al período de retorno son más importantes. Por otro lado se observa que la mayoría de las curvas tienen un comportamiento similar, es decir, que para las distintas duraciones analizadas, la variación de las relaciones ente láminas con respecto a los períodos de retorno es muy similar.

Para complementar el análisis realizado, a continuación se comparan los valores obtenidos en este trabajo para las relaciones entre láminas medias ( $r$  medias) con los valores que fueron calculados en diferentes partes del mundo presentados en la Tabla 1:

	d [min]	5	10	15	30	60	120	180	360	720
	$r$									
Relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1)	Mínimo	0,07	0,15	0,19	0,27	0,35	0,41	0,45	0,56	0,74
	Máximo	0,22	0,33	0,44	0,55	0,74	0,78	0,84	0,92	0,97
Relaciones calculadas en este trabajo para la localidad de Rafaela, Santa Fe.	Media	0,09	0,15	0,20	0,29	0,40	0,51	0,58	0,73	0,88

**Tabla 43: Comparación entre relaciones calculadas en diferentes partes del mundo (Tabla 1) y relaciones medias obtenidas en la localidad de Rafaela, Santa Fe.**

De esta última tabla se puede ver que los valores de relaciones medias calculados en este trabajo se encuentran dentro de los valores esperados (Tabla 1).



## 2.4. Ajuste del Modelo DIT

A partir de las curvas idT anteriormente presentadas se calcularon los parámetros del modelo DIT **A**, **B**, y **C** en las localizaciones de estudio. Para ello, partiendo de los valores de las intensidades de lluvia (**i**) asociadas a las diferentes duraciones (**d**) y recurrencias (**T**); se realiza un ajuste por regresión múltiple no lineal aplicando MatLab y se obtiene el valor de los parámetros.

Para cada uno de los lugares de estudio se analizaron tres alternativas de ajuste de parámetros:

- Primera alternativa: se determinaron **A**, **B**, y **C** ajustando  $\ln(i)$  en función de  $\emptyset$  y  $\delta$ . La ecuación a ajustar es:

$$\ln i_{dT} = A \cdot \emptyset_y - B \cdot \delta_y + C \quad (36)$$

- Segunda alternativa: se determinaron A, B, y C ajustando i en función de  $\emptyset$  y  $\delta$ . La ecuación a ajustar es:

$$i_{dT} = e^{A \cdot \emptyset_y - B \cdot \delta_y + C} \quad (37)$$

- Tercera alternativa: se determinaron A, B, y C ajustando h en función de d y i. La ecuación a ajustar es:

$$h = d \cdot i_{dT} = d \cdot e^{A \cdot \emptyset_y - B \cdot \delta_y + C} \quad (38)$$

Es importante recalcar la importancia de esta última alternativa de ajuste. Lo que aquí se busca es relacionar la lámina de lluvia (**h**) con la recurrencia (**T**) y la duración (**d**) directamente sin acudir a la variable intensidad (**i**); ya que la variable de diseño fundamental es la lámina y no la intensidad; y en vez de ajustar **i** para luego determinar **h** quizás sería importante directamente ajustar **h** para luego de su determinación calcular la lluvia de diseño necesaria para incorporar a un modelo de transformación lluvia caudal.

Para cada una de estas alternativas se obtuvieron diferentes valores de los parámetros del DIT. Posteriormente se realizó una comparación numérica entre las distintas alternativas, utilizando el concepto de diferencia relativa porcentual, concepto que se define como:

$$\text{Diferencia Relativa Porcentual } [\%] = \frac{x-X}{X} \times 100 \quad (39)$$

Donde:

$x$ : Valor a comparar. En el caso que aquí se analiza representa la intensidad de lluvia (en mm/h) ajustada por cada una de las alternativas de ajuste de los parámetros del modelo DIT.

$X$ : Valor de referencia. En el caso que aquí se analiza representa la intensidad de lluvia (en mm/h) obtenida de los datos recopilados de pluviografía.

#### 2.4.1. Salta Capital, Salta.

A continuación se presentan los valores de los parámetros del DIT obtenidos al ajustar los datos de pluviografía recopilados en la localidad de Salta Capital con las 3 alternativas de ajuste anteriormente presentadas y sus respectivos intervalos de confianza al 95%:

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 1</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,476</b>	(0,4348; 0,5173)
<b>B</b>	<b>0,1264</b>	(0,1221; 0,1306)
<b>C</b>	<b>4,541</b>	(4,452; 4,63)

Tabla 44: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 1*

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 2</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,487</b>	(0,4529; 0,5211)
<b>B</b>	<b>0,1173</b>	(0,114; 0,1207)
<b>C</b>	<b>4,458</b>	(4,385; 4,532)

Tabla 45: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 2*

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 3</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,4631</b>	(0.416, 0.5102)
<b>B</b>	<b>0,1401</b>	(0.1346, 0.1456)
<b>C</b>	<b>0,6131</b>	(0.499, 0.7273)

Tabla 46: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 3*

Las superficies idT obtenidas de las alternativas anteriores son las siguientes:

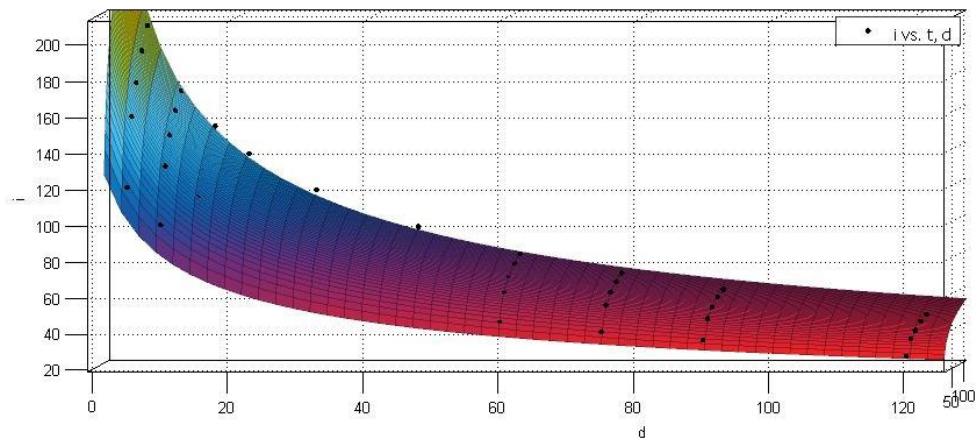


Figura 21: *Superficie idT obtenida aplicando la alternativa de ajuste 1 para la localidad de Salta Capital, Salta.*

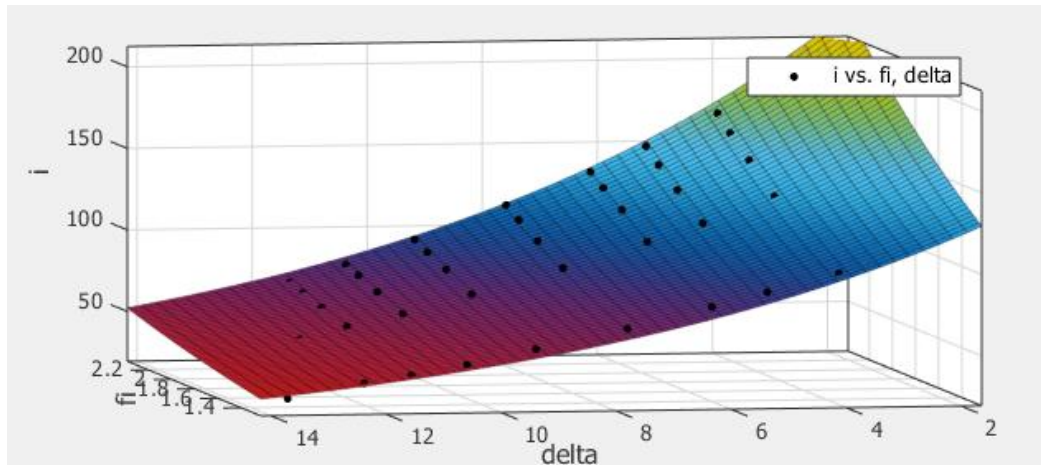


Figura 22: *Superficie idT obtenida aplicando la alternativa de ajuste 2 para la localidad de Salta Capital, Salta.*

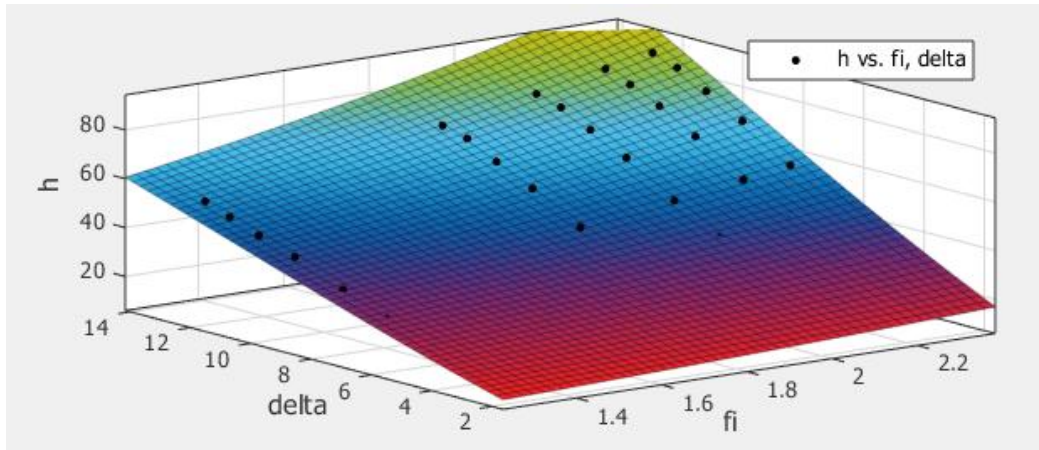


Figura 23: Superficie idT obtenida aplicando la alternativa de ajuste 3 para la localidad de Salta Capital, Salta.

Las curvas idT que resultaron de las alternativas anteriores son las siguientes:

Alternativa de ajuste 1						
	T [años]	10	30	50	75	100
	$\phi\gamma$	1,28	1,84	2,06	2,22	2,33
d [min]	$\delta$	i [mm/h]				
5	2,21	130,5	170,1	188,9	204,1	215,0
10	4,02	103,9	135,4	150,4	162,4	171,1
15	5,26	88,7	115,7	128,4	138,8	146,2
20	6,23	78,6	102,4	113,7	122,8	129,4
30	7,69	65,3	85,1	94,5	102,1	107,5
45	9,28	53,4	69,6	77,3	83,5	88,0
60	10,48	45,9	59,8	66,4	71,8	75,6
75	11,45	40,6	52,9	58,8	63,5	66,9
90	12,26	36,6	47,7	53,0	57,3	60,3
120	13,60	30,9	40,3	44,8	48,4	51,0

Tabla 47: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 1 para la localidad de Salta Capital, Salta.

Alternativa de ajuste 2						
	T [años]	10	30	50	75	100
	$\Phi\gamma$	1,28	1,84	2,06	2,22	2,33
d [min]	$\Delta$	i [mm/h]				
5	2,21	124,3	163,0	181,4	196,4	207,1
10	4,02	100,6	131,9	146,8	158,9	167,6
15	5,26	86,9	113,9	126,9	137,3	144,8
20	6,23	77,6	101,8	113,3	122,6	129,3
30	7,69	65,3	85,7	95,4	103,2	108,9
45	9,28	54,2	71,1	79,2	85,7	90,4
60	10,48	47,1	61,8	68,8	74,4	78,5
75	11,45	42,1	55,1	61,4	66,4	70,1
90	12,26	38,2	50,1	55,8	60,4	63,7
120	13,60	32,7	42,8	47,7	51,6	54,5

Tabla 48: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 2 para la localidad de Salta Capital, Salta.

Alternativa de ajuste 3						
	T [años]	10	30	50	75	100
	$\Phi_y$	1,28	1,84	2,06	2,22	2,33
d [min]	$\Delta$	i [mm/h]				
5	2,21	147,1	190,3	210,8	227,2	239,1
10	4,02	114,2	147,8	163,7	176,5	185,6
15	5,26	95,9	124,1	137,5	148,2	155,9
20	6,23	83,8	108,4	120,1	129,5	136,2
30	7,69	68,2	88,3	97,8	105,4	110,9
45	9,28	54,6	70,7	78,3	84,4	88,8
60	10,48	46,2	59,8	66,2	71,3	75,1
75	11,45	40,3	52,2	57,8	62,3	65,5
90	12,26	36,0	46,5	51,5	55,6	58,4
120	13,60	29,8	38,6	42,7	46,1	48,5

Tabla 49: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 3 para la localidad de Salta Capital, Salta.

Aplicando el concepto de diferencia relativa porcentual, a continuación se presentan los resultados que surgen al comparar cada una de las idT obtenidas al ajustar los parámetros del DIT respecto a la idT original.

a) Resultados de Alternativa de ajuste 1:

Alternativa de ajuste 1					
T [años]	10	30	50	75	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]				
5	8%	7%	7%	6%	6%
10	4%	3%	2%	2%	2%
15	-1%	0%	-1%	-1%	-2%
20	-3%	-2%	-4%	-3%	-3%
30	-4%	-5%	-5%	-5%	-5%
45	-5%	-6%	-7%	-6%	-6%
60	-3%	-4%	-5%	-4%	-3%
75	-2%	-4%	-3%	-2%	-1%
90	-1%	0%	1%	2%	3%
120	10%	10%	13%	12%	13%

Tabla 50: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 1

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -7 y 13%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas porcentuales negativas se dan para duraciones de entre 15 y 75 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva

ajustada por el modelo DIT con la alternativa 1 arroja valores de intensidad de lluvia inferiores a los de la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas porcentuales positivas se dan mayoritariamente para duraciones de 5, 90 y 120 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores de intensidad de lluvia superiores a los de la curva original.

En síntesis, para cualquiera de las duraciones y períodos de retorno analizados, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas.

b) Resultados de Alternativa de ajuste 2:

<b>Alternativa de ajuste 2</b>					
<b>T [años]</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>d [min]</b>	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
<b>5</b>	3%	3%	3%	2%	2%
<b>10</b>	0%	0%	0%	0%	0%
<b>15</b>	-3%	-1%	-2%	-2%	-3%
<b>20</b>	-4%	-3%	-4%	-3%	-3%
<b>30</b>	-4%	-4%	-4%	-4%	-4%
<b>45</b>	-4%	-4%	-4%	-3%	-3%
<b>60</b>	0%	-1%	-1%	-1%	0%
<b>75</b>	2%	0%	1%	3%	4%
<b>90</b>	3%	5%	6%	7%	8%
<b>120</b>	16%	17%	20%	20%	21%

Tabla 51: *Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 2*

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -4 y 21%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 15 y 60 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones de 5, 10, 75, 90 y 120 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros

obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

De este contraste se observa que las diferencias relativas porcentuales son mayores al 10% solo para duraciones de 120 minutos y en todos los demás casos las diferencias son mucho menores incluso a los alcanzados con la alternativa 1.

c) Resultados de Alternativa de ajuste 3:

<b>Alternativa de ajuste 3</b>					
<b>T [años]</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>d [min]</b>	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
<b>5</b>	22%	20%	20%	19%	17%
<b>10</b>	14%	13%	11%	11%	10%
<b>15</b>	7%	7%	6%	6%	5%
<b>20</b>	4%	4%	2%	2%	2%
<b>30</b>	0%	-1%	-2%	-2%	-2%
<b>45</b>	-3%	-4%	-5%	-5%	-5%
<b>60</b>	-2%	-4%	-5%	-5%	-4%
<b>75</b>	-3%	-5%	-5%	-3%	-3%
<b>90</b>	-3%	-2%	-2%	-1%	-1%
<b>120</b>	6%	6%	8%	7%	7%

**Tabla 52: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 3**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -5 y 22%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 30 y 90 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones de entre 5 y 20 minutos y para duraciones de 120 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

De este contraste se observa que las diferencias relativas porcentuales son mayores al 10% solo para duraciones de 5 y 10 minutos y en todos los demás casos las diferencias son mucho menores.

#### d) Comparación de Resultados

Comparando los resultados obtenidos puede observarse que si se adopta la alternativa 1 no se acarrearán grandes diferencias en las duraciones mínimas ni máximas de estudio. Para la mayoría de las intensidades de estudio se alcanzaron diferencias relativas porcentuales menores al 10%.

#### 2.4.2. La Banda, Santiago del Estero.

A continuación se presentan los valores de los parámetros del DIT obtenidos al ajustar los datos de pluviografía recopilados en la localidad de La Banda con las 3 alternativas de ajuste anteriormente presentadas y sus respectivos intervalos de confianza al 95%:

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 1</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,4222</b>	(0,388; 0,4564)
<b>B</b>	<b>0,1373</b>	(0,1293; 0,1453)
<b>C</b>	<b>4,956</b>	(4,873; 5,039)

Tabla 53: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 1*

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 2</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,3646</b>	(0,3251; 0,404)
<b>B</b>	<b>0,1029</b>	(0,0942; 0,1117)
<b>C</b>	<b>4,805</b>	(4,717; 4,892)

Tabla 54: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 2*

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 3</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,4628</b>	(0,4298; 0,4954)
<b>B</b>	<b>0,1566</b>	(0,1489; 0,1644)
<b>C</b>	<b>1,006</b>	(0,9061; 1,107)

Tabla 55: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 3*



Las curvas idT que resultaron de las alternativas anteriores son las siguientes:

Alternativa de ajuste 1								
	T [años]	2	3	5	10	20	50	100
	$\phi y$	0,00	0,42	0,84	1,28	1,65	2,06	2,33
d [min]	$\delta$	<u>i [mm/h]</u>						
5	2,21	104,8	125,4	149,3	180,1	210,2	250,0	280,4
10	4,02	81,8	97,9	116,5	140,5	164,1	195,1	218,8
15	5,26	69,0	82,5	98,2	118,4	138,3	164,4	184,4
20	6,23	60,4	72,3	86,0	103,8	121,1	144,0	161,6
25	7,02	54,2	64,8	77,2	93,1	108,6	129,2	144,9
30	7,69	49,4	59,1	70,3	84,8	99,0	117,8	132,1
40	8,81	42,4	50,7	60,3	72,8	85,0	101,1	113,3
50	9,71	37,4	44,8	53,3	64,3	75,0	89,2	100,1
60	10,48	33,7	40,3	48,0	57,9	67,5	80,3	90,1
80	11,73	28,4	33,9	40,4	48,7	56,8	67,6	75,8
100	12,75	24,7	29,5	35,1	42,4	49,5	58,8	66,0
120	13,60	22,0	26,3	31,3	37,7	44,0	52,3	58,7

Tabla 56: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 1 para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

Alternativa de ajuste 2								
	T [años]	2	3	5	10	20	50	100
	$\phi y$	0,00	0,42	0,84	1,28	1,65	2,06	2,33
d [min]	$\delta$	<u>i [mm/h]</u>						
5	2,21	97,3	113,6	132,0	155,2	177,4	206,0	227,5
10	4,02	80,8	94,3	109,6	128,9	147,3	171,1	188,9
15	5,26	71,1	83,0	96,4	113,4	129,6	150,5	166,2
20	6,23	64,4	75,1	87,3	102,7	117,3	136,3	150,5
25	7,02	59,3	69,3	80,5	94,6	108,2	125,6	138,7
30	7,69	55,3	64,6	75,1	88,3	100,9	117,2	129,4
40	8,81	49,3	57,6	66,9	78,7	90,0	104,5	115,4
50	9,71	45,0	52,5	61,0	71,7	82,0	95,2	105,1
60	10,48	41,5	48,5	56,4	66,3	75,7	88,0	97,1
80	11,73	36,5	42,6	49,5	58,2	66,6	77,3	85,4
100	12,75	32,9	38,4	44,6	52,5	60,0	69,7	76,9
120	13,60	30,1	35,2	40,9	48,1	54,9	63,8	70,5

Tabla 57: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 2 para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

Alternativa de ajuste 3								
T [años]		2	3	5	10	20	50	100
	$\phi y$	0,00	0,42	0,84	1,28	1,65	2,06	2,33
d [min]	$\delta$	i [mm/h]						
5	2,21	116,1	141,3	171,0	210,0	248,8	300,8	341,2
10	4,02	87,5	106,5	128,9	158,3	187,5	226,8	257,2
15	5,26	72,0	87,6	106,0	130,2	154,3	186,6	211,6
20	6,23	61,9	75,3	91,2	112,0	132,7	160,4	181,9
25	7,02	54,7	66,6	80,5	98,9	117,2	141,7	160,7
30	7,69	49,2	59,9	72,5	89,0	105,4	127,5	144,6
40	8,81	41,3	50,3	60,9	74,7	88,6	107,1	121,4
50	9,71	35,9	43,6	52,8	64,9	76,8	92,9	105,4
60	10,48	31,8	38,7	46,8	57,5	68,2	82,4	93,5
80	11,73	26,1	31,8	38,5	47,3	56,0	67,7	76,8
100	12,75	22,3	27,1	32,8	40,3	47,8	57,8	65,5
120	13,60	19,5	23,7	28,7	35,3	41,8	50,6	57,3

Tabla 58: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 3 para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

Aplicando el concepto de diferencia relativa porcentual, a continuación se presentan los resultados que surgen al comparar cada una de las idT obtenidas al ajustar los parámetros del DIT respecto a la idT original.

a) Resultados de Alternativa de ajuste 1:

Alternativa de ajuste 1							
T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]						
5	-7%	1%	11%	22%	32%	44%	53%
10	-7%	-3%	2%	7%	12%	18%	22%
15	-8%	-7%	-6%	-4%	-3%	-2%	-1%
20	-7%	-6%	-4%	-2%	0%	2%	4%
25	-8%	-9%	-9%	-10%	-9%	-10%	-11%
30	-5%	-6%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
40	-2%	-6%	-9%	-11%	-14%	-16%	-18%
50	1%	-3%	-6%	-10%	-13%	-16%	-18%
60	3%	-1%	-4%	-7%	-9%	-12%	-13%
80	10%	7%	5%	3%	1%	-1%	-3%
100	17%	14%	12%	10%	8%	6%	5%
120	23%	20%	18%	17%	16%	14%	13%

Tabla 59: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 1

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -18 y 53%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 5 y 60 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones de entre 80 y 120 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para duraciones de entre 15 y 20 minutos, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas. Por el contrario para duraciones mayores e iguales a 25 minutos las diferencias encontradas superan el 10% en algunos casos para períodos de retorno altos y en otros ara períodos de retorno bajos, lo que resulta significativo.

b) Resultados de Alternativa de ajuste 2:

Alternativa de ajuste 2							
T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]						
5	-14%	-8%	-2%	5%	12%	18%	24%
10	-9%	-7%	-4%	-2%	1%	4%	6%
15	-6%	-7%	-8%	-9%	-9%	-10%	-11%
20	-1%	-2%	-2%	-3%	-3%	-3%	-4%
25	1%	-2%	-5%	-8%	-10%	-13%	-14%
30	7%	2%	-2%	-5%	-8%	-12%	-14%
40	14%	7%	1%	-4%	-9%	-14%	-16%
50	22%	14%	7%	0%	-5%	-10%	-14%
60	27%	19%	13%	7%	2%	-3%	-7%
80	42%	35%	29%	23%	18%	13%	10%
100	56%	49%	43%	36%	31%	26%	22%
120	68%	61%	55%	49%	44%	39%	35%

Tabla 60: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 2

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -14 y 68%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 5 y 40 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones mayores e iguales a 50 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para duraciones de entre 10 y 20 minutos, a pesar de las diferencias encontradas en las IDT de las estaciones base, estas resultan siempre menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas. Por el contrario para duraciones mayores e iguales a 25 minutos las diferencias encontradas superan el 10% lo que resulta significativo.

c) Resultados de Alternativa de ajuste 3:

Alternativa de ajuste 3							
T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]						
5	3%	14%	27%	42%	56%	73%	86%
10	-1%	5%	13%	21%	28%	37%	44%
15	-4%	-2%	1%	5%	8%	11%	13%
20	-5%	-2%	2%	6%	10%	14%	17%
25	-7%	-6%	-5%	-4%	-2%	-2%	-1%
30	-5%	-5%	-5%	-5%	-4%	-4%	-4%
40	-5%	-7%	-8%	-9%	-10%	-12%	-12%
50	-3%	-5%	-7%	-9%	-11%	-12%	-14%
60	-3%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%
80	2%	1%	0%	0%	-1%	-1%	-1%
100	6%	5%	5%	5%	5%	4%	4%
120	9%	9%	9%	9%	10%	10%	10%

Tabla 61: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 3

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -14 y 86%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 25 y 60 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones de 5, 10, 15, 20, 80, 100 y 120 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para duraciones mayores e iguales a 25 minutos, a pesar de las diferencias encontradas en las IDT de las estaciones base, estas resultan siempre menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas. Por el contrario para duraciones menores e iguales a 20 minutos las diferencias encontradas superan el 10% lo que resulta significativo.

d) Comparación de Resultados:

La alternativa 1 arroja diferencias relativas porcentuales chicas para duraciones de entre 5 y 80 minutos para períodos de retorno menores a 10 años, mientras que para estas duraciones pero para períodos de retorno mayores a 10 años, y para duraciones mayores a 100 minutos las diferencias resultan mayores al 10% lo que resulta significativo. Por otro lado, la alternativa 2 ofrece mejores resultados para duraciones bajas, es decir, las diferencias relativas porcentuales resultan menores a las arrojadas por la alternativa 1, pero para duraciones altas las diferencias resultan mayores que en la alternativa 1. Finalmente, la alternativa 3 mejora los valores de diferencias relativas para duraciones mayores e iguales a 25 minutos, dando valores menores al 10%, pero en relación a las duraciones bajas, la alternativa 2 sigue siendo la óptima.

A modo de conclusión puede decirse que:

La **Alternativa de ajuste 2** es más adecuada para duraciones “d” ≤ 20 minutos; y

La **Alternativa de ajuste 3** es más adecuada para duraciones “d” > 20 minutos

2.4.3. Resistencia, Chaco.

A continuación se presentan los valores de los parámetros del DIT obtenidos al ajustar los datos de pluviografía recopilados en la localidad de Resistencia con las 3 alternativas de ajuste anteriormente presentadas y sus respectivos intervalos de confianza al 95%:

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 1</b>		
		Intervalo de confianza
<b>A</b>	<b>0,2761</b>	(0,226; 0,267)
<b>B</b>	<b>0,1276</b>	(0,07233; 0,07999)
<b>C</b>	<b>5,290</b>	(5,18; 5,283)

Tabla 62: Parámetros DIT alternativa de ajuste 1

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 2</b>		
		Intervalo de confianza
<b>A</b>	<b>0,2664</b>	(0,2177; 0,2548)
<b>B</b>	<b>0,1251</b>	(0,07181; 0,07883)
<b>C</b>	<b>5,279</b>	(5,194; 5,279)

Tabla 63: Parámetros DIT alternativa de ajuste 2

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 3</b>		
		Intervalo de confianza
<b>A</b>	<b>0,2869</b>	(0,2064; 0,257)
<b>B</b>	<b>0,1258</b>	(0,07549; 0,08765)
<b>C</b>	<b>1,1570</b>	(1,135; 1,331)

Tabla 64: Parámetros DIT alternativa de ajuste 3

Las curvas idT que resultaron de las alternativas anteriores son las siguientes:

<b>Alternativa de ajuste 1</b>						
	<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>
	<b>φγ</b>	<b>0,00</b>	<b>0,84</b>	<b>1,28</b>	<b>1,75</b>	<b>2,06</b>
<b>d [min]</b>	<b>δ</b>	<b>i [mm/h]</b>				
<b>15</b>	<b>5,26</b>	101,4	127,7	144,4	164,5	178,9

<b>Alternativa de ajuste 1</b>						
	<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>
	<b><math>\phi y</math></b>	<b>0,00</b>	<b>0,84</b>	<b>1,28</b>	<b>1,75</b>	<b>2,06</b>
<b>d [min]</b>	<b><math>\delta</math></b>	<b><u>i [mm/h]</u></b>				
<b>30</b>	<b>7,69</b>	74,3	93,6	105,9	120,6	131,2
<b>45</b>	<b>9,28</b>	60,7	76,5	86,4	98,5	107,1
<b>60</b>	<b>10,48</b>	52,1	65,6	74,2	84,5	91,9
<b>120</b>	<b>13,60</b>	35,0	44,1	49,8	56,8	61,7
<b>180</b>	<b>15,57</b>	27,2	34,3	38,7	44,1	48,0
<b>240</b>	<b>17,04</b>	22,6	28,4	32,1	36,6	39,8

**Tabla 65: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 1 para la localidad de Resistencia, Chaco.**

<b>Alternativa de ajuste 2</b>						
	<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>
	<b><math>\phi y</math></b>	<b>0,00</b>	<b>0,84</b>	<b>1,28</b>	<b>1,75</b>	<b>2,06</b>
<b>d [min]</b>	<b><math>\delta</math></b>	<b><u>i [mm/h]</u></b>				
<b>15</b>	<b>5,26</b>	101,6	126,9	142,9	162,1	175,7
<b>30</b>	<b>7,69</b>	74,9	93,7	105,4	119,6	129,7
<b>45</b>	<b>9,28</b>	61,4	76,8	86,4	98,0	106,3
<b>60</b>	<b>10,48</b>	52,9	66,1	74,4	84,4	91,5
<b>120</b>	<b>13,60</b>	35,8	44,7	50,3	57,1	61,9
<b>180</b>	<b>15,57</b>	28,0	34,9	39,3	44,6	48,4
<b>240</b>	<b>17,04</b>	23,3	29,1	32,8	37,1	40,3

**Tabla 66: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 2 para la localidad de Resistencia, Chaco.**

<b>Alternativa de ajuste 3</b>						
	<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>
	<b><math>\phi y</math></b>	<b>0,00</b>	<b>0,84</b>	<b>1,28</b>	<b>1,75</b>	<b>2,06</b>
<b>d [min]</b>	<b><math>\delta</math></b>	<b><u>i [mm/h]</u></b>				
<b>15</b>	<b>5,26</b>	98,4	125,2	142,2	162,8	177,7
<b>30</b>	<b>7,69</b>	72,5	92,2	104,7	119,9	130,9
<b>45</b>	<b>9,28</b>	59,4	75,5	85,7	98,2	107,2
<b>60</b>	<b>10,48</b>	51,1	64,9	73,7	84,5	92,2
<b>120</b>	<b>13,60</b>	34,5	43,8	49,8	57,0	62,2
<b>180</b>	<b>15,57</b>	26,9	34,2	38,9	44,5	48,6
<b>240</b>	<b>17,04</b>	22,4	28,5	32,3	37,0	40,4

**Tabla 67: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 3 para la localidad de Resistencia, Chaco.**

Aplicando el concepto de diferencia relativa porcentual, a continuación se presentan los resultados que surgen al comparar cada una de las idT obtenidas al ajustar los parámetros del DIT respecto a la idT original.

## a) Resultados de Alternativa de ajuste 1:

<b>Alternativa de ajuste 1</b>					
<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>
<b>d [min]</b>	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
<b>15</b>	1%	0%	2%	3%	3%
<b>30</b>	-2%	-1%	1%	2%	3%
<b>45</b>	-1%	-5%	-5%	-5%	-5%
<b>60</b>	0%	-1%	1%	0%	0%
<b>120</b>	-1%	1%	4%	4%	6%
<b>180</b>	1%	1%	1%	3%	0%
<b>240</b>	4%	1%	-2%	-3%	-7%

Tabla 68: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 1

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -7 y 6%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas dan positivos, esto muestra que la curva ajustada por el Modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original. Algunos pocos valores de diferencias relativas dan negativos lo que indica que la curva ajustada por el Modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para cualquiera de las duraciones y períodos de retorno analizados, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas.

## b) Resultados de Alternativa de ajuste 2:

<b>Alternativa de ajuste 2</b>					
<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>
<b>d [min]</b>	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
<b>15</b>	1%	0%	1%	1%	1%
<b>30</b>	-1%	-1%	0%	1%	2%
<b>45</b>	0%	-4%	-5%	-5%	-5%
<b>60</b>	2%	0%	1%	0%	0%
<b>120</b>	2%	3%	5%	5%	6%
<b>180</b>	4%	3%	2%	4%	1%
<b>240</b>	7%	3%	0%	-2%	-6%

Tabla 69: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 2



De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -6 y 7%.

Al igual que en la alternativa anterior, la mayoría de los valores de diferencias relativas dan positivos, esto muestra que la curva ajustada por el Modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original. Algunos pocos valores de diferencias relativas dan negativos lo que indica que la curva ajustada por el Modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para cualquiera de las duraciones y períodos de retorno analizados, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas.

c) Resultados de Alternativa de ajuste 3:

Alternativa de ajuste 3					
T [años]	2	5	10	25	50
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]				
15	-2%	-2%	1%	2%	2%
30	-4%	-3%	0%	1%	3%
45	-4%	-6%	-6%	-5%	-4%
60	-2%	-2%	0%	0%	1%
120	-2%	1%	4%	5%	7%
180	0%	1%	1%	4%	1%
240	3%	1%	-1%	-2%	-6%

Tabla 70: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 3

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -6 y 7%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas dan positivos, esto muestra que la curva ajustada por el Modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original. Algunos pocos valores de diferencias relativas dan negativos lo que indica que la curva ajustada por el

Modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para la mayoría de las duraciones y períodos de retorno analizados, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas. Por el contrario se puede observar que para una duración de 15 minutos y un período de retorno de 2 años se tiene una diferencia del 11%, mayor al 10%, que puede tomarse como no significativa ya que es muy próxima a 10%.

#### d) Comparación de Resultados

Comparando los resultados obtenidos puede observarse que si se adopta la alternativa 1 no se acarrearán grandes diferencias en las duraciones mínimas ni máximas de estudio. Para todas las intensidades de estudio se alcanzaron diferencias relativas porcentuales menores al 10%.

#### 2.4.4. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca

A continuación se presentan los valores de los parámetros del DIT obtenidos al ajustar los datos de pluviografía recopilados en la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca con las 3 alternativas de ajuste anteriormente presentadas y sus respectivos intervalos de confianza al 95%:

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 1</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,4258</b>	(0,4182; 0,4333)
<b>B</b>	<b>0,1748</b>	(0,1732; 0,1764)
<b>C</b>	<b>5,052</b>	(5,024; 5,081)

Tabla 71: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 1*

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 2</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,4243</b>	(0,4171; 0,4315)

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 2</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>B</b>	<b>0,1751</b>	(0,1731; 0,177)
<b>C</b>	<b>5,061</b>	(5,033; 5,089)

Tabla 72: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 2*

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 3</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,4148</b>	(0,4046; 0,425)
<b>B</b>	<b>0,1761</b>	(0,1745; 0,1777)
<b>C</b>	<b>0,9996</b>	(0,9656; 1,034)

Tabla 73: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 3*

Las curvas idT que resultaron de las alternativas anteriores son las siguientes:

<b>Alternativa de ajuste 1</b>								
	<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>
	<b><math>\phi y</math></b>	<b>0,00</b>	<b>0,84</b>	<b>1,28</b>	<b>1,75</b>	<b>2,06</b>	<b>2,33</b>	<b>2,58</b>
<b>d [min]</b>	<b><math>\delta</math></b>	<b><u>i [mm/h]</u></b>						
<b>60</b>	<b>10,48</b>	25,0	35,8	43,2	52,8	60,1	67,5	75,0
<b>90</b>	<b>12,26</b>	18,3	26,2	31,6	38,7	44,0	49,4	54,9
<b>120</b>	<b>13,60</b>	14,5	20,7	25,0	30,6	34,9	39,1	43,5
<b>180</b>	<b>15,57</b>	10,3	14,7	17,7	21,7	24,7	27,7	30,8
<b>240</b>	<b>17,04</b>	8,0	11,4	13,7	16,8	19,1	21,5	23,8
<b>360</b>	<b>19,19</b>	5,5	7,8	9,4	11,5	13,1	14,7	16,4
<b>720</b>	<b>23,10</b>	2,8	3,9	4,8	5,8	6,6	7,4	8,3

Tabla 74: *Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 1 para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.*

<b>Alternativa de ajuste 2</b>								
	<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>
	<b><math>\phi y</math></b>	<b>0,00</b>	<b>0,84</b>	<b>1,28</b>	<b>1,75</b>	<b>2,06</b>	<b>2,33</b>	<b>2,58</b>
<b>d [min]</b>	<b><math>\delta</math></b>	<b><u>i [mm/h]</u></b>						
<b>60</b>	<b>10,48</b>	25,2	35,9	43,4	53,0	60,3	67,7	75,2
<b>90</b>	<b>12,26</b>	18,4	26,3	31,7	38,8	44,1	49,5	55,0
<b>120</b>	<b>13,60</b>	14,6	20,8	25,1	30,7	34,9	39,2	43,5
<b>180</b>	<b>15,57</b>	10,3	14,7	17,8	21,7	24,7	27,7	30,8
<b>240</b>	<b>17,04</b>	8,0	11,4	13,8	16,8	19,1	21,5	23,8
<b>360</b>	<b>19,19</b>	5,5	7,8	9,4	11,5	13,1	14,7	16,4
<b>720</b>	<b>23,10</b>	2,8	3,9	4,8	5,8	6,6	7,4	8,2

Tabla 75: *Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 2 para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.*

Alternativa de ajuste 3								
	T [años]	2	5	10	25	50	100	200
	$\phi y$	0,00	0,84	1,28	1,75	2,06	2,33	2,58
d [min]	$\delta$	<u>i [mm/h]</u>						
60	10,48	25,8	36,4	43,8	53,3	60,5	67,7	75,0
90	12,26	18,8	26,6	32,0	38,9	44,2	49,4	54,8
120	13,60	14,9	21,0	25,3	30,8	34,9	39,1	43,3
180	15,57	10,5	14,9	17,9	21,7	24,7	27,6	30,6
240	17,04	8,1	11,5	13,8	16,8	19,1	21,3	23,6
360	19,19	5,6	7,9	9,5	11,5	13,0	14,6	16,2
720	23,10	2,8	3,9	4,7	5,8	6,6	7,3	8,1

Tabla 76: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 3 para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

Aplicando el concepto de diferencia relativa porcentual, a continuación se presentan los resultados que surgen al comparar cada una de las idT obtenidas al ajustar los parámetros del DIT respecto a la idT original.

a) Resultados de Alternativa de ajuste 1:

Alternativa de ajuste 1							
T [años]	2	5	10	25	50	100	200
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]						
60	3%	-3%	1%	-1%	0%	1%	1%
90	2%	1%	-1%	-3%	-3%	-2%	0%
120	3%	1%	-1%	-2%	-1%	-1%	0%
180	2%	4%	0%	-2%	-1%	0%	2%
240	2%	-1%	0%	-1%	-1%	0%	3%
360	-3%	0%	1%	-3%	-2%	0%	6%
720	-4%	-2%	1%	-3%	-1%	0%	6%

Tabla 77: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 1

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -4 y 6%.

Para todas las duraciones analizadas se observan diferencias relativas negativas para distintos períodos de retorno. Esto muestra que para dichos casos la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Pero, por otro lado, puede verse que la mayoría de las diferencias relativas que se tienen son positivas. Esto muestra que para

estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para cualquiera de las duraciones y períodos de retorno analizados, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas.

b) Resultados de Alternativa de ajuste 2:

Alternativa de ajuste 2							
T [años]	2	5	10	25	50	100	200
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]						
60	3%	-2%	1%	0%	1%	1%	1%
90	3%	1%	0%	-3%	-2%	-2%	0%
120	3%	1%	0%	-2%	-1%	-1%	0%
180	2%	5%	0%	-2%	-1%	0%	2%
240	3%	-1%	1%	-1%	0%	0%	3%
360	-3%	0%	1%	-3%	-2%	0%	6%
720	-4%	-2%	1%	-3%	-1%	0%	6%

Tabla 78: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 2

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -4 y 6%.

Para todas las duraciones analizadas se observan diferencias relativas negativas para distintos períodos de retorno. Esto muestra que para dichos casos la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Pero, por otro lado, puede verse que la mayoría de las diferencias relativas que se tienen son positivas. Esto muestra que para estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para cualquiera de las duraciones y períodos de retorno analizados, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas.

## c) Resultados de Alternativa de ajuste 3:

Alternativa de ajuste 3							
T [años]	2	5	10	25	50	100	200
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]						
60	5%	-1%	2%	0%	1%	1%	0%
90	5%	3%	0%	-2%	-2%	-2%	0%
120	5%	2%	0%	-2%	-1%	-1%	0%
180	4%	6%	1%	-2%	-1%	-1%	2%
240	5%	0%	1%	-1%	-1%	-1%	2%
360	-1%	1%	2%	-4%	-2%	-1%	4%
720	-3%	-1%	1%	-4%	-2%	-1%	4%

Tabla 79: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 3

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -4 y 6%.

Para todas las duraciones analizadas se observan diferencias relativas negativas para distintos períodos de retorno. Esto muestra que para dichos casos la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Pero, por otro lado, puede verse que la mayoría de las diferencias relativas que se tienen son positivas. Esto muestra que para estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para cualquiera de las duraciones y períodos de retorno analizados, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas.

## d) Comparación de Resultados

Comparando los resultados obtenidos puede observarse que si se adopta la alternativa 1 no se acarrean grandes diferencias en las duraciones mínimas ni máximas de estudio. Para todas las intensidades de estudio se alcanzaron diferencias relativas porcentuales menores al 10%.

## 2.4.5. Rafaela, Santa Fe.

A continuación se presentan los valores de los parámetros del DIT obtenidos al ajustar los datos de pluviografía recopilados en la localidad de Rafaela con las 3 alternativas de ajuste anteriormente presentadas y sus respectivos intervalos de confianza al 95%:

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 1</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,349</b>	(0,3368; 0,3611)
<b>B</b>	<b>0,1306</b>	(0,1298; 0,1314)
<b>C</b>	<b>5,077</b>	(5,053; 5,1)

Tabla 80: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 1*

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 2</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,283</b>	(0,2692; 0,2968)
<b>B</b>	<b>0,1201</b>	(0,1178; 0,1223)
<b>C</b>	<b>5,083</b>	(5,06; 5,113)

Tabla 81: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 2*

<b>ALTERNATIVA DE AJUSTE 3</b>		
		<b>Intervalo de confianza</b>
<b>A</b>	<b>0,3983</b>	(0,39; 0,4067)
<b>B</b>	<b>0,1294</b>	(0,1287; 0,13)
<b>C</b>	<b>0,8816</b>	(0,8588; 0,9045)

Tabla 82: *Parámetros DIT alternativa de ajuste 3*

Las curvas idT que resultaron de las alternativas anteriores son las siguientes:

<b>Alternativa de ajuste 1</b>										
	<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
	<b><math>\phi\gamma</math></b>	<b>0,00</b>	<b>0,42</b>	<b>0,84</b>	<b>1,28</b>	<b>1,50</b>	<b>1,65</b>	<b>1,75</b>	<b>2,06</b>	<b>2,33</b>
<b>d [min]</b>	<b><math>\delta</math></b>	<b><u>i [mm/h]</u></b>								
<b>5</b>	<b>2,21</b>	120,1	139,3	160,8	187,8	202,9	213,4	221,5	246,3	270,8
<b>10</b>	<b>4,02</b>	94,9	110,0	127,1	148,4	160,3	168,6	175,0	194,6	213,9
<b>15</b>	<b>5,26</b>	80,6	93,5	108,0	126,1	136,2	143,3	148,7	165,3	181,8
<b>30</b>	<b>7,69</b>	58,7	68,1	78,6	91,8	99,2	104,3	108,3	120,4	132,4
<b>45</b>	<b>9,28</b>	47,7	55,3	63,9	74,6	80,6	84,8	88,0	97,8	107,6
<b>60</b>	<b>10,48</b>	40,8	47,3	54,6	63,8	68,9	72,5	75,2	83,7	92,0
<b>120</b>	<b>13,60</b>	27,1	31,5	36,3	42,4	45,8	48,2	50,1	55,7	61,2
<b>180</b>	<b>15,57</b>	21,0	24,3	28,1	32,8	35,4	37,3	38,7	43,0	47,3
<b>300</b>	<b>18,21</b>	14,9	17,2	19,9	23,2	25,1	26,4	27,4	30,5	33,5

Alternativa de ajuste 1										
	T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
	$\phi\gamma$	0,00	0,42	0,84	1,28	1,50	1,65	1,75	2,06	2,33
d [min]	$\delta$	<u>i [mm/h]</u>								
360	19,19	13,1	15,2	17,5	20,4	22,1	23,2	24,1	26,8	29,5
600	22,04	9,0	10,4	12,1	14,1	15,2	16,0	16,6	18,5	20,3
720	23,10	7,8	9,1	10,5	12,3	13,3	13,9	14,5	16,1	17,7
1080	25,52	5,7	6,6	7,7	8,9	9,7	10,2	10,5	11,7	12,9
1440	27,30	4,5	5,3	6,1	7,1	7,7	8,1	8,4	9,3	10,2
2880	31,77	2,5	2,9	3,4	4,0	4,3	4,5	4,7	5,2	5,7
4320	34,51	1,8	2,1	2,4	2,8	3,0	3,1	3,3	3,6	4,0
5760	36,51	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,4	2,5	2,8	3,1

Tabla 83: Curva  $i$ dT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 1 para la localidad de Rafaela, Santa Fe.

Alternativa de ajuste 2										
	T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
	$\phi\gamma$	0,00	0,42	0,84	1,28	1,50	1,65	1,75	2,06	2,33
d [min]	$\delta$	<u>i [mm/h]</u>								
5	2,21	124,0	139,9	157,2	178,2	189,8	197,7	203,7	222,1	239,8
10	4,02	99,9	112,6	126,5	143,5	152,8	159,2	164,0	178,8	193,1
15	5,26	86,0	97,0	109,0	123,5	131,5	137,0	141,2	153,9	166,2
30	7,69	64,2	72,4	81,4	92,3	98,2	102,3	105,5	115,0	124,1
45	9,28	53,1	59,8	67,2	76,2	81,2	84,6	87,2	95,0	102,6
60	10,48	45,9	51,8	58,2	66,0	70,3	73,2	75,5	82,3	88,8
120	13,60	31,6	35,6	40,0	45,4	48,3	50,3	51,9	56,5	61,1
180	15,57	24,9	28,1	31,6	35,8	38,1	39,7	40,9	44,6	48,2
300	18,21	18,2	20,5	23,0	26,1	27,8	28,9	29,8	32,5	35,1
360	19,19	16,1	18,2	20,5	23,2	24,7	25,7	26,5	28,9	31,2
600	22,04	11,5	12,9	14,5	16,5	17,5	18,3	18,8	20,5	22,2
720	23,10	10,1	11,4	12,8	14,5	15,4	16,1	16,6	18,1	19,5
1080	25,52	7,5	8,5	9,6	10,8	11,5	12,0	12,4	13,5	14,6
1440	27,30	6,1	6,9	7,7	8,8	9,3	9,7	10,0	10,9	11,8
2880	31,77	3,6	4,0	4,5	5,1	5,4	5,7	5,9	6,4	6,9
4320	34,51	2,6	2,9	3,2	3,7	3,9	4,1	4,2	4,6	5,0
5760	36,51	2,0	2,3	2,6	2,9	3,1	3,2	3,3	3,6	3,9

Tabla 84: Curva  $i$ dT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 2 para la localidad de Rafaela, Santa Fe.

Alternativa de ajuste 3										
	T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
	$\phi\gamma$	0,00	0,42	0,84	1,28	1,50	1,65	1,75	2,06	2,33
d [min]	$\delta$	<u>i [mm/h]</u>								
5	2,21	108,8	128,9	151,9	181,3	198,0	209,8	218,9	247,0	275,3
10	4,02	86,2	102,1	120,3	143,5	156,8	166,1	173,3	195,6	218,0



Alternativa de ajuste 3										
	T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
	$\phi\gamma$	0,00	0,42	0,84	1,28	1,50	1,65	1,75	2,06	2,33
d [min]	$\delta$	i [mm/h]								
15	5,26	73,3	86,9	102,4	122,2	133,4	141,4	147,5	166,5	185,5
30	7,69	53,5	63,4	74,7	89,2	97,4	103,2	107,7	121,5	135,4
45	9,28	43,6	51,6	60,8	72,6	79,3	84,0	87,7	99,0	110,3
60	10,48	37,3	44,2	52,1	62,2	67,9	72,0	75,1	84,7	94,4
120	13,60	24,9	29,5	34,8	41,5	45,4	48,1	50,1	56,6	63,1
180	15,57	19,3	22,9	27,0	32,2	35,1	37,2	38,8	43,8	48,9
300	18,21	13,7	16,3	19,2	22,9	25,0	26,5	27,6	31,2	34,7
360	19,19	12,1	14,3	16,9	20,1	22,0	23,3	24,3	27,5	30,6
600	22,04	8,4	9,9	11,7	13,9	15,2	16,1	16,8	19,0	21,1
720	23,10	7,3	8,6	10,2	12,1	13,3	14,1	14,7	16,5	18,4
1080	25,52	5,3	6,3	7,4	8,9	9,7	10,3	10,7	12,1	13,5
1440	27,30	4,2	5,0	5,9	7,1	7,7	8,2	8,5	9,6	10,7
2880	31,77	2,4	2,8	3,3	4,0	4,3	4,6	4,8	5,4	6,0
4320	34,51	1,7	2,0	2,3	2,8	3,0	3,2	3,3	3,8	4,2
5760	36,51	1,3	1,5	1,8	2,1	2,3	2,5	2,6	2,9	3,3

Tabla 85: Curva idT obtenida a partir de la alternativa de ajuste 3 para la localidad de Rafaela, Santa Fe.

Aplicando el concepto de diferencia relativa porcentual, a continuación se presentan los resultados que surgen al comparar cada una de las idT obtenidas al ajustar los parámetros del DIT respecto a la idT original.

a) Resultados de Alternativa de ajuste 1:

Alternativa de ajuste 1									
T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]								
5	-7%	-1%	4%	9%	12%	14%	15%	18%	20%
10	-6%	-3%	0%	2%	3%	4%	5%	6%	7%
15	-10%	-8%	-6%	-4%	-4%	-3%	-3%	-2%	-1%
30	-12%	-9%	-6%	-4%	-3%	-2%	-1%	0%	1%
45	-11%	-8%	-6%	-4%	-3%	-3%	-2%	-1%	-1%
60	-9%	-7%	-5%	-3%	-2%	-2%	-2%	-1%	0%
120	-6%	-4%	-2%	-1%	0%	0%	1%	1%	2%
180	-3%	-2%	-1%	1%	1%	1%	2%	2%	2%
300	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
360	2%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	-1%	-1%
600	4%	1%	0%	-2%	-3%	-4%	-4%	-5%	-6%
720	6%	4%	2%	0%	-1%	-2%	-2%	-4%	-5%

Alternativa de ajuste 1									
T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]								
1080	10%	6%	3%	0%	-1%	-2%	-3%	-4%	-6%
1440	13%	8%	5%	1%	0%	-2%	-2%	-4%	-6%
2880	14%	9%	5%	1%	-1%	-2%	-3%	-5%	-6%
4320	10%	6%	3%	0%	-2%	-2%	-3%	-5%	-6%
5760	9%	5%	1%	-2%	-4%	-5%	-6%	-7%	-9%

Tabla 86: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 1

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -12 y 20%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 15 y 60 minutos para todos los períodos de retorno analizados, y para duraciones de entre 600 y 5760 minutos para períodos de retorno mayores e iguales a 15 años. Esto muestra que para dichas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones bajas (5 y 10 minutos) para todos los períodos de retorno analizados, y para duraciones mayores a 300 minutos para períodos de retorno menores a 15 años. Esto muestra que para estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para la mayoría de las duraciones y períodos de retorno, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas. Por el contrario se observa que para duraciones bajas (5 minutos) y períodos de retorno altos (50 y 100 años), y para duraciones altas (mayores e igual a 1440 minutos) y períodos de retorno bajos (2 años), las diferencias encontradas superan el 10% lo que resulta significativo.

b) Resultados de Alternativa de ajuste 2:

Alternativa de ajuste 2									
T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]								
5	-4%	-1%	2%	4%	5%	5%	5%	6%	7%
10	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-2%	-2%	-3%	-3%
15	-4%	-5%	-5%	-6%	-7%	-7%	-8%	-9%	-10%
30	-4%	-3%	-3%	-3%	-3%	-4%	-4%	-5%	-5%
45	-1%	-1%	-1%	-2%	-3%	-3%	-3%	-4%	-5%
60	2%	2%	1%	0%	-1%	-1%	-1%	-3%	-4%
120	10%	9%	8%	6%	5%	5%	4%	3%	1%
180	15%	13%	12%	10%	9%	8%	8%	6%	4%
300	22%	19%	17%	13%	12%	11%	10%	7%	5%
360	26%	22%	18%	14%	12%	10%	9%	7%	4%
600	32%	25%	20%	14%	12%	10%	9%	5%	2%
720	37%	30%	24%	18%	15%	13%	12%	8%	5%
1080	45%	36%	28%	21%	18%	16%	14%	10%	7%
1440	52%	41%	33%	25%	21%	19%	17%	12%	9%
2880	60%	49%	39%	30%	26%	24%	22%	17%	13%
4320	60%	50%	41%	33%	29%	27%	25%	20%	17%
5760	61%	51%	41%	33%	29%	27%	24%	20%	16%

Tabla 87: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 2

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -10 y 61%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 10 y 60 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones de 5 minutos y mayores a 60 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para duraciones de entre 5 y 180 minutos, a pesar de las diferencias encontradas en las IDT de las estaciones base, estas resultan siempre menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas. Por el contrario para duraciones mayores e iguales a 300 minutos las diferencias encontradas

superan el 10%, siendo más importantes para períodos de retorno bajos, lo que resulta significativo.

c) Resultados de Alternativa de ajuste 3:

Alternativa de ajuste 3									
T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]								
5	-16%	-9%	-2%	6%	9%	12%	13%	18%	22%
10	-15%	-10%	-6%	-1%	1%	3%	4%	7%	9%
15	-18%	-15%	-11%	-7%	-6%	-4%	-4%	-1%	1%
30	-20%	-15%	-11%	-6%	-4%	-3%	-2%	1%	3%
45	-18%	-14%	-11%	-7%	-5%	-4%	-3%	0%	2%
60	-17%	-13%	-9%	-6%	-4%	-3%	-2%	0%	2%
120	-13%	-10%	-6%	-3%	-1%	0%	1%	3%	5%
180	-11%	-8%	-5%	-1%	0%	1%	2%	4%	6%
300	-7%	-5%	-3%	-1%	0%	1%	2%	3%	4%
360	-6%	-4%	-3%	-1%	0%	0%	0%	1%	2%
600	-4%	-4%	-4%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-2%
720	-1%	-2%	-2%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%
1080	2%	1%	0%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%
1440	6%	3%	2%	1%	0%	0%	0%	-1%	-1%
2880	7%	4%	2%	1%	0%	0%	-1%	-1%	-1%
4320	4%	2%	1%	0%	0%	0%	-1%	-1%	-1%
5760	3%	1%	-1%	-2%	-2%	-2%	-3%	-3%	-3%

Tabla 88: Diferencia relativa porcentual alternativa de ajuste 3

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones IDT base varían entre -18 y 22%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 15 y 1080 minutos para distintos períodos de retorno. Esto muestra que para dichas duraciones y períodos de retorno la curva ajustada por el modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, la mayoría de los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones mayores a 1080 minutos para períodos de retorno bajos, y para duraciones de entre 120 y 360 minutos para períodos de retorno altos. Esto muestra que para estas duraciones la curva ajustada por el modelo DIT con los

parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para duraciones mayores e iguales a 10 minutos, a pesar de las diferencias encontradas en las IDT de las estaciones base, estas resultan siempre menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas. Por el contrario para duraciones menores e iguales a 5 minutos, para períodos de retorno altos, las diferencias encontradas superan el 10% lo que resulta significativo.

#### d) Comparación de Resultados

Comparando los resultados obtenidos puede observarse que si se adopta la alternativa 1 no se acarrear grandes diferencias en las duraciones mínimas ni máximas de estudio. Para la mayoría de las intensidades de estudio se alcanzaron diferencias relativas porcentuales menores al 10%.

### 3. Capítulo 3: Comparación entre intensidades de precipitaciones calculadas a partir del DIT con otros métodos.

#### 3.1. Introducción

En este capítulo se buscan comparar relaciones idT de las ciudades analizadas aplicando diferentes metodologías. Las metodologías a comparar son:

- a) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.
- b) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011. En dicha bibliografía se han calibrado los parámetros del DIT para tres conjuntos de estaciones:
  - 1) Las empleadas para el desarrollo del DIT en la Provincia de Córdoba (siete primeras de la Tabla 89).
  - 2) Otras estaciones donde fue posible calibrar directamente el DIT (8 a 11 de la Tabla 89).
  - 3) Las 17 restantes, de las que se tuvo únicamente un modelo diferente de idT a partir del cual se calibro el modelo DIT.

N°	ESTACIÓN	FUENTE	TIPO DE FUNCIÓN	MÁXIMOS	
				T (años)	d (min)
1	Villa Dolores	Caamaño Nelli y García (1999)	DIT	200	1440
2	La Suela			200	1440
3	Ceres			200	1440
4	Córdoba Obs.			200	1440
5	Río Cuarto			200	1440
6	Marcos Juarez			200	1440
7	Laboulaye			200	1440
8	La Rioja		DIT	200	720
9	Villa Ortuzar SMN			200	1440
10	Rafaela			200	1440
11	Rosario			200	1440
12	Santa Rosa	Farias, Olmos e Ibáñez (2009)	Sherman	500	180
13	Pergamino			500	180
14	Tres Arroyos			500	180
15	Posadas			500	180
16	Chapetón			500	180

12	Santa Rosa	Farias, Olmos e Ibáñez (2009)	Sherman	500	180
13	Pergamino			500	180
14	Tres Arroyos			500	180
15	Posadas			500	180
16	Chapetón			500	180
17	Famaillá	Fariás y Olmos (2007)	Sherman	500	180
18	Resistencia			500	180
19	Salta			500	180
20	Formosa			500	180
21	S. del Estero			500	180
22	S.M. Tucumán			500	180
23	Gran Mendoza	López y Maza (2009)	Sherman	200	120
24	Concordia	Zamanillo y otros (2008)	Sherman	50	1440
25	C. del Uruguay			50	1440
26	Paraná			50	1440
27	Trelew	Serra y Chachero (2009)	Bernard	500	1440
28	Reconquista	Verano (2008)	2 parám.	50	360

Tabla 89: Estaciones analizadas por Catalini.

Los resultados obtenidos para cada una de las estaciones analizadas fueron los siguientes:

N°	ESTACIÓN	PARÁMETROS DEL DIT			r <sup>2</sup>
		A	B	C	
1	Villa Dolores	0,318	0,171	5,059	0,99814
2	La Suela	0,365	0,136	4,955	0,99428
3	Ceres	0,291	0,144	5,211	0,99983
4	Córdoba Obs.	0,337	0,159	5,193	1,00000
5	Río Cuarto	0,356	0,148	5,003	0,99839
6	Marcos Juárez	0,410	0,147	5,108	0,99998
7	Laboulaye	0,394	0,161	5,219	0,99897
8	La Rioja	0,363	0,146	4,543	0,98015
9	Villa Ortuzar SMN	0,297	0,131	4,943	0,99806
10	Rafaela	0,309	0,125	5,044	0,99675
11	Rosario	0,270	0,131	5,085	0,99560
12	Santa Rosa	0,604	0,169	5,002	0,99000
13	Pergamino	0,352	0,153	5,057	0,98719
14	Tres Arroyos	0,352	0,150	4,852	0,98711
15	Posadas	0,269	0,131	5,284	0,99452
16	Chapetón	0,269	0,184	5,690	0,99396
17	Famaillá	0,352	0,140	5,433	0,98675
18	Resistencia	0,252	0,123	5,253	0,99425
19	Salta	0,336	0,130	4,797	0,99077
20	Formosa	0,269	0,121	5,134	0,98940
21	Sgo. del Estero	0,369	0,133	5,007	0,97662
22	S.M. Tucumán	0,336	0,118	4,943	0,99298
23	Gran Mendoza	0,439	0,147	4,926	0,99610
24	Concordia	0,404	0,133	4,976	0,97217
25	C. del Uruguay	0,295	0,138	5,120	0,98107
26	Paraná	0,358	0,127	4,883	0,97486
27	Trelew	0,624	0,140	3,934	0,98595
28	Reconquista	0,352	0,159	5,247	0,98042

Tabla 90: Parámetros del DIT obtenidos por Caamaño et al., 2011.

- c) Método de Bell.
- d) Método de Devoto.
- e) Relación entre láminas.
- f) Método de Ruhle.

Una vez obtenidas las curvas idT para los distintos métodos explicados, se realizó una comparación gráfica y numérica entre los distintos resultados arrojados por los mismos.

Para la comparación numérica de las idT obtenidas se aplicó el concepto de diferencia relativa porcentual:

$$\text{Diferencia Relativa Porcentual } [\%] = \frac{x-X}{X} \times 100 \quad (40)$$

Donde:

**x**: Valor a comparar. En el caso que aquí se analiza representa la intensidad de lluvia (en mm/h) obtenida de los datos originales de cada estación analizada.

**X**: Valor de referencia. En el caso que aquí se analiza representa la intensidad de lluvia (en mm/h) ajustada por los diferentes métodos comparados.

Cada una de las idT se compara con la idT original de partida.

## 3.2. Resultados

### 3.2.1. Salta Capital, Salta.

- a) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo: como se mostró en la sección 2.4.1 los parámetros del Modelo DIT obtenidos para construir la curva idT son los siguientes:



<b>A</b>	<b>0,476</b>
<b>B</b>	<b>0,1264</b>
<b>C</b>	<b>4,541</b>

**Tabla 91: Parámetros del Modelo DIT ajustados en este trabajo correspondientes a la localidad de Salta Capital, Salta.**

La curva idT resultante es la presentada en la Tabla 47.

- b) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011: los parámetros del Modelo DIT obtenidos son los siguientes:

<b>A</b>	<b>0,336</b>
<b>B</b>	<b>0,130</b>
<b>C</b>	<b>4,797</b>

**Tabla 92: Parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondientes a la localidad de Salta Capital, Salta.**

A continuación se muestra la curva idT resultante:

<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>d [min]</b>	<b>i [mm/h]</b>						
<b>5</b>	90,9	120,4	139,8	158,1	163,8	181,5	198,8
<b>10</b>	71,9	95,2	110,5	125,0	129,6	143,5	157,2
<b>15</b>	61,1	80,9	94,0	106,3	110,2	122,0	133,7
<b>20</b>	53,9	71,4	82,9	93,8	97,2	107,7	118,0
<b>30</b>	44,6	59,0	68,5	77,5	80,3	89,0	97,5
<b>45</b>	36,2	48,0	55,7	63,1	65,3	72,4	79,3
<b>60</b>	31,0	41,1	47,7	53,9	55,9	61,9	67,9
<b>75</b>	27,3	36,2	42,1	47,6	49,3	54,6	59,8
<b>90</b>	24,6	32,6	37,8	42,8	44,3	49,1	53,8
<b>120</b>	20,7	27,4	31,8	35,9	37,3	41,3	45,2
<b>240</b>	13,2	17,5	20,3	23,0	23,8	26,4	28,9
<b>360</b>	10,0	13,2	15,4	17,4	18,0	20,0	21,9
<b>720</b>	6,0	7,9	9,2	10,5	10,8	12,0	13,1
<b>1440</b>	3,5	4,6	5,4	6,1	6,3	7,0	7,6

**Tabla 93: Curva idT obtenida a partir de los parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta.**

- c) Método de Bell: cómo se explicó en la sección 1.3.1 para este método son necesarios 2 parámetros:  $M$ ,  $N$ ; a partir de los cuales se calcula la lámina de lluvia asociada a una hora de duración y 10 años de tiempo de retorno ( $h_{10}^{60}$ ). Para la localidad de Salta Capital los mismos resultaron:

<b>M</b>	<b>74,6</b>
<b>N</b>	<b>92,35</b>
<b><math>h_{10}^{60}</math></b>	<b>77,64</b>

Tabla 94: *Parámetros M y N del Método de Bell y valor de la lámina de lluvia asociada a una hora de duración y 10 años de tiempo de retorno ( $h_{10}^{60}$ ) correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta.*

A continuación se muestra la curva idT resultante:

T [años]	2	5	10	20	25	50	100	30	75
d [min]	I[mm/h]								
5	190,7	245,8	287,5	329,2	342,6	384,3	426,0	353,6	408,7
10	142,7	184,0	215,2	246,4	256,4	287,7	318,9	264,6	305,9
15	116,3	149,9	175,4	200,8	209,0	234,4	259,9	215,7	249,3
20	99,5	128,3	150,1	171,8	178,8	200,6	222,4	184,6	213,3
30	78,9	101,8	119,0	136,3	141,8	159,1	176,4	146,4	169,2
45	61,9	79,8	93,4	106,9	111,3	124,8	138,3	114,8	132,7
60	51,8	66,8	78,1	89,5	93,1	104,5	115,8	96,1	111,1
75	45,0	58,0	67,9	77,7	80,9	90,8	100,6	83,5	96,5
90	40,1	51,7	60,4	69,2	72,0	80,8	89,5	74,3	85,9
120	33,3	42,9	50,2	57,4	59,8	67,0	74,3	61,7	71,3
240	21,0	27,1	31,7	36,3	37,7	42,3	46,9	38,9	45,0
360	16,0	20,6	24,1	27,5	28,7	32,2	35,6	29,6	34,2
720	9,9	12,8	14,9	17,1	17,8	19,9	22,1	18,3	21,2
1440	6,1	7,8	9,2	10,5	10,9	12,3	13,6	11,3	13,0

Tabla 95: *Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Bell correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta.*

- d) Método de Devoto: según lo indicado en la sección 1.3.1 para la aplicación de este método se requieren dos parámetros: **X** y  **$C_v$** , para duraciones de 1 y 12 horas. Para la localidad de Salta Capital los mismos resultaron:

	<b>1 hora</b>	<b>12 horas</b>
<b>X</b>	36	55
<b><math>C_v</math></b>	0,38	0,22

Tabla 96: *Parámetros para la aplicación del Método de Devoto correspondientes a la localidad de Salta Capital, Salta.*

A continuación se muestra la curva idT resultante:

T [años]	2	5	10	20	25	50	100	30	75
d [min]	I[mm/h]								
5	188,6	172,7	182,3	195,2	199,7	214,5	229,9	203,5	223,4
10	122,5	130,3	142,3	155,5	159,8	173,6	187,7	163,4	181,8
15	93,1	106,7	118,9	131,4	135,5	148,2	161,0	138,8	155,7

T [años]	2	5	10	20	25	50	100	30	75
d [min]	I[mm/h]								
20	76,1	91,3	103,0	114,8	118,6	130,4	142,2	121,7	137,3
30	56,7	71,9	82,5	92,9	96,2	106,5	116,7	98,9	112,5
45	42,0	55,6	64,7	73,5	76,3	85,0	93,6	78,6	90,0
60	33,8	45,8	53,9	61,5	64,0	71,5	78,9	66,0	75,8
75	28,5	39,3	46,4	53,3	55,4	62,1	68,7	57,2	66,0
90	24,7	34,6	41,0	47,2	49,1	55,2	61,1	50,7	58,6
120	19,8	28,1	33,6	38,7	40,4	45,5	50,5	41,7	48,4
240	11,5	16,8	20,3	23,6	24,6	27,8	31,0	25,5	29,7
360	8,4	12,3	14,9	17,4	18,2	20,6	23,0	18,8	22,0
720	4,8	7,2	8,8	10,3	10,7	12,2	13,6	11,1	13,0
1440	2,8	4,2	5,1	6,0	6,3	7,1	8,0	6,5	7,6

Tabla 97: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Devoto correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta.

e) Relación entre láminas: para la aplicación de este método se utilizaron los valores promedio  $r$  de que se obtuvieron para las diferentes duraciones en la localidad de Salta Capital y los mismos se presentaron en la Tabla 13.

A continuación se muestra la curva idT resultante:

T [años]	2	5	10	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]						
5	85,0	113,3	132,0	148,6	154,6	171,2	187,9
10	70,3	93,7	109,2	122,9	127,9	141,6	155,4
15	62,4	83,2	96,9	109,2	113,5	125,8	138,0
20	56,2	74,9	87,2	98,2	102,1	113,1	124,1
30	47,6	63,5	74,0	83,3	86,6	96,0	105,3
45	39,3	52,4	61,0	68,7	71,4	79,1	86,8
60	32,9	43,9	51,1	57,5	59,8	66,3	72,7
75	28,6	38,2	44,5	50,1	52,1	57,7	63,3
90	25,2	33,6	39,1	44,1	45,8	50,8	55,7
120	19,3	25,7	30,0	33,8	35,1	38,9	42,7
1440	3,2	4,3	5,0	5,6	5,9	6,5	7,1

Tabla 98: Curva idT obtenida por el Método de Relaciones entre láminas correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta.

f) Método de Ruhle: según lo explicado en la sección 1.3.1 para este método se requieren un solo parámetros  $R_h$ ; a partir del cual se calculan los

coeficientes **a**, **b** y **c** necesarios para el cálculo de la relación idT. Para la localidad de Salta Capital los mismos resultaron:

<b><math>R_h</math> [mm/h]</b>	<b>35</b>
<b><math>a</math></b>	<b>1165,42</b>
<b><math>b</math></b>	<b>0,82</b>
<b><math>c</math></b>	<b>4,59</b>

**Tabla 99: Parámetro  $R_h$  y coeficientes  $a$ ,  $b$  y  $c$  necesarios para la aplicación del Método de Rühle correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta.**

A continuación se muestra la curva idT resultante:

<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>d [min]</b>	<b>i [mm/h]</b>						
<b>5</b>	85,3	105,1	120,1	135,1	139,9	154,9	169,9
<b>10</b>	62,4	77,5	89,0	100,4	104,1	115,6	127,0
<b>15</b>	50,0	62,5	72,0	81,4	84,4	93,9	103,3
<b>20</b>	42,1	52,9	61,0	69,1	71,7	79,8	88,0
<b>30</b>	32,4	40,9	47,4	53,8	55,9	62,3	68,8
<b>45</b>	24,5	31,1	36,1	41,1	42,7	47,7	52,8
<b>60</b>	19,9	25,4	29,5	33,7	35,0	39,1	43,3
<b>75</b>	16,9	21,6	25,1	28,7	29,8	33,4	37,0
<b>90</b>	14,7	18,8	22,0	25,1	26,1	29,3	32,4
<b>120</b>	12,9	16,5	19,3	22,1	23,0	25,8	28,5
<b>240</b>	7,2	9,3	10,9	12,5	13,0	14,6	16,2
<b>360</b>	5,1	6,6	7,8	9,0	9,3	10,5	11,7
<b>720</b>	2,8	3,7	4,4	5,1	5,3	6,0	6,6
<b>1440</b>	1,6	2,1	2,5	2,9	3,0	3,4	3,8

**Tabla 100: Curva idT obtenida por el Método de Rühle correspondiente a la localidad de Salta Capital, Salta.**

### 3.2.1.1. Comparación entre las metodologías aplicadas.

A continuación se presenta la comparación gráfica y numérica de las idT obtenidas para las diferentes recurrencias. En la comparación gráfica se analizan períodos de retorno de 10, 50 y 100 años. Mientras que en la comparación numérica se analizan períodos de retorno de 10, 30, 50, 75 y 100 años.

- Comparación gráfica:

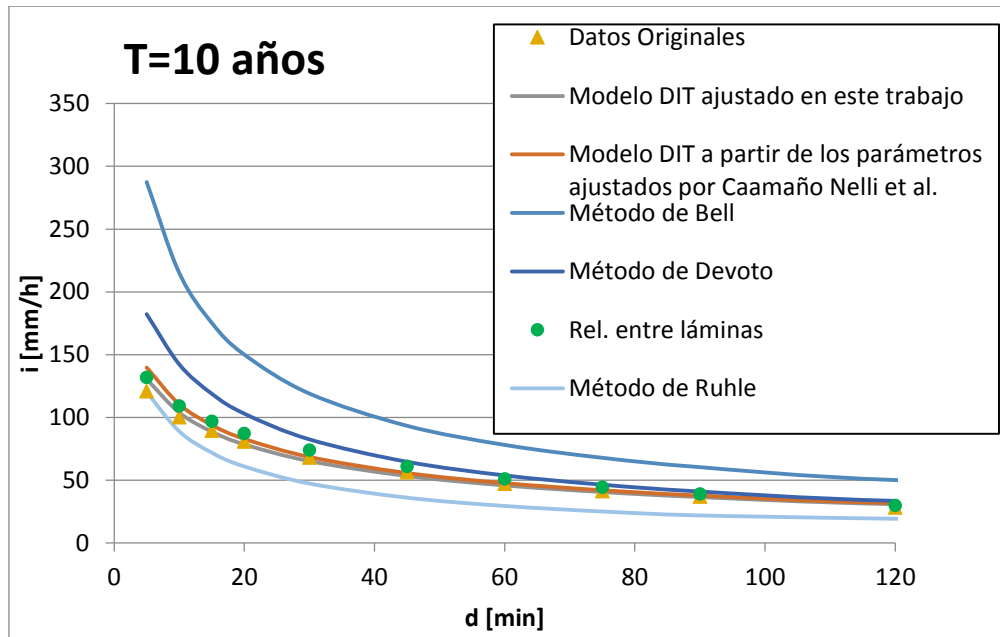


Figura 24: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 10 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.

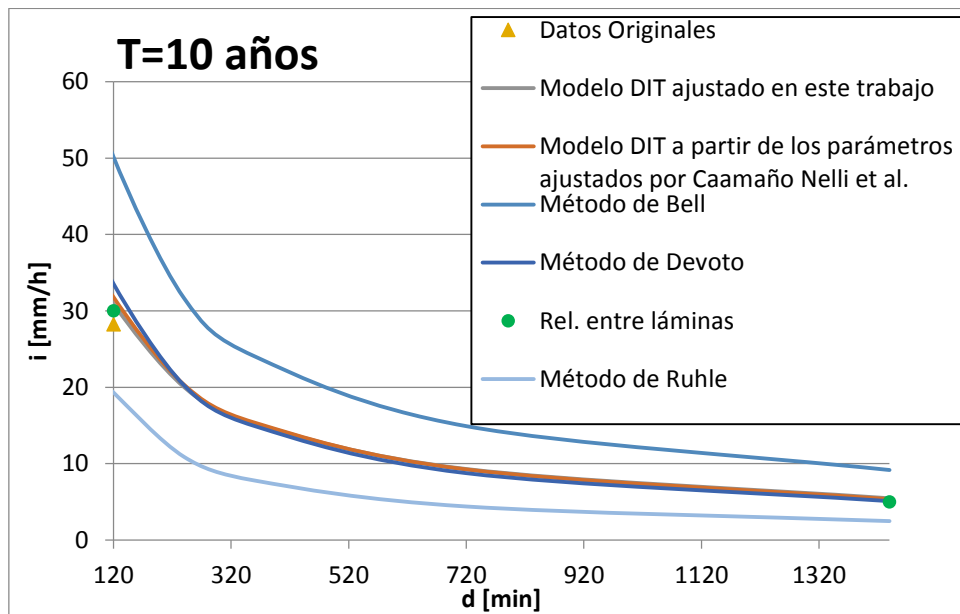


Figura 25: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.

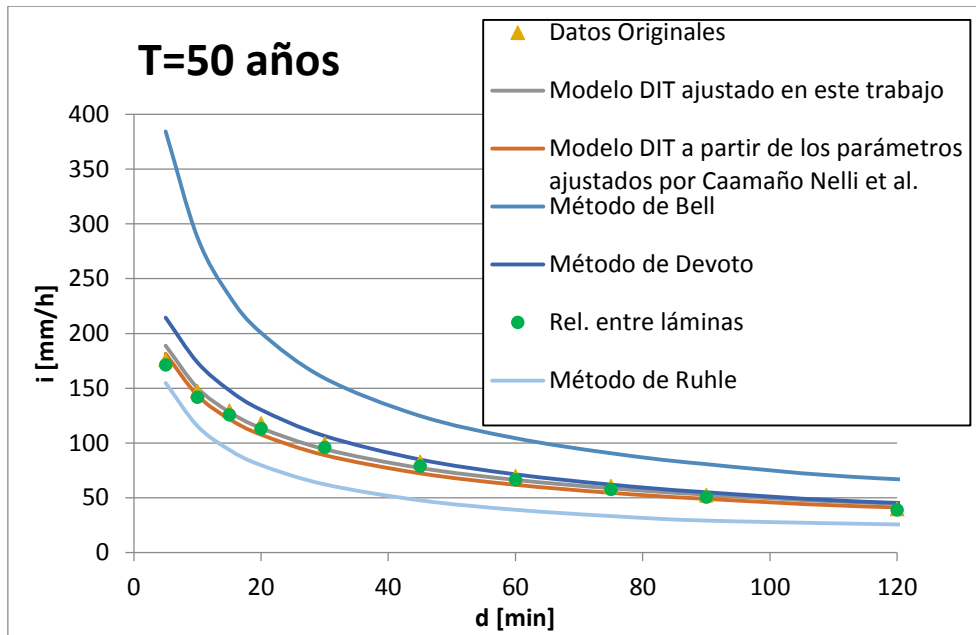


Figura 26: Curvas  $i_dT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 50 años y duraciones entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.

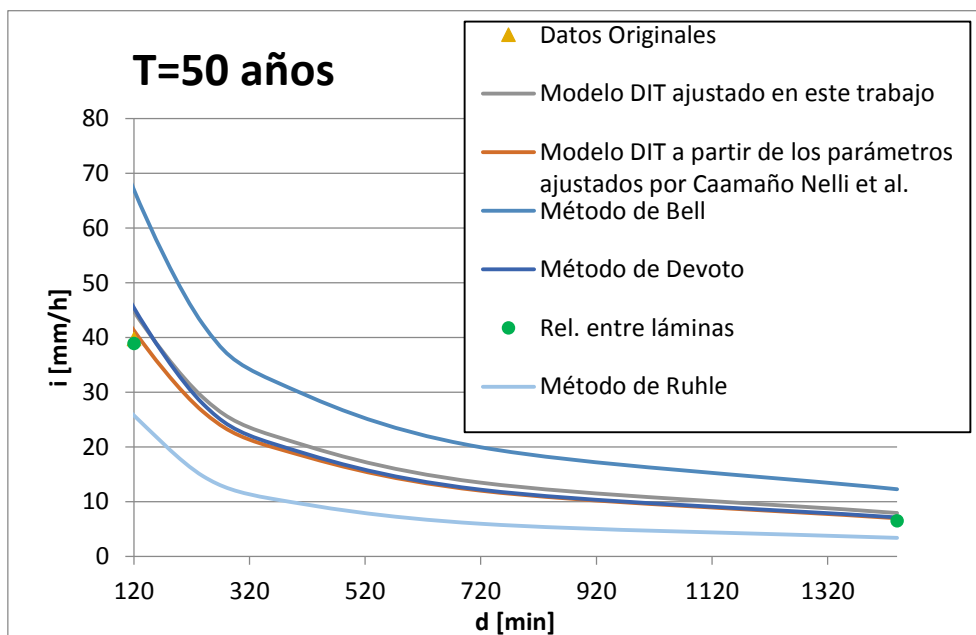


Figura 27: Curvas  $i_dT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 50 años y duraciones entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.

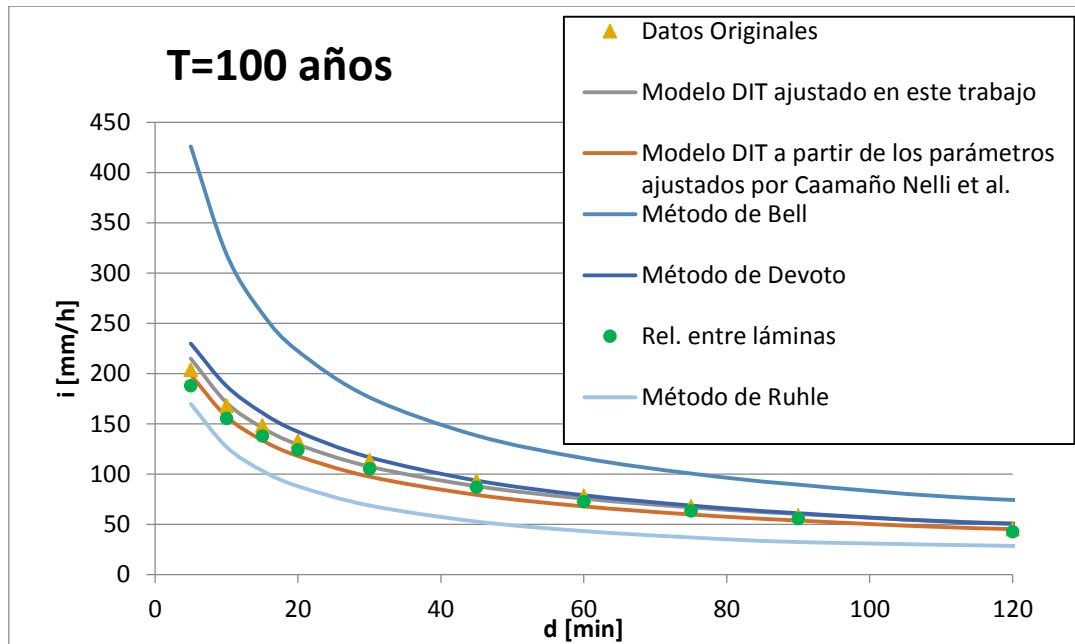


Figura 28: Curvas  $i$  $d$ T obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 100 años y duraciones entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.

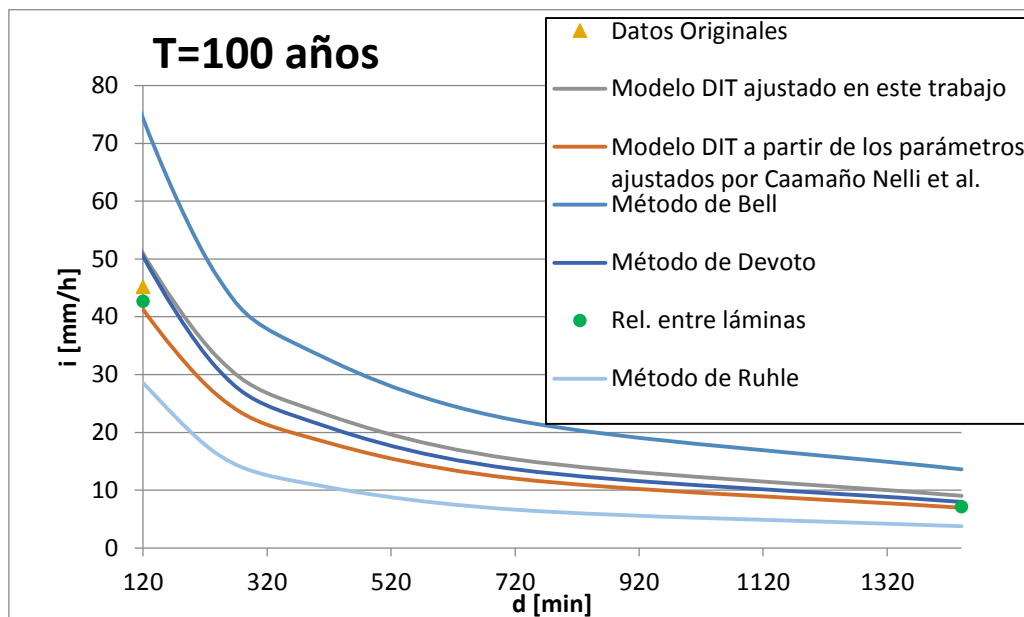


Figura 29: Curvas  $i$  $d$ T obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 100 años y duraciones entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Salta Capital, Salta.

Al analizar las figuras anteriormente presentadas vemos que el método de Bell siempre sobrestima el valor de lámina de lluvia. Por el contrario, el método de Ruhle subestima las láminas de lluvia para todas las duraciones y períodos de retorno.

El resto de los métodos analizados se aproximan más a los datos originales, principalmente el Modelo DIT ajustado en este trabajo, y en segundo lugar el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011.

- Comparación numérica:

Al realizar la comparación numérica aplicando el concepto de Diferencia Relativa Porcentual se observan los siguientes resultados:

a) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo:

T [años]	10	30	50	75	100
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
5	8%	7%	7%	6%	6%
10	4%	3%	2%	2%	2%
15	-1%	0%	-1%	-1%	-2%
20	-3%	-2%	-4%	-3%	-3%
30	-4%	-5%	-5%	-5%	-5%
45	-5%	-6%	-7%	-6%	-6%
60	-3%	-4%	-5%	-4%	-3%
75	-2%	-4%	-3%	-2%	-1%
90	-1%	0%	1%	2%	3%
120	10%	10%	13%	12%	13%

**Tabla 101: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -4 y 8%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre de entre 15 y 60 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida con el Modelo DIT calibrado en este informe da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones menores e igual a 10 minutos y mayores e igual a 75 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva obtenida con el Modelo DIT calibrado en este informe da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.



En síntesis, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores o iguales a 10%, por lo que no resultan significativas.

b) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011:

T [años]	10	30	50	75	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]				
5	16%	6%	3%	0%	-2%
10	10%	2%	-3%	-5%	-6%
15	5%	-2%	-6%	-8%	-10%
20	3%	-4%	-9%	-10%	-11%
30	1%	-7%	-10%	-13%	-14%
45	-1%	-9%	-13%	-14%	-15%
60	1%	-8%	-11%	-13%	-13%
75	2%	-8%	-10%	-11%	-12%
90	2%	-4%	-6%	-8%	-8%
120	13%	5%	4%	1%	0%

**Tabla 102: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados Caamaño Nelli et al., 2011 y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -15 y 16%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre de entre 10 y 90 minutos, para períodos de retorno mayores a 10 años. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida con el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al. da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones menores e igual a 5 minutos y mayores e igual a 120 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva obtenida con el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al. da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, se puede ver que existen diferencias encontradas en las idT que resultan menores o iguales a 10%, y por lo tanto no resultan significativas. Pero, a pesar de esto, también se ven diferencias que resultan mayores al 10%, lo que sí resulta significativo. Por lo tanto es posible afirmar que este ajuste resulta adecuado, pero

más correcto resultaría aplicar el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

c) Método de Bell:

T [años]	10	30	50	75	100
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
5	138%	123%	119%	113%	109%
10	115%	102%	95%	92%	90%
15	96%	87%	81%	78%	75%
20	86%	76%	70%	68%	67%
30	75%	64%	60%	57%	55%
45	65%	55%	51%	50%	48%
60	65%	54%	50%	48%	48%
75	64%	52%	50%	50%	49%
90	63%	56%	54%	52%	52%
120	78%	69%	69%	66%	65%

Tabla 103: *Diferencia relativa porcentual entre el Método de Bell y los datos originales.*

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre 48 y 138%.

La totalidad de los valores de diferencias relativas resultan positivas. Esto muestra que la curva obtenida con el Método de Bell siempre arroja valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, aplicando este método las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base resultan siempre mayores a 10%, arrojando valores de hasta 138%, por lo tanto la aplicación de este método, en este caso, resultaría inadecuada.

d) Método de Devoto:

T [años]	10	30	50	75	100
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
5	51%	28%	22%	17%	13%
10	42%	24%	18%	14%	12%
15	33%	20%	14%	11%	8%
20	28%	16%	11%	8%	7%
30	21%	11%	7%	4%	3%
45	15%	6%	3%	2%	0%
60	14%	5%	3%	1%	1%
75	12%	4%	3%	2%	1%
90	11%	6%	5%	4%	4%
120	19%	14%	15%	13%	12%

Tabla 104: *Diferencia relativa porcentual entre el Método de Devoto y los datos originales.*

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre 0 y 51%.

La totalidad de los valores de diferencias relativas resultan positivas. Esto muestra que la curva obtenida con el Método de Devoto siempre arroja valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, se puede ver que existen diferencias encontradas en las idT que resultan menores o iguales a 10%, (para duraciones de entre 45 y 90 minutos y períodos de retorno mayores a 10 años) y por lo tanto no resultan significativas. Pero, a pesar de esto, para la mayoría de los casos se ven diferencias que resultan mayores al 10%, lo que sí resulta significativo.

El relación a los métodos aplicados anteriormente se puede observar que este resulta mejor en cuanto al Método de Bell, pero sigue siendo conveniente la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

e) Relación entre láminas:

T [años]	10	50	100
<b>d [min]</b>	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>		
5	9%	-3%	-8%
10	9%	-4%	-8%
15	8%	-3%	-7%
20	8%	-4%	-7%
30	9%	-3%	-7%
45	8%	-4%	-7%
60	8%	-5%	-7%
75	7%	-5%	-7%
90	6%	-3%	-5%
120	6%	-2%	-5%

**Tabla 105: Diferencia relativa porcentual entre las relaciones entre láminas y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -8 y 9%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para períodos de retorno mayores e igual a 50 años. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida a partir de la relación entre láminas da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas

positivas se dan para períodos de retorno menores e igual a 10 años. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida a partir de la relación entre láminas da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas, sin embargo, sigue siendo preferible la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

f) Método de Ruhle:

T [años]	10	30	50	75	100
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
5	-1%	-9%	-12%	-15%	-17%
10	-11%	-18%	-22%	-23%	-24%
15	-20%	-25%	-27%	-29%	-30%
20	-25%	-29%	-32%	-33%	-34%
30	-30%	-35%	-37%	-39%	-39%
45	-36%	-40%	-42%	-43%	-43%
60	-38%	-42%	-44%	-45%	-45%
75	-39%	-44%	-45%	-45%	-45%
90	-41%	-43%	-44%	-45%	-45%
120	-32%	-35%	-35%	-36%	-37%

**Tabla 106: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Ruhle y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -45 y -1%.

La totalidad de los valores de diferencias relativas resultan negativas. Esto muestra que la curva obtenida con el Método de Ruhle siempre arroja valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, se puede ver que para la mayoría de los casos se ven diferencias relativas que resultan mayores al 10%, lo que resulta significativo.

En cuanto a los métodos anteriores, este resulta mejor que el método de Bell y que el método de Devoto, pero sigue siendo preferible la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

Como conclusión en relación a los distintos métodos comparados se puede observar que el mejor ajuste está dado por el Modelo DIT calibrado en este trabajo, podemos decir que esto se debe a que el mismo resulta, en este caso, del análisis de datos ajustados que provienen de datos originales.

Los métodos que arrojan valores extremos y las mayores diferencias son el método de Bell y el método de Devoto, el resto arroja valores más próximos a los originales con las diferencias mencionadas anteriormente.

El método de Bell sobreestima en todos los casos los valores originales, arrojando diferencias máximas de hasta 138%.

El método de Devoto arroja para todas las recurrencias analizadas valores sobreestimados. Arrojando diferencias de hasta 51%.

Puede concluirse entonces que siempre es más ventajoso usar el Modelo DIT calibrado a partir de datos originales, con la desventaja que estos datos son difíciles de conseguir.

Por ende, si estos datos no se consiguen se busca entonces digitalizar curvas idT existentes, o a partir de ecuaciones idT.

Por último, si no es posible llevar a cabo ninguna de las opciones mencionadas anteriormente, se recomienda entonces aplicar el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 o el método de relación entre láminas si se cuentan con los datos para los períodos de retorno necesarios.

### 3.2.2. La Banda, Santiago del Estero.

- a) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo: como se mostró en la sección 2.4.1 los parámetros del Modelo DIT obtenidos en este trabajo, para construir la curva idT son los siguientes:

	d≤20 min	d>20 min
<b>A</b>	<b>0,3646</b>	<b>0,4628</b>
<b>B</b>	<b>0,1029</b>	<b>0,1566</b>
<b>C</b>	<b>4,805</b>	<b>1,006</b>

**Tabla 107: Parámetros del Modelo DIT ajustados en este trabajo correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.**

Las curvas idT resultantes son las presentadas en la Tabla 57 y la Tabla 58 .

- b) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011: los parámetros obtenidos por este autor son los siguientes:

<b>A</b>	<b>0,369</b>
<b>B</b>	<b>0,133</b>
<b>C</b>	<b>5,007</b>

**Tabla 108: Parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.**

A continuación se muestra la curva idT resultante:

<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>d [min]</b>	<b>i [mm/h]</b>						
<b>5</b>	111,4	151,7	178,7	204,6	212,8	238,0	263,1
<b>15</b>	74,2	101,1	119,1	136,3	141,8	158,6	175,4
<b>30</b>	53,7	73,2	86,2	98,7	102,6	114,8	126,9
<b>45</b>	43,5	59,2	69,8	79,9	83,1	92,9	102,8
<b>60</b>	37,1	50,5	59,5	68,1	70,8	79,3	87,6
<b>75</b>	32,6	44,4	52,3	59,9	62,3	69,7	77,0
<b>90</b>	29,2	39,8	46,9	53,7	55,9	62,5	69,1
<b>120</b>	24,5	33,4	39,3	45,0	46,8	52,3	57,9
<b>240</b>	15,5	21,1	24,9	28,5	29,6	33,1	36,6
<b>360</b>	11,6	15,9	18,7	21,4	22,2	24,9	27,5
<b>720</b>	6,9	9,4	11,1	12,7	13,2	14,8	16,4
<b>1440</b>	4,0	5,4	6,4	7,3	7,6	8,5	9,4

**Tabla 109: Curva idT obtenida a partir de los parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.**

- c) Método de Bell: cómo se explicó en la sección 1.3.1 para este método son necesarios 3 parámetros:  $M$ ,  $N$ , y  $h_{10}^{60}$ . Para la localidad de Santiago del Estero los mismos resultaron:

<b><i>M</i></b>	<b>94,31</b>
<b><i>N</i></b>	<b>68</b>
<b><math>h_{10}^{60}</math></b>	<b>82,12</b>

**Tabla 110: Parámetros *M* y *N* del Método de Bell y valor de la lámina de lluvia asociada a una hora de duración y 10 años de tiempo de retorno ( $h_{10}^{60}$ ) correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.**

En base a estos valores y según la forma de cálculo de este método, la curva idT obtenida es:

<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>75</b>
<b>d [min]</b>	<b><i>i</i> [mm/h]</b>									
<b>5</b>	201,7	227,5	260,0	304,1	348,2	362,4	406,5	450,6	374,0	432,3
<b>10</b>	150,9	170,3	194,6	227,6	260,6	271,2	304,2	337,3	279,9	323,6
<b>15</b>	123,0	138,8	158,6	185,5	212,4	221,1	248,0	274,9	228,1	263,7
<b>20</b>	105,3	118,7	135,7	158,7	181,7	189,1	212,2	235,2	195,2	225,6
<b>30</b>	83,5	94,2	107,6	125,9	144,2	150,0	168,3	186,5	154,8	179,0
<b>40</b>	70,3	79,3	90,7	106,1	121,5	126,4	141,8	157,2	130,5	150,8
<b>45</b>	65,5	73,9	84,4	98,7	113,1	117,7	132,0	146,3	121,4	140,4
<b>50</b>	61,4	69,2	79,1	92,6	106,0	110,3	123,7	137,2	113,8	131,6
<b>60</b>	54,8	61,8	70,7	82,7	94,6	98,5	110,5	122,5	101,7	117,5
<b>75</b>	47,6	53,7	61,4	71,8	82,2	85,6	96,0	106,4	88,3	102,1
<b>80</b>	45,7	51,6	58,9	68,9	78,9	82,1	92,1	102,1	84,8	98,0
<b>90</b>	42,4	47,8	54,6	63,9	73,2	76,2	85,4	94,7	78,6	90,9
<b>100</b>	39,6	44,7	51,1	59,7	68,4	71,2	79,8	88,5	73,4	84,9
<b>120</b>	35,2	39,7	45,3	53,0	60,7	63,2	70,9	78,6	65,2	75,4
<b>240</b>	22,2	25,1	28,6	33,5	38,3	39,9	44,8	49,6	41,2	47,6
<b>360</b>	16,9	19,0	21,8	25,4	29,1	30,3	34,0	37,7	31,3	36,2
<b>720</b>	10,5	11,8	13,5	15,8	18,1	18,8	21,1	23,4	19,4	22,4
<b>1440</b>	6,4	7,3	8,3	9,7	11,1	11,6	13,0	14,4	11,9	13,8

**Tabla 111: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Bell correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.**

- d) Método de Devoto: según lo indicado en la sección 1.3.1 para la aplicación de este método se requieren dos parámetros: **X** y  **$C_v$** , para duraciones de 1 y 12 hrs. Para la provincia de Santiago del Estero los mismos resultaron:

	<b>1 hora</b>	<b>12 horas</b>
<b>X</b>	<b>28</b>	<b>50</b>
<b><math>C_v</math></b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>

**Tabla 112: Parámetros para la aplicación del Método de Devoto correspondientes a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.**

La curva idT obtenida según este método es la siguiente:

T [años]	2	3	5	10	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]							
5	673,5	762,4	861,4	985,8	1105,1	1142,9	1259,5	1375,3
15	104,7	118,5	133,9	153,3	171,8	177,7	195,8	213,8
30	50,6	57,3	64,7	74,0	83,0	85,8	94,6	103,3
40	38,5	43,6	49,2	56,3	63,1	65,3	72,0	78,6
45	34,5	39,1	44,1	50,5	56,6	58,6	64,6	70,5
50	31,4	35,5	40,1	45,9	51,5	53,2	58,6	64,0
60	26,6	30,1	34,0	39,0	43,7	45,2	49,8	54,4
75	21,9	24,7	28,0	32,0	35,9	37,1	40,9	44,6
80	20,7	23,4	26,4	30,3	33,9	35,1	38,7	42,2
90	18,7	21,1	23,9	27,3	30,6	31,7	34,9	38,1
100	17,0	19,3	21,8	24,9	28,0	28,9	31,9	34,8
120	14,6	16,5	18,7	21,4	23,9	24,8	27,3	29,8
240	8,2	9,2	10,4	11,9	13,4	13,9	15,3	16,7
360	5,8	6,6	7,5	8,6	9,6	9,9	10,9	11,9
720	3,3	3,8	4,2	4,9	5,5	5,6	6,2	6,8
1440	1,9	2,1	2,4	2,8	3,1	3,2	3,5	3,9

Tabla 113: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Devoto correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

e) Relación entre láminas: para la aplicación de este método se utilizaron los valores promedio  $r$  de que se obtuvieron para las diferentes duraciones en la localidad de Salta Capital y los mismos se presentaron en la Tabla 20.

Con este valor promedio se obtuvo la siguiente curva idT:

T [años]	2	5	10	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]						
5	100,0	130,0	149,1	167,0	172,7	189,8	206,6
15	83,1	108,0	124,0	138,8	143,5	157,7	171,7
30	62,4	81,1	93,1	104,3	107,8	118,4	129,0
40	46,8	60,9	69,8	78,2	80,8	88,8	96,7
50	44,1	57,3	65,7	73,6	76,1	83,7	91,1
60	39,9	51,9	59,5	66,7	68,9	75,8	82,5
80	27,6	35,8	41,1	46,0	47,6	52,3	56,9
100	23,9	31,1	35,7	40,0	41,4	45,5	49,5
120	20,0	25,9	29,8	33,3	34,5	37,9	41,2

Tabla 114: Curva idT obtenida por el Método de Relaciones entre láminas correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

f) Método de Ruhle: según lo explicado en la sección 1.3.1 para este método se requieren los siguientes parámetros:  $RH$ ,  $a$ ,  $b$  y  $c$ . Para la provincia de Salta resultaron los siguientes:



$R_h$ [mm/h]	62
$a$	2220,72
$b$	0,82
$c$	7,11

Tabla 115: Parámetro  $R_h$  y coeficientes  $a$ ,  $b$  y  $c$  necesarios para la aplicación del Método de Ruhle correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

Una vez obtenidos estos valores se determinó el valor de  $R_{25}$  y en base a esto se obtuvo la siguiente curva idT:

T [años]	2	3	5	10	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]							
5	127,9	140,2	155,7	176,8	197,9	204,7	225,7	246,8
10	99,6	109,6	122,2	139,3	156,4	161,9	179,0	196,1
15	82,8	91,4	102,1	116,7	131,4	136,1	150,7	165,3
20	71,4	78,9	88,4	101,3	114,2	118,3	131,2	144,0
30	56,6	62,8	70,6	81,1	91,6	95,0	105,5	116,1
45	43,9	48,8	55,0	63,4	71,8	74,6	83,0	91,4
60	36,1	40,3	45,5	52,6	59,7	62,0	69,1	76,2
75	30,9	34,5	39,1	45,2	51,4	53,4	59,6	65,7
90	27,1	30,3	34,4	39,9	45,3	47,1	52,6	58,1
120	25,1	28,1	31,9	37,0	42,2	43,8	48,9	54,1
240	13,9	15,7	17,9	20,9	23,9	24,8	27,8	30,8
360	9,9	11,1	12,7	14,9	17,1	17,8	20,0	22,1
720	5,5	6,2	7,2	8,4	9,7	10,1	11,3	12,6
1440	3,1	3,5	4,0	4,8	5,5	5,7	6,4	7,2

Tabla 116: Curva idT obtenida por el Método de Ruhle correspondiente a la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

### 3.2.2.1. Comparación entre los métodos.

A continuación se presenta la comparación gráfica y numérica de las idT obtenidas para las diferentes recurrencias. En la comparación gráfica se analizan períodos de retorno de 10, 50 y 100 años. Mientras que en la comparación numérica se analizan períodos de retorno de 2, 3, 5, 10, 20, 50 y 100 años.

- Comparación gráfica:

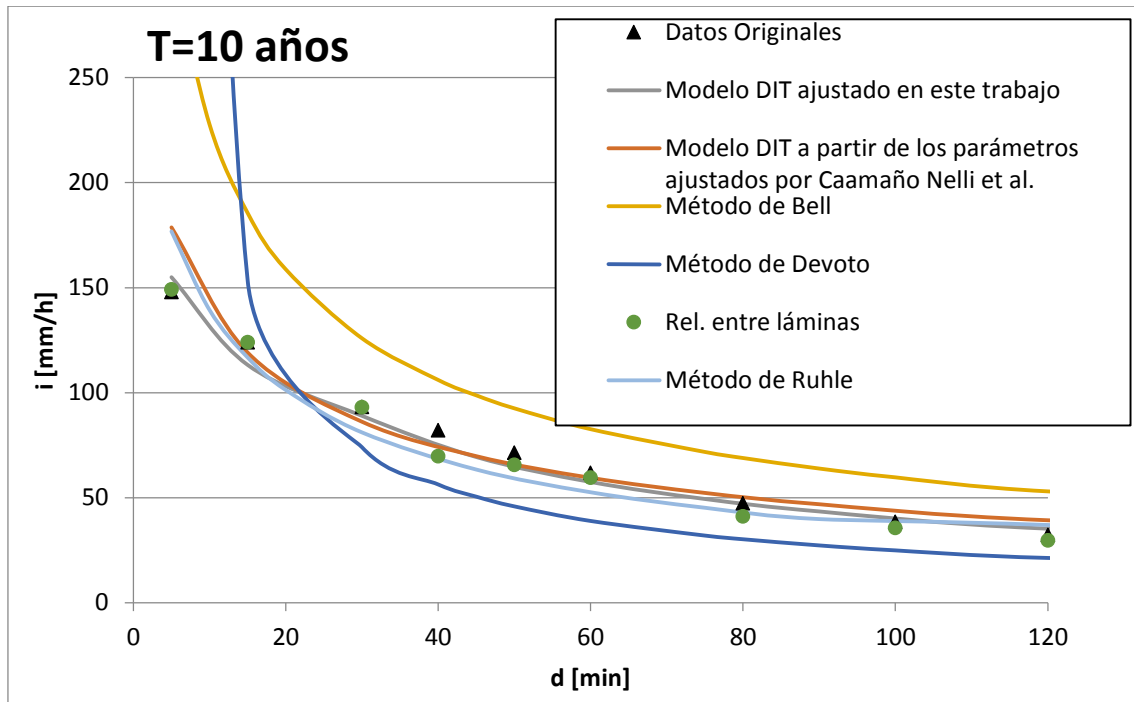


Figura 30: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 10 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

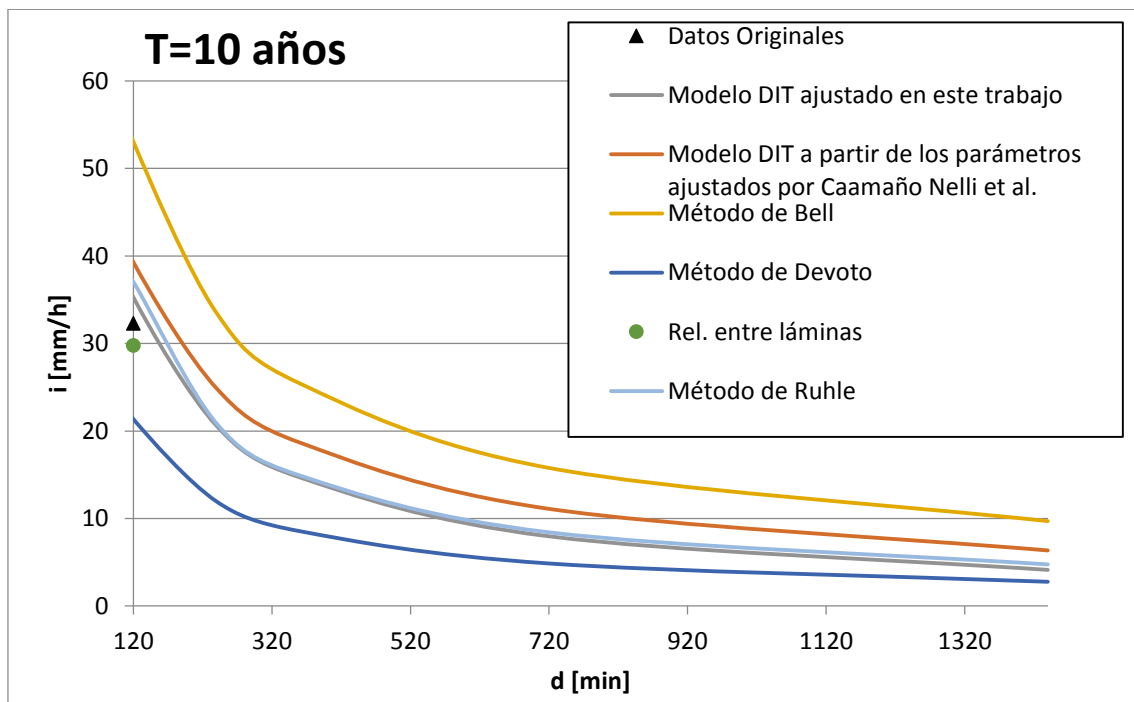


Figura 31: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

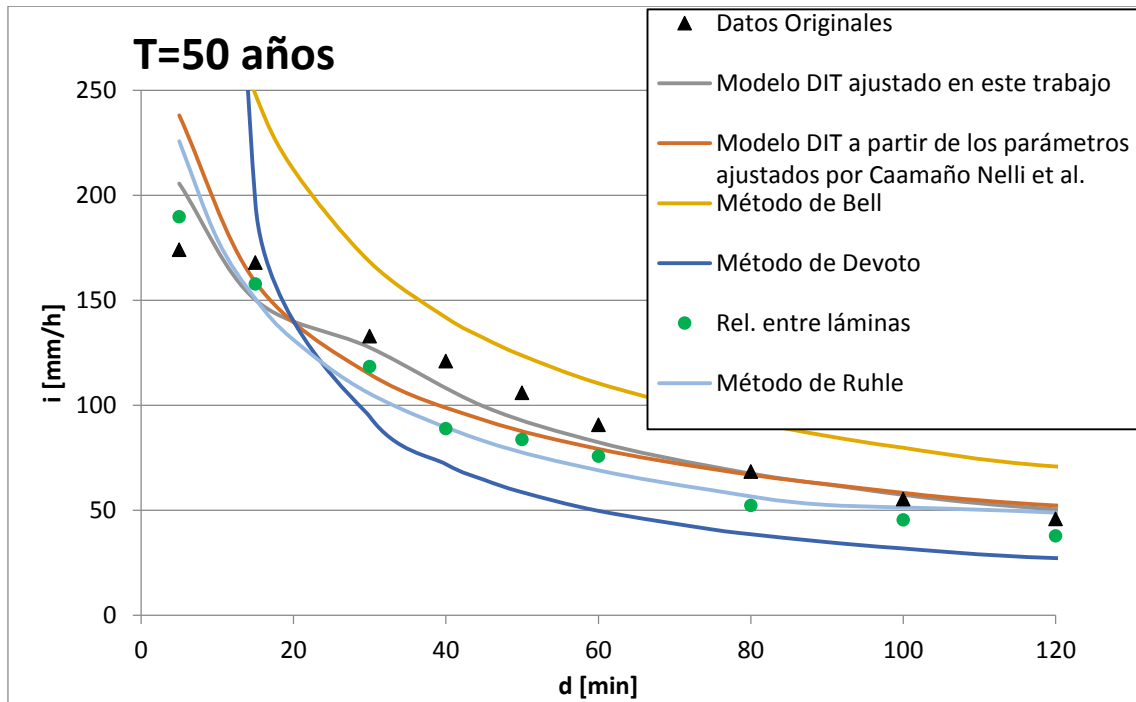


Figura 32: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 50 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

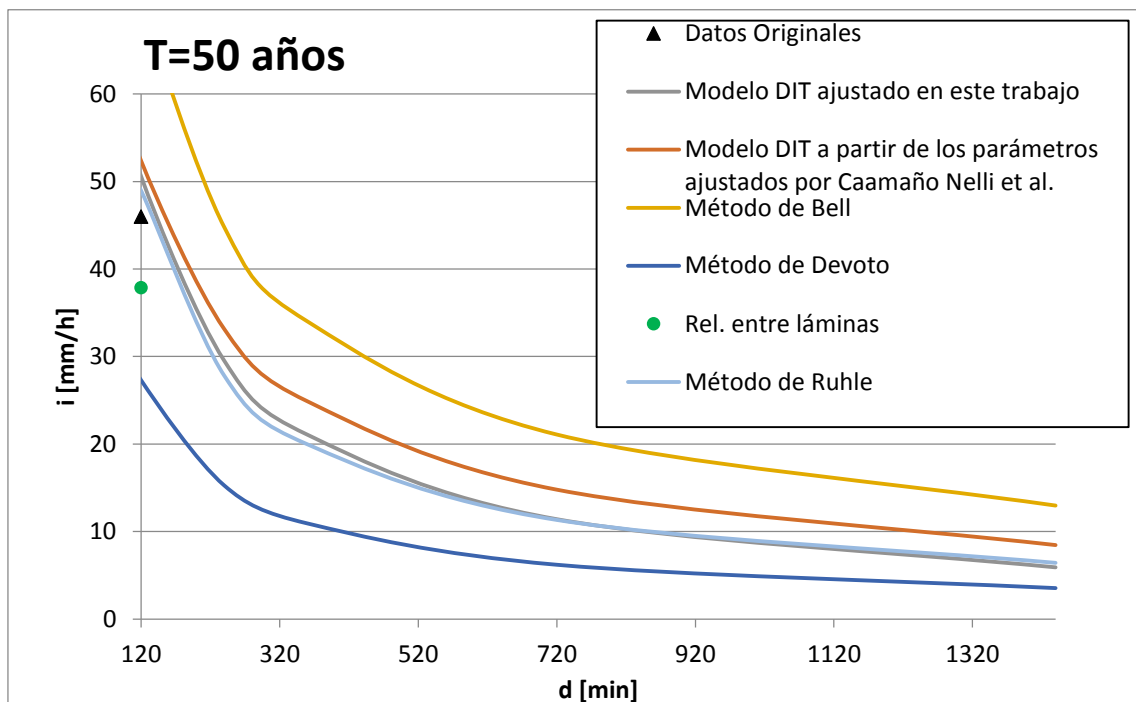


Figura 33: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 50 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

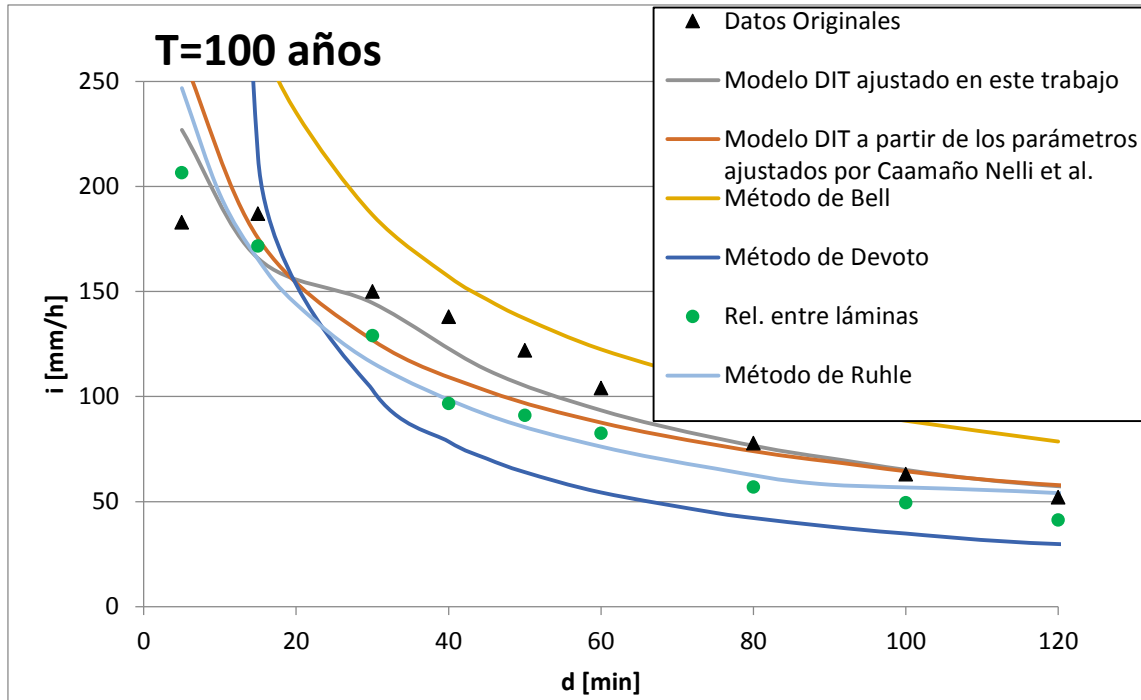


Figura 34: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 100 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

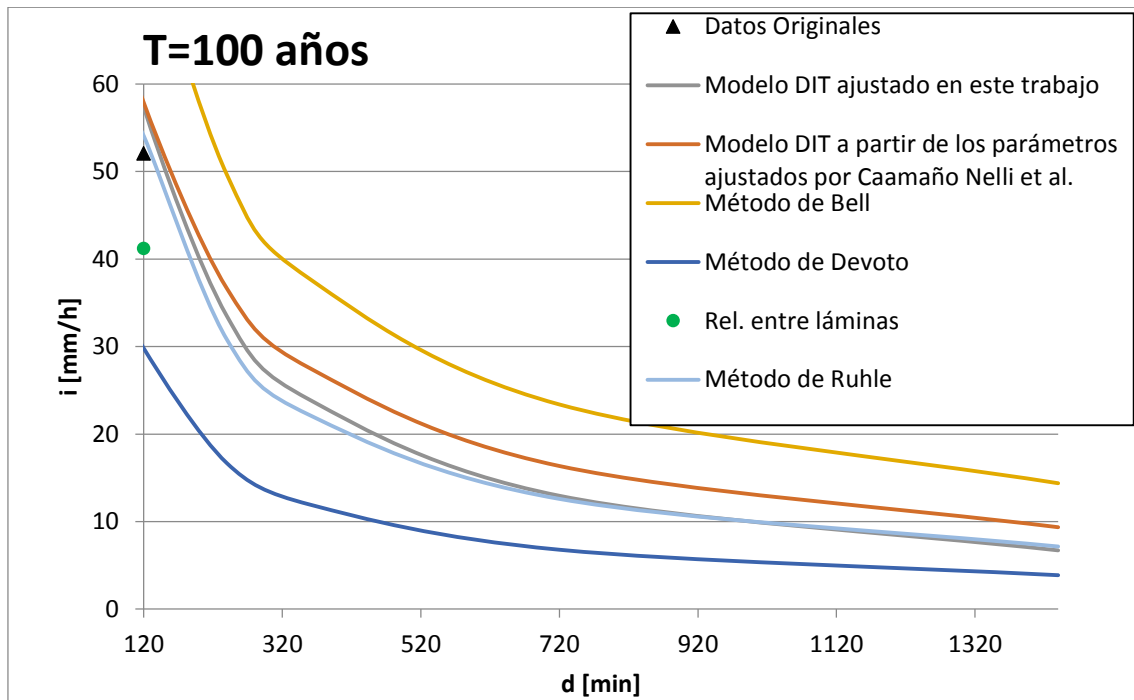


Figura 35: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 100 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de La Banda, Santiago del Estero.

Al analizar las figuras anteriormente presentadas vemos que el método de Bell siempre sobrestima el valor de lámina de lluvia. Por el contrario, el método de Devoto subestima las láminas de lluvia para duraciones mayores a 20 minutos y para todos los períodos de retorno.

El resto de los métodos analizados se aproximan más a los datos originales, principalmente el Modelo DIT ajustado en este trabajo, y en segundo lugar el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011.

- Comparación numérica:

Al realizar la comparación numérica aplicando el concepto de Diferencia Relativa Porcentual se observan los siguientes resultados:

a) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo:

T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]						
5	-14%	-8%	-2%	5%	11%	18%	24%
15	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-11%
30	-5%	-5%	-5%	-5%	-4%	-4%	-4%
40	-5%	-7%	-8%	-9%	-10%	-12%	-12%
50	-3%	-5%	-7%	-9%	-11%	-12%	-14%
60	-3%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%
80	2%	1%	0%	0%	-1%	-1%	-1%
100	6%	5%	5%	5%	5%	4%	4%
120	9%	9%	9%	9%	10%	10%	10%

**Tabla 117: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -14 y 24%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre de entre 5 y 60 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida con el Modelo DIT calibrado en este informe da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones mayores e igual a 80 minutos. Esto muestra

que para estas duraciones la curva obtenida con el Modelo DIT calibrado en este informe da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, en la mayoría de los casos, estas resultan menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas.

b) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011:

T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]						
5	-1%	5%	12%	21%	29%	37%	44%
15	-1%	-3%	-4%	-4%	-5%	-6%	-6%
30	4%	-1%	-4%	-8%	-10%	-14%	-15%
40	7%	1%	-4%	-9%	-14%	-18%	-21%
50	11%	4%	-2%	-8%	-12%	-17%	-20%
60	13%	7%	1%	-4%	-8%	-13%	-16%
80	22%	16%	11%	6%	2%	-2%	-5%
100	30%	24%	19%	14%	10%	6%	3%
120	37%	31%	26%	22%	18%	14%	11%

**Tabla 118: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -21 y 44%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 15 y 60 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida con el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al. da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones menores e igual a 5 minutos y mayores e igual a 80 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva obtenida con el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, se puede ver que existen diferencias encontradas en las idT que resultan menores o iguales a 10%, y por lo tanto no resultan significativas. Pero, a pesar de esto, también se ven diferencias que resultan mayores al 10%, lo que sí resulta significativo. Por lo tanto es posible afirmar que este ajuste resulta adecuado, pero

más correcto resultaría aplicar el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

c) Método de Bell:

T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>						
5	78%	83%	93%	105%	119%	134%	146%
15	63%	56%	51%	50%	49%	48%	47%
30	61%	49%	41%	35%	31%	27%	24%
40	62%	47%	37%	29%	23%	17%	14%
50	66%	50%	39%	30%	23%	17%	12%
60	67%	52%	42%	34%	28%	22%	18%
80	78%	63%	53%	45%	40%	34%	31%
100	88%	73%	63%	55%	50%	44%	40%
120	97%	82%	72%	64%	59%	54%	51%

Tabla 119: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Bell y los datos originales.

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre 12 y 146%.

La totalidad de los valores de diferencias relativas resultan positivas. Esto muestra que la curva obtenida con el Método de Bell siempre arroja valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, aplicando este método las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base resultan siempre mayores a 10%, arrojando valores de hasta 146%, por lo tanto la aplicación de este método, en este caso, resultaría inadecuada.

d) Método de Devoto:

T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>						
5	496%	515%	538%	566%	595%	624%	652%
15	39%	33%	28%	24%	20%	17%	14%
30	-3%	-9%	-15%	-21%	-25%	-29%	-31%
40	-11%	-19%	-25%	-31%	-36%	-41%	-43%
50	-15%	-23%	-30%	-36%	-40%	-45%	-48%
60	-19%	-26%	-32%	-37%	-41%	-45%	-48%
80	-20%	-26%	-31%	-36%	-40%	-44%	-46%
100	-19%	-25%	-30%	-35%	-39%	-42%	-45%
120	-19%	-24%	-29%	-34%	-37%	-41%	-43%

Tabla 120: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Devoto y los datos originales.

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -48 y 652%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones mayores e igual a 30 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida con el Método de Devoto da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones menores e igual a 15 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva obtenida con el Método de Devoto da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, resultan en todos los casos mayores al 10% lo que resulta significativo. Por lo tanto, en este caso, no sería adecuado la aplicación de este método para el cálculo de curvas idT.

En relación a los métodos aplicados anteriormente se puede observar que este resulta aún peor que el Método de Bell, y sigue siendo conveniente la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

e) Relación entre láminas:

T [años]	2	5	10	20	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]					
5	-12%	-4%	1%	5%	9%	13%
15	10%	3%	0%	-3%	-6%	-8%
30	20%	6%	0%	-5%	-11%	-14%
40	8%	-8%	-15%	-21%	-27%	-30%
50	19%	1%	-8%	-14%	-21%	-25%
60	22%	4%	-4%	-10%	-17%	-21%
80	7%	-7%	-13%	-18%	-24%	-27%
100	14%	-1%	-7%	-12%	-18%	-21%
120	11%	-2%	-8%	-12%	-18%	-21%

**Tabla 121: Diferencia relativa porcentual entre las relaciones entre láminas y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -30 y 13%.

Para la mayoría de los casos, los valores de diferencias relativas resultan negativas. Esto muestra que, en general, la curva obtenida a partir de la relación entre láminas da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original.



En síntesis, se puede ver que con este método se tienen diferencias relativas porcentuales menores o iguales a 10% para algunas duraciones y períodos de retorno, lo que en términos prácticos no resulta significativo, pero también se tienen diferencias mayores al 10% lo que sí resulta significativo. Por lo tanto, sigue siendo preferible la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

f) Método de Ruhle:

T [años]	2	3	5	10	20	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]						
5	13%	13%	15%	19%	24%	30%	35%
15	102%	87%	76%	68%	63%	58%	55%
30	60%	45%	34%	26%	20%	14%	11%
40	49%	33%	22%	12%	6%	-1%	-5%
50	45%	28%	17%	7%	1%	-6%	-10%
60	39%	25%	15%	6%	1%	-5%	-9%
80	38%	26%	17%	9%	5%	-1%	-4%
100	39%	27%	19%	12%	7%	2%	-1%
120	40%	29%	21%	15%	11%	6%	4%

Tabla 122: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Ruhle y los datos originales.

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -10 y 102%.

Para la mayoría de los casos, los valores de diferencias relativas resultan positivas. Esto muestra que, en general, la curva obtenida a partir del Método de Ruhle da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, se puede ver que las diferencias menores al 10% se dan para duraciones mayores e igual a 40 minutos y para períodos de retorno mayores a 20 años, lo que no resulta significativo. Para el resto de los casos se tienen diferencias mayores al 10%, lo que sí resulta significativo.

En cuanto a los métodos anteriores, este resulta mejor que el método de Bell y que el método de Devoto, pero sigue siendo preferible la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

Como conclusión en relación a los distintos métodos comparados se puede observar que el mejor ajuste está dado por el Modelo DIT calibrado en este trabajo, podemos decir que esto se debe a que el mismo resulta, en este caso, del análisis de datos ajustados que provienen de datos originales.

Los métodos que arrojan valores extremos y las mayores diferencias son el método de Devoto y el método de Bell, el resto arroja valores más próximos a los originales con las diferencias mencionadas anteriormente.

El método de Devoto arroja para la mayoría de las recurrencias analizadas valores subestimados. Arrojando diferencias de hasta 652%.

El método de Bell sobreestima en todos los casos los valores originales, arrojando diferencias máximas de hasta 146%.

Puede concluirse entonces que siempre es más ventajoso usar el Modelo DIT calibrado a partir de datos originales, con la desventaja que estos datos son difíciles de conseguir.

Por ende, si estos datos no se consiguen se busca entonces digitalizar curvas idT existentes, o a partir de ecuaciones idT.

Por último, si no es posible llevar a cabo ninguna de las opciones mencionadas anteriormente, se recomienda entonces aplicar el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 o el método de relación entre láminas si se cuentan con los datos para los períodos de retorno necesarios.

### 3.2.3. Resistencia, Chaco.

- a) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo: como se mostró en la sección 2.4.1 los parámetros del Modelo DIT obtenidos en este trabajo, para construir la curva idT son los siguientes:

<b>A</b>	<b>0,2761</b>
<b>B</b>	<b>0,1276</b>
<b>C</b>	<b>5,290</b>

**Tabla 123: Parámetros del Modelo DIT ajustados en este trabajo correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.**

La curva idT resultante es la presentada en la Tabla 65.

- b) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011: los parámetros obtenidos por este autor son los siguientes:

<b>A</b>	<b>0,252</b>
<b>B</b>	<b>0,123</b>
<b>C</b>	<b>5,253</b>

Tabla 124: Parámetros del Modelo DIT ajustados Caamaño Nelli et al., 2011 correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.

A continuación se muestra la curva idT resultante:

T [años]	2	5	10	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]						
5	145,6	179,8	201,1	220,6	226,6	244,6	262,0
10	116,6	144,0	161,1	176,7	181,5	195,9	209,8
15	100,1	123,6	138,2	151,6	155,7	168,1	180,0
20	88,9	109,7	122,7	134,6	138,3	149,3	159,9
30	74,2	91,6	102,5	112,4	115,4	124,6	133,5
45	61,0	75,4	84,3	92,4	95,0	102,5	109,8
60	52,7	65,0	72,7	79,8	81,9	88,5	94,7
75	46,8	57,7	64,6	70,8	72,7	78,5	84,1
90	42,3	52,2	58,4	64,0	65,8	71,0	76,1
120	35,9	44,3	49,6	54,3	55,8	60,3	64,5
240	23,5	29,0	32,5	35,6	36,6	39,5	42,3
360	18,0	22,3	24,9	27,3	28,1	30,3	32,5
720	11,2	13,8	15,4	16,9	17,3	18,7	20,1
1440	6,7	8,2	9,2	10,1	10,4	11,2	12,0

Tabla 125: Curva idT obtenida a partir de los parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.

- c) Método de Bell: cómo se explicó en la sección 1.3.1 para este método son necesarios 3 parámetros:  $M$ ,  $N$ , y  $h_{10}^{60}$ . Para la localidad de Resistencia los mismos resultaron:

<b><math>M</math></b>	108,31
<b><math>N</math></b>	105
<b><math>h_{10}^{60}</math></b>	103,99

Tabla 126: Parámetros  $M$  y  $N$  del Método de Bell y valor de la lámina de lluvia asociada a una hora de duración y 10 años de tiempo de retorno ( $h_{10}^{60}$ ) correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.

En base a estos valores y según la forma de cálculo de este método, la curva idT obtenida es:

T [años]	2	5	10	20	25	50	100	30	75
d [min]	i [mm/h]								
5	255,4	329,2	385,1	440,9	458,9	514,8	570,6	473,6	547,4
10	191,1	246,4	288,2	330,0	343,5	385,3	427,1	354,5	409,7
15	155,8	200,8	234,9	269,0	279,9	314,0	348,1	288,9	333,9
20	133,3	171,8	201,0	230,1	239,5	268,7	297,8	247,2	285,7
30	105,7	136,3	159,4	182,5	190,0	213,1	236,2	196,1	226,6
45	82,9	106,9	125,0	143,2	149,0	167,1	185,3	153,8	177,8
60	69,4	89,5	104,7	119,8	124,7	139,9	155,1	128,7	148,8
75	60,3	77,7	90,9	104,1	108,4	121,6	134,7	111,8	129,3
90	53,7	69,2	80,9	92,7	96,4	108,2	119,9	99,5	115,1
120	44,5	57,4	67,2	76,9	80,0	89,8	99,5	82,6	95,5
240	28,1	36,3	42,4	48,6	50,5	56,7	62,8	52,2	60,3
360	21,4	27,5	32,2	36,9	38,4	43,1	47,7	39,6	45,8
720	13,2	17,1	20,0	22,9	23,8	26,7	29,6	24,6	28,4
1440	8,2	10,5	12,3	14,1	14,6	16,4	18,2	15,1	17,5

**Tabla 127: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Bell correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.**

d) Método de Devoto: según lo indicado en la sección 1.3.1 para la aplicación de este método se requieren dos parámetros:  $X$  y  $C_v$ , para duraciones de 1 y 12 hrs. Para la provincia de Santiago del Estero los mismos resultaron:

	1 hora	12 horas
$X$	52	95
$C_v$	0,28	0,27

**Tabla 128: Parámetros para la aplicación del Método de Devoto correspondientes a la localidad de Resistencia, Chaco.**

La curva idT obtenida según este método es la siguiente:

T [años]	2	5	10	20	25	50	100	30	75
d [min]	i [mm/h]								
5	13293,2	4051,1	3425,4	3205,4	3170,7	3124,0	3134,8	3150,7	3125,2
10	410,2	476,1	522,4	567,9	582,5	627,8	673,1	594,4	654,3
15	219,1	265,3	296,3	326,2	335,8	365,1	394,4	343,5	382,2
20	152,7	187,7	211,0	233,4	240,6	262,5	284,4	246,4	275,3
30	97,5	121,5	137,3	152,6	157,4	172,3	187,1	161,3	181,0
45	65,0	81,6	92,6	103,1	106,5	116,8	127,0	109,2	122,8
60	49,6	62,5	71,0	79,2	81,8	89,8	97,7	83,9	94,4
75	40,5	51,1	58,1	64,9	67,0	73,6	80,1	68,7	77,4

T [años]	2	5	10	20	25	50	100	30	75
d [min]	i [mm/h]								
90	34,4	43,5	49,5	55,3	57,1	62,7	68,3	58,6	66,0
120	26,7	33,9	38,6	43,1	44,5	48,9	53,3	45,7	51,5
180	18,9	24,0	27,3	30,6	31,6	34,7	37,9	32,4	36,6
240	14,8	18,8	21,5	24,0	24,8	27,3	29,8	25,5	28,8
360	10,6	13,5	15,4	17,2	17,8	19,5	21,3	18,2	20,6
720	6,0	7,6	8,7	9,8	10,1	11,1	12,1	10,3	11,7
1440	3,4	4,4	5,0	5,6	5,8	6,3	6,9	5,9	6,7

Tabla 129: Curva  $idT$  obtenida a partir de la aplicación del Método de Devoto correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.

- e) Relación entre láminas: para la aplicación de este método se utilizaron los valores promedio  $r$  de que se obtuvieron para las diferentes duraciones en la localidad de Salta Capital y los mismos se presentaron en la Tabla 27.

Con este valor promedio se obtuvo la siguiente curva  $idT$ :

T [años]	2	5	10	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]						
15	95,1	126,5	146,9	166,1	172,2	190,8	209,2
30	70,6	93,9	109,0	123,3	127,8	141,6	155,3
45	60,4	80,3	93,2	105,4	109,2	121,1	132,8
60	49,7	66,1	76,7	86,8	89,9	99,6	109,3
120	32,5	43,3	50,2	56,8	58,9	65,2	71,5
180	25,7	34,2	39,7	44,9	46,5	51,6	56,5
240	21,9	29,1	33,8	38,3	39,7	43,9	48,2

Tabla 130: Curva  $idT$  obtenida por el Método de Relaciones entre láminas correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.

- f) Método de Ruhle: según lo explicado en la sección 1.3.1 para este método se requieren los siguientes parámetros:  $RH$ ,  $a$ ,  $b$  y  $c$ . Para la provincia de Salta resultaron los siguientes:

$R_h$ [mm/h]	68
$a$	2477,26
$b$	0,82
$c$	7,67

Tabla 131: Parámetro  $R_h$  y coeficientes  $a$ ,  $b$  y  $c$  necesarios para la aplicación del Método de Ruhle correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.

Una vez obtenidos estos valores se determinó el valor de  $R_{25}$  y en base a esto se obtuvo la siguiente curva  $idT$ :

T [años]	2	5	10	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]						
5	135,5	164,8	186,9	209,0	216,1	238,2	260,4
10	106,8	130,8	148,9	167,1	172,9	191,0	209,2
15	89,4	110,1	125,7	141,3	146,3	161,9	177,5
20	77,5	95,7	109,5	123,4	127,8	141,6	155,4
30	61,9	76,9	88,3	99,6	103,3	114,7	126,0
45	48,2	60,3	69,4	78,5	81,5	90,6	99,8
60	39,8	50,0	57,8	65,5	68,0	75,7	83,5
75	34,1	43,0	49,8	56,5	58,7	65,4	72,2
90	30,0	37,9	43,9	49,9	51,9	57,9	63,9
120	28,2	35,7	41,4	47,0	48,9	54,5	60,2
240	15,6	20,0	23,3	26,6	27,7	31,0	34,3
360	11,1	14,2	16,7	19,1	19,9	22,3	24,7
720	6,2	8,0	9,4	10,8	11,2	12,6	14,0
1440	3,4	4,5	5,3	6,1	6,4	7,2	8,0

**Tabla 132: Curva  $idT$  obtenida por el Método de Rühle correspondiente a la localidad de Resistencia, Chaco.**

### 3.2.3.1. Comparación entre los métodos.

A continuación se presenta la comparación gráfica y numérica de las  $idT$  obtenidas para las diferentes recurrencias. En la comparación gráfica se analizan períodos de retorno de 10 y 50 años. Mientras que en la comparación numérica se analizan períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años.

- Comparación gráfica:

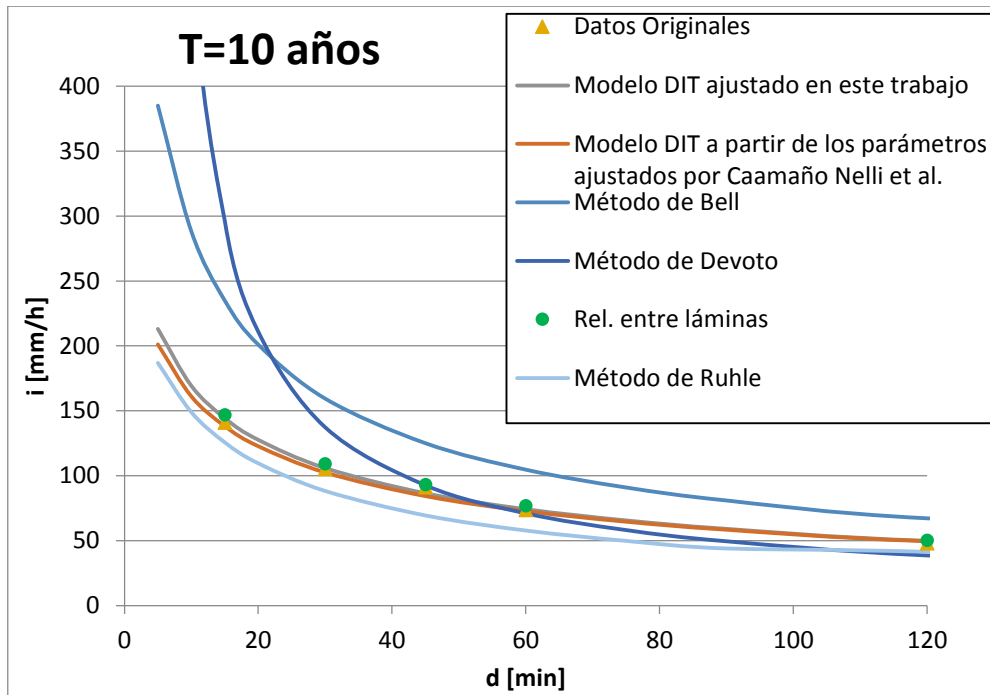


Figura 36: Curvas  $i$  $d$ T obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 10 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Resistencia, Chaco.

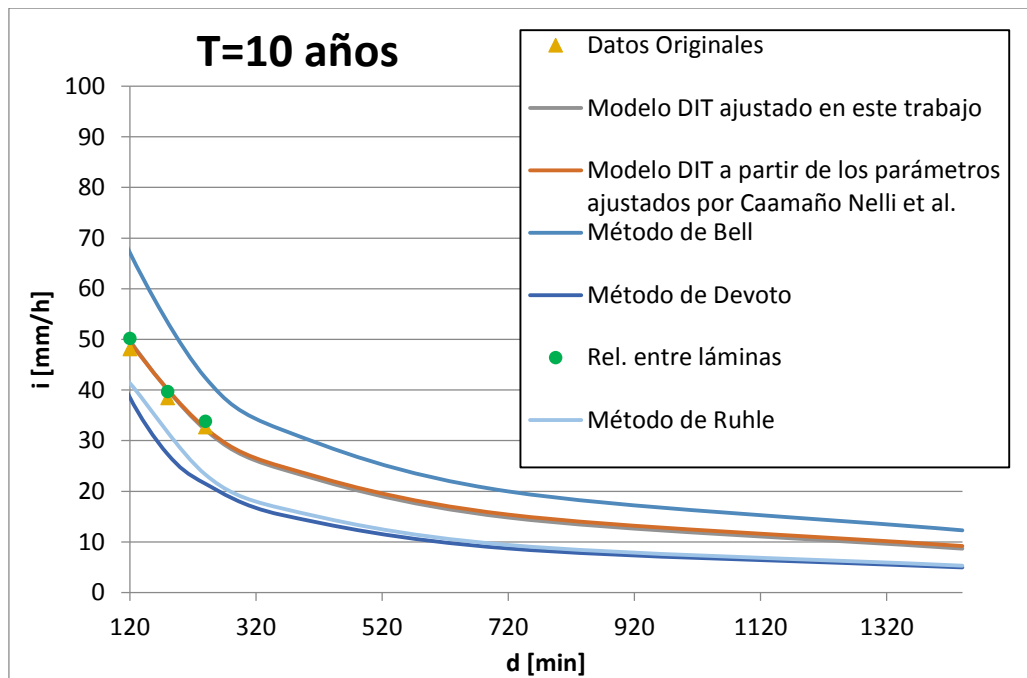


Figura 37: Curvas  $i$  $d$ T obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Resistencia, Chaco.

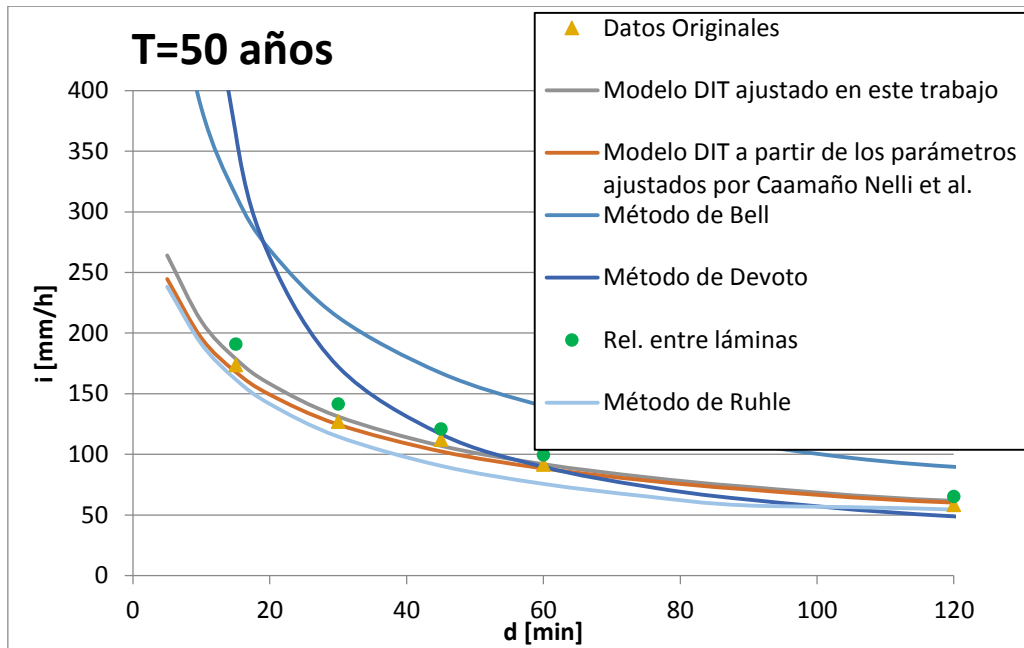


Figura 38: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 50 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Resistencia, Chaco.

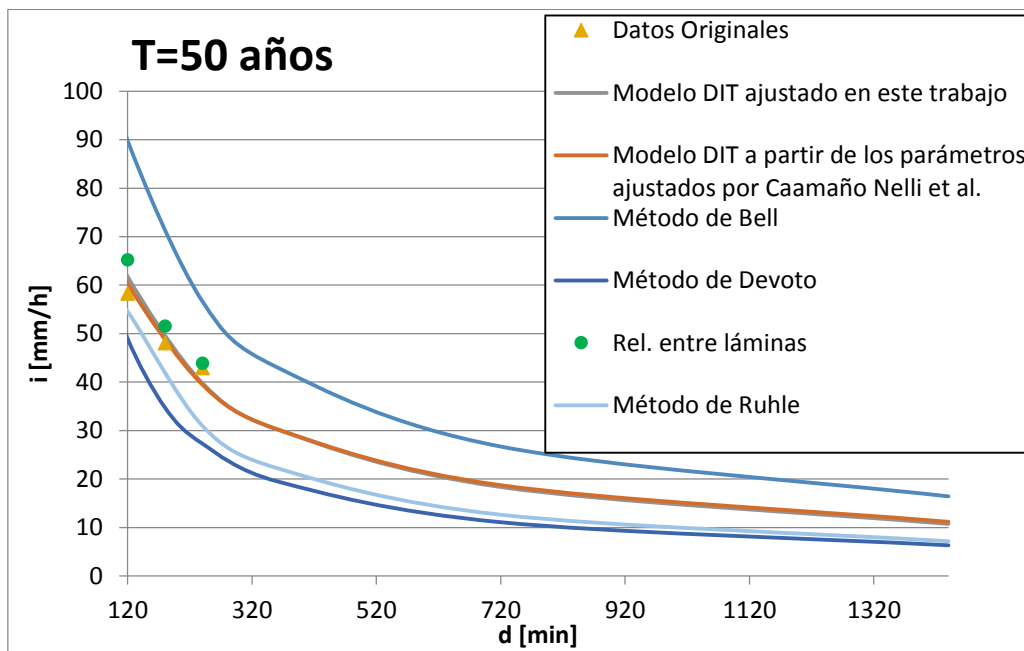


Figura 39: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Resistencia, Chaco.

Al analizar las figuras anteriormente presentadas vemos que para duraciones menores a 20 minutos el método de Devoto sobrestima el valor de lámina de lluvia, mientras que para duraciones mayores a 20 minutos el método de Bell es aquel que sobreestima las láminas de lluvia. Por el contrario, para duraciones de hasta 120 minutos el método de Ruhle subestima las láminas de lluvia, y para



duraciones mayores a 120 minutos el método de Devoto es aquel que subestima las láminas de lluvia.

El Modelo DIT ajustado en este trabajo, el método de relación entre láminas y el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al. se aproximan más a los datos originales.

- Comparación numérica:

Al realizar la comparación numérica aplicando el concepto de Diferencia Relativa Porcentual se observan los siguientes resultados:

a) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo:

T [años]	2	5	10	25	50
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
15	1%	0%	2%	3%	3%
30	-2%	-1%	1%	2%	3%
45	-1%	-5%	-5%	-5%	-5%
60	0%	-1%	1%	0%	0%
120	-1%	1%	4%	4%	6%
180	1%	1%	1%	3%	0%
240	4%	1%	-2%	-3%	-7%

**Tabla 133: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -7 y 6%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas dan positivos, esto muestra que la curva ajustada por el Modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original. Algunos pocos valores de diferencias relativas dan negativos lo que indica que la curva ajustada por el Modelo DIT con los parámetros obtenidos en este trabajo da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para cualquiera de las duraciones y períodos de retorno analizados, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas.

b) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011:

T [años]	2	5	10	25	50
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
15	-1%	-3%	-2%	-3%	-3%
30	-2%	-3%	-3%	-3%	-2%
45	-1%	-6%	-7%	-8%	-9%
60	1%	-1%	-1%	-3%	-3%
120	2%	2%	3%	2%	3%
180	5%	2%	1%	2%	-2%
240	8%	3%	-1%	-3%	-8%

**Tabla 134: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -8 y 8%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 15 y 60 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida con el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al. da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones mayores e igual a 120 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva obtenida con el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al. da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, para cualquiera de las duraciones y períodos de retorno analizados, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas, pero sigue siendo conveniente la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

## c) Método de Bell:

T [años]	2	5	10	25	50
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
15	55%	57%	67%	75%	81%
30	40%	44%	52%	60%	68%
45	35%	33%	37%	44%	49%
60	34%	36%	42%	47%	53%
120	26%	32%	40%	47%	54%
180	27%	29%	34%	43%	43%
240	29%	29%	30%	34%	32%

**Tabla 135: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Bell y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre 26 y 81%.

La totalidad de los valores de diferencias relativas dan positivos, esto muestra que para estas duraciones la curva obtenida con el Método de Bell da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, aplicando este método las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base resultan siempre mayores a 10%, arrojando valores de hasta 81%, por lo tanto la aplicación de este método, en este caso, resultaría inadecuada.

## d) Método de Devoto:

T [años]	2	5	10	25	50
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
15	118%	108%	110%	110%	110%
30	29%	28%	31%	33%	36%
45	6%	2%	2%	3%	4%
60	-4%	-5%	-4%	-3%	-2%
120	-24%	-22%	-20%	-18%	-16%
180	-30%	-29%	-29%	-26%	-28%
240	-32%	-33%	-34%	-34%	-36%

**Tabla 136: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Devoto y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -36 y 118%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 60 y 240 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida con el Método de Devoto da valores inferiores de intensidad de lluvia que la

curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones mayores e igual a 45 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva obtenida con el Método de Devoto da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, resultan en la mayoría de los casos mayores al 10%, arrojando valores de hasta 118%. Por lo tanto, en este caso, no sería adecuada la aplicación de este método para el cálculo de curvas idT.

En relación a los métodos aplicados anteriormente se puede observar que este arroja valores de diferencias relativas mayores a los demás, y sigue siendo conveniente la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

e) Relación entre láminas:

T [años]	2	10	50
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]		
15	-5%	4%	10%
30	-7%	4%	12%
45	-2%	2%	8%
60	-4%	4%	9%
120	-8%	4%	12%
180	-4%	3%	7%
240	1%	3%	2%

**Tabla 137: Diferencia relativa porcentual entre las relaciones entre láminas y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -5 y 12%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para un período de retorno de 2 años para todas las duraciones. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida a partir de la relación entre láminas da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para períodos de retorno mayores a 2 años. Esto muestra que para estas duraciones la curva obtenida a partir de la relación entre láminas da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, se puede ver que en la mayoría de los casos las diferencias encontradas son menores el 10%, lo que no resulta significativo. El inconveniente de este método es que resulta algo discontinuo, ya que no se puede obtener para cualquier período de retorno, esto depende de los datos de lluvia diaria existentes, por lo tanto, sigue siendo preferible la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

f) Método de Ruhle:

T [años]	2	5	10	25	50
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>				
15	-19%	-17%	-13%	-8%	-5%
30	-24%	-22%	-18%	-13%	-8%
45	-27%	-27%	-25%	-21%	-18%
60	-28%	-27%	-23%	-20%	-17%
120	-34%	-31%	-26%	-22%	-18%
180	-36%	-34%	-31%	-26%	-26%
240	-37%	-36%	-35%	-33%	-33%

**Tabla 138: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Ruhle y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -37 y -5%.

La totalidad de los valores de diferencias relativas resultan negativas. Esto muestra que la curva obtenida a partir del Método de Ruhle siempre arroja valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, se puede ver que la mayoría de las diferencias encontradas en las idT resultan mayores a 10%, lo que resulta significativo.

En cuanto a los métodos anteriores, este resulta mejor que el método de Devoto y el método de Bell, pero sigue siendo preferible la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

Como conclusión en relación a los distintos métodos comparados se puede observar que el mejor ajuste está dado por el Modelo DIT calibrado en este trabajo, podemos decir que esto se debe a que el mismo resulta, en este caso, del análisis de datos ajustados que provienen de datos originales.

Los métodos que arrojan valores extremos y las mayores diferencias son el método de Devoto y el método de Bell, el resto arroja menores diferencias aunque los valores siguen siendo significativos.

El método de Devoto arroja diferencias de hasta 118%, por lo que este método quedaría descartado para aplicar en esta provincia.

El método de Bell sobreestima los valores originales, arrojando diferencias máximas de hasta 81%.

Puede concluirse entonces que siempre es más ventajoso usar el Modelo DIT calibrado a partir de datos originales, con la desventaja que estos datos son difíciles de conseguir.

Por ende, si estos datos no se consiguen se busca entonces digitalizar curas idT existentes, o a partir de ecuaciones idT.

Por último, si no es posible llevar a cabo ninguna de las opciones mencionadas anteriormente, se recomienda entonces aplicar el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al. o el método de relación entre láminas.

#### 3.2.4. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca

- a) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo: como se mostró en la sección 2.4.1 los parámetros del Modelo DIT obtenidos en este trabajo, para construir la curva idT son los siguientes:

<b>A</b>	<b>0.4258</b>
<b>B</b>	<b>0.1748</b>
<b>C</b>	<b>5.052</b>

**Tabla 139: Parámetros del Modelo DIT ajustados en este trabajo correspondientes a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca.**

La curva idT resultante es la presentada en la Tabla 74.

- b) Método de Bell: cómo se explicó en la sección 1.3.1 para este método son necesarios 3 parámetros:  $M$ ,  $N$ , y  $h_{10}^{60}$ . Para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca los mismos resultaron:

<b><i>M</i></b>	46,79
<b><i>N</i></b>	60,86
<b><math>h_{10}^{60}</math></b>	49,02

**Tabla 140: Parámetros *M* y *N* del Método de Bell y valor de la lámina de lluvia asociada a una hora de duración y 10 años de tiempo de retorno ( $h_{10}^{60}$ ) correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca.**

En base a estos valores y según la forma de cálculo de este método, la curva idT obtenida es:

<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>30</b>	<b>75</b>
<b>d [min]</b>	<b>I[mm/h]</b>									
<b>5</b>	120,4	155,2	181,5	207,8	216,3	242,6	269,0	295,3	223,2	258,0
<b>10</b>	90,1	116,1	135,8	155,6	161,9	181,6	201,3	221,0	167,1	193,1
<b>15</b>	73,4	94,7	110,7	126,8	132,0	148,0	164,1	180,1	136,2	157,4
<b>20</b>	62,8	81,0	94,7	108,5	112,9	126,6	140,4	154,1	116,5	134,7
<b>30</b>	49,8	64,2	75,1	86,0	89,6	100,4	111,3	122,2	92,4	106,8
<b>45</b>	39,1	50,4	58,9	67,5	70,2	78,8	87,3	95,9	72,5	83,8
<b>60</b>	32,7	42,2	49,3	56,5	58,8	65,9	73,1	80,3	60,7	70,1
<b>75</b>	28,4	36,6	42,9	49,1	51,1	57,3	63,5	69,7	52,7	60,9
<b>90</b>	25,3	32,6	38,1	43,7	45,5	51,0	56,5	62,1	46,9	54,2
<b>120</b>	21,0	27,1	31,7	36,3	37,7	42,3	46,9	51,5	38,9	45,0
<b>240</b>	13,3	17,1	20,0	22,9	23,8	26,7	29,6	32,5	24,6	28,4
<b>360</b>	10,1	13,0	15,2	17,4	18,1	20,3	22,5	24,7	18,7	21,6
<b>720</b>	6,2	8,1	9,4	10,8	11,2	12,6	14,0	15,3	11,6	13,4
<b>1440</b>	3,8	5,0	5,8	6,6	6,9	7,7	8,6	9,4	7,1	8,2

**Tabla 141: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Bell correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca.**

- c) Método de Devoto: según lo indicado en la sección 1.3.1 para la aplicación de este método se requieren dos parámetros: **X** y **C<sub>v</sub>**, para duraciones de 1 y 12 hrs. Para la provincia de Santiago del Estero los mismos resultaron:

	<b>1 hora</b>	<b>12 horas</b>
<b>X</b>	<b>23</b>	<b>34</b>
<b>C<sub>v</sub></b>	<b>0,44</b>	<b>0,46</b>

**Tabla 142: Parámetros para la aplicación del Método de Devoto correspondientes a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca.**

La curva IDF obtenida según este método es la siguiente:

T [años]	2	5	10	20	25	50	100	200	30	75
d [min]	i [mm/h]									
5	93,4	138,8	169,2	198,4	207,6	236,3	264,7	293,1	215,2	252,9
10	66,9	97,7	118,1	137,8	144,1	163,3	182,4	201,5	149,1	174,5
15	53,2	77,1	92,9	108,1	112,9	127,8	142,5	157,2	116,9	136,4
20	44,7	64,4	77,5	90,0	94,0	106,2	118,4	130,5	97,2	113,3
30	34,4	49,3	59,1	68,6	71,6	80,8	89,9	99,1	74,0	86,1
45	26,1	37,2	44,5	51,6	53,8	60,7	67,5	74,3	55,6	64,7
60	21,3	30,3	36,2	41,9	43,7	49,2	54,8	60,2	45,2	52,5
75	18,2	25,7	30,7	35,5	37,1	41,8	46,4	51,1	38,3	44,5
90	15,9	22,5	26,8	31,0	32,4	36,4	40,5	44,5	33,4	38,8
120	12,8	18,1	21,6	25,0	26,0	29,3	32,6	35,8	26,9	31,2
180	9,4	13,3	15,9	18,3	19,1	21,5	23,9	26,2	19,7	22,9
240	7,6	10,7	12,7	14,7	15,3	17,2	19,1	21,0	15,8	18,3
360	5,5	7,8	9,3	10,7	11,1	12,5	13,9	15,3	11,5	13,3
720	3,2	4,5	5,4	6,2	6,5	7,3	8,1	8,9	6,7	7,7
1440	1,9	2,6	3,1	3,6	3,7	4,2	4,7	5,1	3,9	4,5

Tabla 143: Curva  $idT$  obtenida a partir de la aplicación del Método de Devoto correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca.

d) Relación entre láminas: para la aplicación de este método se utilizaron los valores promedio  $r$  de que se obtuvieron para las diferentes duraciones en la localidad de Salta Capital y los mismos se presentaron en la Tabla 34.

Con este valor promedio se obtuvo la siguiente curva  $idT$ :

T [años]	2	5	10	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]						
60	28,6	36,1	40,7	45,0	46,3	50,4	54,3
90	21,1	26,6	30,1	33,2	34,2	37,2	40,1
120	14,9	18,8	21,2	23,4	24,1	26,2	28,3
180	11,1	14,0	15,8	17,4	17,9	19,5	21,0
240	8,8	11,0	12,5	13,8	14,2	15,4	16,6
360	6,0	7,6	8,6	9,5	9,8	10,6	11,5
720	3,1	3,9	4,5	4,9	5,1	5,5	5,9

Tabla 144: Curva  $idT$  obtenida por el Método de Relaciones entre láminas correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca.

e) Método de Ruhle: según lo explicado en la sección 1.3.1 para este método se requieren los siguientes parámetros:  $RH$ ,  $a$ ,  $b$  y  $c$ . Para la provincia de Salta resultaron los siguientes:



$R_h$ [mm/h]	40
$a$	1349,26
$b$	0,82
$c$	5,00

Tabla 145: Parámetro  $R_h$  y coeficientes  $a$ ,  $b$  y  $c$  necesarios para la aplicación del Método de Rühle correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca.

Una vez obtenidos estos valores se determinó el valor de  $R_{25}$  y en base a esto se obtuvo la siguiente curva idT:

T [años]	2	5	10	20	25	50	100	200
d [min]	i [mm/h]							
5	94,4	116,0	132,4	148,7	154,0	170,3	186,6	203,0
10	70,0	86,7	99,3	112,0	116,0	128,7	141,3	154,0
15	56,5	70,4	80,9	91,4	94,8	105,3	115,8	126,3
20	47,8	59,8	68,9	77,9	80,9	89,9	99,0	108,1
30	37,0	46,6	53,8	61,1	63,4	70,6	77,9	85,1
45	28,1	35,6	41,2	46,9	48,7	54,4	60,0	65,7
60	22,9	29,1	33,8	38,5	40,0	44,7	49,4	54,1
75	19,4	24,8	28,8	32,9	34,2	38,2	42,3	46,3
90	16,9	21,6	25,2	28,8	29,9	33,5	37,1	40,7
120	15,0	19,2	22,4	25,6	26,6	29,8	33,0	36,2
240	8,3	10,8	12,6	14,5	15,1	16,9	18,8	20,6
360	5,9	7,7	9,0	10,4	10,8	12,2	13,5	14,8
720	3,3	4,3	5,1	5,9	6,1	6,9	7,7	8,4
1440	1,9	2,4	2,9	3,3	3,5	3,9	4,4	4,8

Tabla 146: Curva idT obtenida por el Método de Rühle correspondiente a la localidad de San Fernando del valle de Catamarca, Catamarca.

#### 3.2.4.1. Comparación entre los métodos.

A continuación se presenta la comparación gráfica y numérica de las idT obtenidas para las diferentes recurrencias. En la comparación gráfica se analizan períodos de retorno de 10, 50 y 100 años. Mientras que en la comparación numérica se analizan períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

- Comparación gráfica:

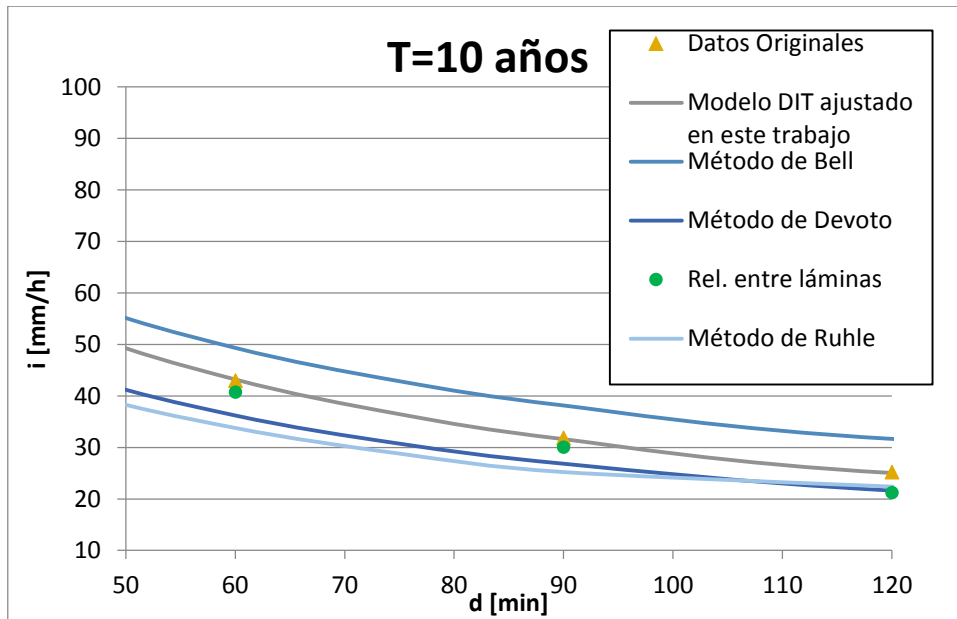


Figura 40: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 10 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

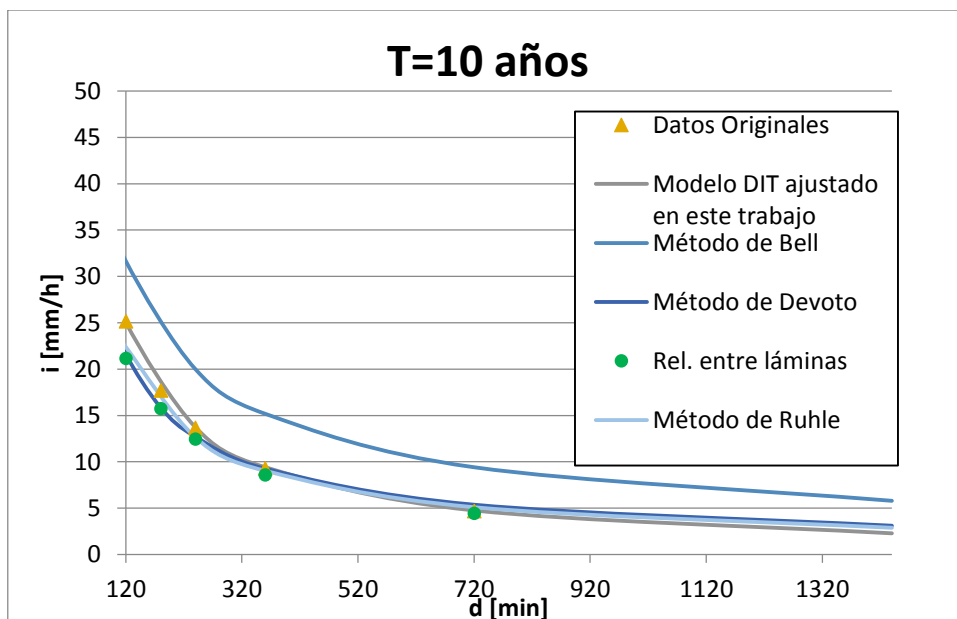


Figura 41: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

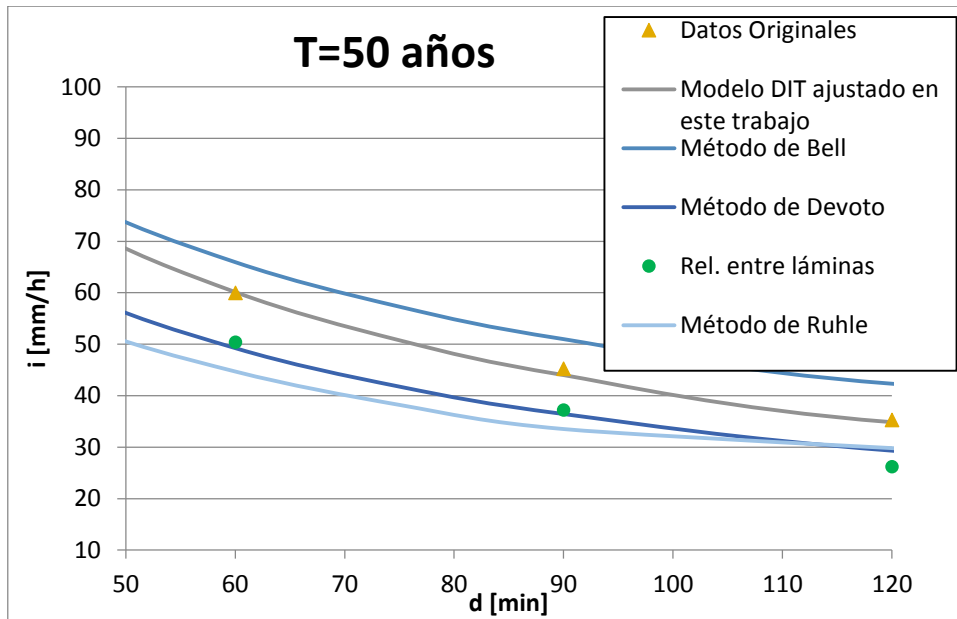


Figura 42: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 50 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

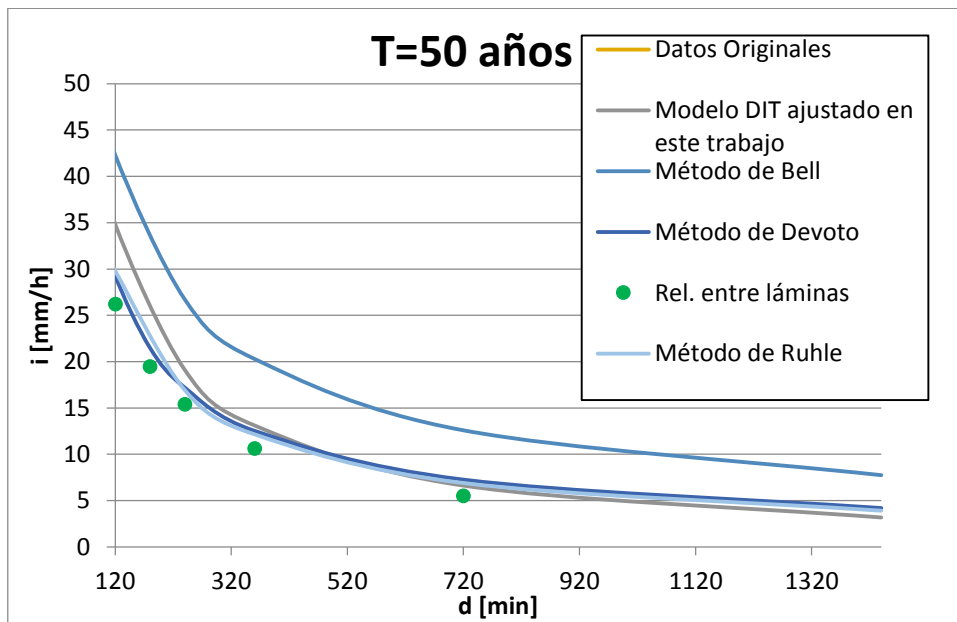


Figura 43: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 50 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

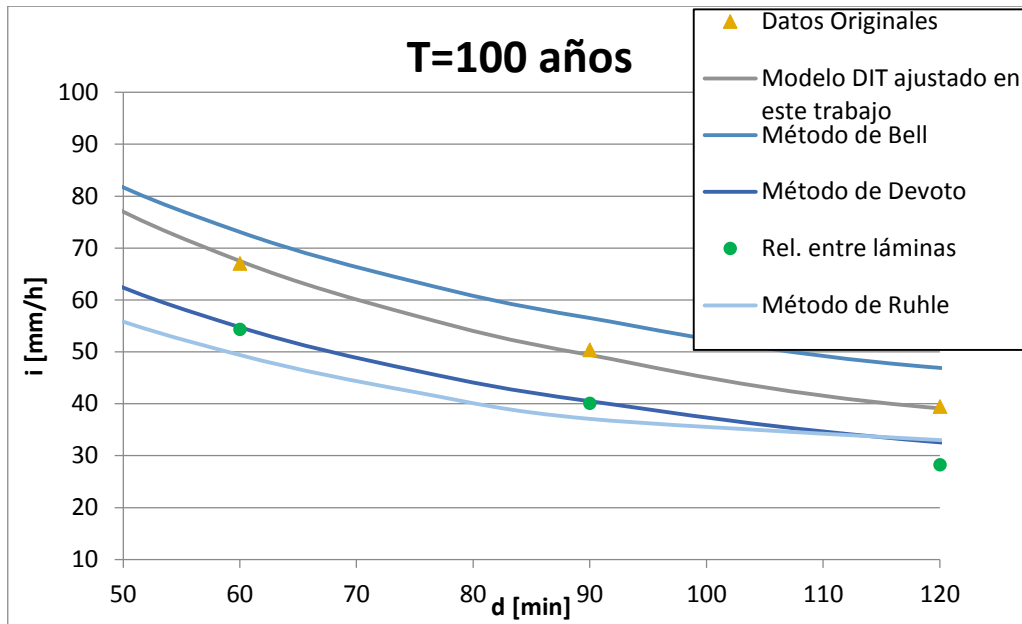


Figura 44: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos método aplicados para un período de retorno de 100 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

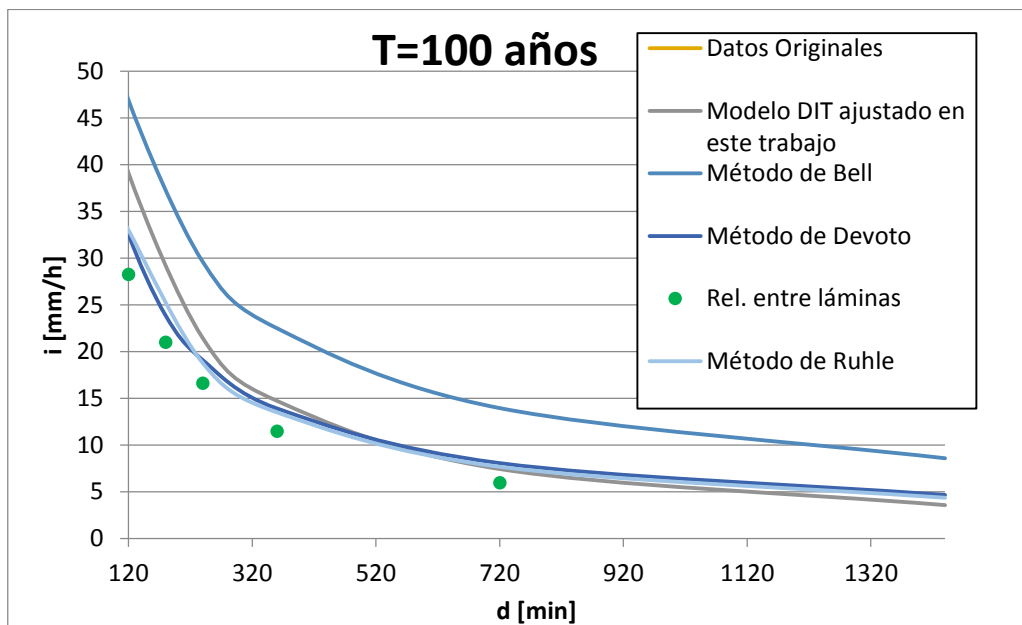


Figura 45: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos método aplicados para un período de retorno de 100 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.

Al analizar las figuras anteriormente presentadas vemos que el método de Bell siempre sobrestima el valor de lámina de lluvia. Por el contrario, el método de Ruhle subestima las láminas de lluvia para duraciones menores a 120 minutos, y el método

de relación entre láminas subestima para duraciones mayores a 120 minutos, y para todos los períodos de retorno.

El Modelo DIT ajustado en este trabajo se aproxima más a los datos originales.

- Comparación numérica:

Al realizar la comparación numérica aplicando el concepto de Diferencia Relativa Porcentual se observan los siguientes resultados:

a) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo:

T [años]	2	5	10	25	50	100	200
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]						
60	3%	-3%	1%	-1%	0%	1%	1%
90	2%	1%	-1%	-3%	-3%	-2%	0%
120	3%	1%	-1%	-2%	-1%	-1%	0%
180	2%	4%	0%	-2%	-1%	0%	2%
240	2%	-1%	0%	-1%	-1%	0%	3%
360	-3%	0%	1%	-3%	-2%	0%	6%
720	-4%	-2%	1%	-3%	-1%	0%	6%

**Tabla 147: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -4 y 6%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para períodos de retorno de entre de entre 5 y 50 años. Esto muestra que para dichos períodos la curva obtenida con el Modelo DIT calibrado en este informe da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para períodos de retorno menores e igual a 2 años y mayores e igual a 100 años. Esto muestra que para estos períodos la curva obtenida con el Modelo DIT calibrado en este informe da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, estas resultan siempre menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas.

b) Método de Bell:

T [años]	2	5	10	25	50	100	200
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>						
60	34%	15%	15%	10%	10%	9%	8%
90	41%	89%	80%	71%	69%	68%	69%
120	198%	163%	152%	45%	44%	43%	43%
180	379%	341%	311%	71%	70%	69%	71%
240	583%	494%	484%	71%	69%	67%	71%
360	973%	899%	880%	100%	100%	101%	110%
720	2517%	2315%	2304%	202%	203%	204%	217%

Tabla 148: *Diferencia relativa porcentual entre el Método de Bell y los datos originales.*

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre 8 y 2517%.

La totalidad de los valores de diferencias relativas resultan positivas. Esto muestra que la curva obtenida con el Método de Bell siempre arroja valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, aplicando este método las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base resultan en la mayoría de los casos mayores a 10%, arrojando valores de hasta 2517%, por lo tanto la aplicación de este método, en este caso, resultaría inadecuada.

c) Método de Devoto:

T [años]	2	5	10	25	50	100	200
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>						
60	-13%	-18%	-16%	-18%	-18%	-18%	-19%
90	-11%	-13%	-16%	-19%	-19%	-20%	-19%
120	-9%	-12%	-14%	-17%	-17%	-18%	-17%
180	-6%	-5%	-10%	-14%	-14%	-14%	-13%
240	-2%	-7%	-7%	-10%	-11%	-11%	-9%
360	-2%	0%	0%	-7%	-6%	-5%	-1%
720	12%	13%	14%	8%	8%	9%	14%

Tabla 149: *Diferencia relativa porcentual entre el Método de Devoto y los datos originales.*

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -20 y 14%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan duraciones menores e igual a 360 minutos. Esto muestra que para dichos períodos la curva obtenida con el Método de Devoto da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones mayores a 360 minutos. Esto muestra que para estos períodos la curva obtenida con el Método de Devoto da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

Se puede ver que la mayoría de las diferencias encontradas en las idT resultan mayores a 10%, lo que resulta significativo.

En síntesis, las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, resultan en en la mayoría de los casos mayores al 10%. Por lo tanto, en este caso, no sería adecuada la aplicación de este método para el cálculo de curvas idT.

En relación a los métodos aplicados anteriormente se puede observar que este resulta mejor que el Método de Bell, pero sigue siendo conveniente la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

d) Relación entre láminas:

T [años]	2	5	10	25	50	100
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>					
60	17%	-2%	-5%	-13%	-16%	-19%
90	18%	3%	-6%	-14%	-18%	-20%
120	6%	-9%	-16%	-23%	-26%	-28%
180	10%	-1%	-11%	-19%	-22%	-25%
240	13%	-4%	-9%	-16%	-20%	-23%
360	7%	-2%	-8%	-18%	-20%	-22%
720	9%	-1%	-5%	-15%	-18%	-20%

**Tabla 150: Diferencia relativa porcentual entre las relaciones entre láminas y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -28 y 17%.

Para la mayoría de los casos, los valores de diferencias relativas resultan negativas. Esto muestra que, en general, la curva obtenida a partir de la relación entre láminas da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, se puede ver que en la mayoría de los casos diferencias encontradas superan el 10%, lo que resulta significativo. Por lo tanto, sigue siendo preferible la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

e) Método de Ruhle:

T [años]	2	5	10	25	50	100	200
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>						
60	-11%	-23%	-22%	-25%	-25%	-25%	-26%
90	-9%	-18%	-22%	-25%	-25%	-26%	-25%
120	-7%	-17%	-20%	-23%	-23%	-23%	-23%
180	-5%	-11%	-16%	-19%	-20%	-20%	-18%
240	-1%	-12%	-13%	-16%	-16%	-17%	-15%
360	-1%	-6%	-7%	-13%	-12%	-11%	-7%
720	12%	5%	6%	0%	1%	2%	6%

**Tabla 151: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Ruhle y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -26 y 12%.

Para la mayoría de los casos, los valores de diferencias relativas resultan negativas. Esto muestra que, en general, la curva obtenida a partir del Método de Ruhle da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, se puede ver que las diferencias menores al 10% se dan para duraciones mayores e igual a 360 minutos para todos los períodos de retorno analizados, y para un período menor e igual a 2 años para todas las duraciones analizadas, lo que no resulta significativo. Para el resto de los casos se tienen diferencias mayores al 10%, lo que sí resulta significativo.

En cuanto a los métodos anteriores, este resulta mejor que el método de Bell, que el método de Devoto y la relación entre láminas, pero sigue siendo preferible la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

Como conclusión en relación a los distintos métodos comparados se puede observar que el mejor ajuste está dado por el Modelo DIT calibrado en este trabajo, podemos



decir que esto se debe a que el mismo resulta, en este caso, del análisis de datos ajustados que provienen de datos originales.

El método que arroja valores extremos y las mayores diferencias es el método de Bell, el resto arroja valores más próximos a los originales con las diferencias mencionadas anteriormente.

El método de Bell sobreestima en todos los casos los valores originales, arrojando diferencias máximas de hasta 2517%, lo que indica que este método tampoco debería aplicarse en esta provincia.

Puede concluirse entonces que siempre es más ventajoso usar el Modelo DIT calibrado a partir de datos originales, con la desventaja que estos datos son difíciles de conseguir.

Por ende, si estos datos no se consiguen se busca entonces digitalizar curas idT existentes, o a partir de ecuaciones idT.

Por último, si no es posible llevar a cabo ninguna de las opciones mencionadas anteriormente, se recomienda entonces aplicar el método de Devoto, el Método de Ruhle o el método de la relación entre láminas, que son los que arrojan menores diferencias relativas.

### 3.2.5. Rafaela, Santa Fe.

- a) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo: como se mostró en la sección 2.4.1 los parámetros del Modelo DIT obtenidos en este trabajo, para construir la curva idT son los siguientes:

<b>A</b>	<b>0,349</b>
<b>B</b>	<b>0,1306</b>
<b>C</b>	<b>5,077</b>

**Tabla 152: Parámetros del Modelo DIT ajustados en este trabajo correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.**

La curva idT resultante es la presentada en la Tabla 83.

- b) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011: los parámetros obtenidos por este autor son los siguientes:

<b>A</b>	<b>0,264</b>
<b>B</b>	<b>0,108</b>
<b>C</b>	<b>5,220</b>

Tabla 153: Parámetros del Modelo DIT a ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

A continuación se muestra la curva idT resultante:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]								
5	145,7	162,9	181,7	204,3	216,6	225,0	231,4	250,8	269,4
10	119,9	134,1	149,5	168,1	178,2	185,2	190,5	206,4	221,7
15	104,8	117,2	130,7	146,9	155,8	161,9	166,5	180,4	193,8
30	80,6	90,1	100,5	113,0	119,8	124,5	128,0	138,7	149,1
45	67,9	75,9	84,7	95,2	100,9	104,9	107,8	116,9	125,6
60	59,6	66,7	74,4	83,6	88,7	92,1	94,8	102,7	110,3
120	42,6	47,6	53,1	59,7	63,3	65,8	67,6	73,3	78,8
180	34,4	38,5	42,9	48,2	51,2	53,1	54,7	59,2	63,6
300	25,9	29,0	32,3	36,3	38,5	40,0	41,1	44,6	47,9
360	23,3	26,0	29,0	32,6	34,6	36,0	37,0	40,1	43,1
600	17,1	19,1	21,3	24,0	25,4	26,4	27,2	29,4	31,6
720	15,3	17,1	19,0	21,4	22,7	23,6	24,2	26,3	28,2
1080	11,7	13,1	14,7	16,5	17,5	18,1	18,7	20,2	21,7
1440	9,7	10,8	12,1	13,6	14,4	15,0	15,4	16,7	17,9
2880	6,0	6,7	7,5	8,4	8,9	9,2	9,5	10,3	11,1
4320	4,4	5,0	5,5	6,2	6,6	6,9	7,1	7,7	8,2
5760	3,6	4,0	4,5	5,0	5,3	5,5	5,7	6,2	6,6

Tabla 154: Curva idT obtenida a partir de los parámetros del Modelo DIT ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

- c) Método de Bell: cómo se explicó en la sección 1.3.1 para este método son necesarios 3 parámetros:  $M$ ,  $N$ , y  $h_{10}^{60}$ . Para la localidad de Rafaela los mismos resultaron:

<b>M</b>	<b>94,17</b>
<b>N</b>	<b>79,64</b>
<b><math>h_{10}^{60}</math></b>	<b>86,43</b>

Tabla 155: Parámetros  $M$  y  $N$  del Método de Bell y valor de la lámina de lluvia asociada a una hora de duración y 10 años de tiempo de retorno ( $h_{10}^{60}$ ) correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

En base a estos valores y según la forma de cálculo de este método, la curva idT obtenida es:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	I [mm/h]								
5	212,3	239,4	273,6	320,0	347,2	366,5	381,4	427,8	474,2
10	158,9	179,2	204,8	239,5	259,9	274,3	285,5	320,2	354,9
15	129,5	146,0	166,9	195,2	211,8	223,5	232,7	261,0	289,3
30	87,9	99,1	113,3	132,5	143,7	151,7	157,9	177,1	196,3
45	68,9	77,7	88,8	103,9	112,7	119,0	123,8	138,9	154,0
60	57,7	65,1	74,4	87,0	94,4	99,6	103,7	116,3	128,9
120	37,0	41,8	47,7	55,8	60,6	63,9	66,5	74,6	82,7
180	28,3	32,0	36,5	42,7	46,4	48,9	50,9	57,1	63,3
300	20,1	22,7	25,9	30,3	32,9	34,7	36,1	40,5	44,9
360	17,8	20,0	22,9	26,8	29,0	30,7	31,9	35,8	39,7
600	12,5	14,1	16,1	18,8	20,4	21,6	22,5	25,2	27,9
720	11,0	12,4	14,2	16,6	18,0	19,0	19,8	22,2	24,6
1080	8,3	9,4	10,7	12,5	13,6	14,3	14,9	16,7	18,5
1440	6,8	7,6	8,7	10,2	11,1	11,7	12,2	13,7	15,1
2880	4,1	4,7	5,3	6,2	6,8	7,2	7,4	8,3	9,3
4320	3,1	3,5	4,0	4,7	5,1	5,3	5,6	6,2	6,9
5760	2,5	2,8	3,2	3,8	4,1	4,3	4,5	5,1	5,6

Tabla 156: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Bell correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

d) Método de Devoto: según lo indicado en la sección 1.3.1 para la aplicación de este método se requieren dos parámetros:  $X$  y  $C_v$ , para duraciones de 1 y 12 hrs. Para la provincia de Salta los mismos resultaron:

	1 hora	12 horas
$X$	45	85
$C_v$	0,25	0,28

Tabla 157: Parámetros para la aplicación del Método de Devoto correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

La curva idT obtenida según este método es la siguiente:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]								
5	-1090,9	-777,6	-644,8	-572,5	-551,5	-541,7	-536,1	-526,7	-525,3
10	521,6	755,7	1180,9	2328,0	3913,5	6521,7	11925,1	-11185,8	-4651,9
15	223,8	272,3	332,8	418,6	472,2	512,0	543,9	649,7	766,2
30	88,6	100,4	113,9	131,1	140,9	147,7	153,1	169,6	186,1

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]								
45	57,4	64,1	71,5	81,0	86,3	90,1	93,0	101,9	110,7
60	43,2	47,9	53,1	59,7	63,4	66,0	68,0	74,2	80,3
120	22,8	25,0	27,5	30,6	32,4	33,6	34,6	37,5	40,4
180	16,0	17,5	19,2	21,3	22,5	23,3	24,0	25,9	27,9
300	10,4	11,3	12,4	13,7	14,4	15,0	15,4	16,6	17,8
360	8,9	9,7	10,6	11,7	12,4	12,8	13,2	14,2	15,3
600	5,8	6,4	6,9	7,7	8,1	8,4	8,6	9,3	9,9
720	5,0	5,5	6,0	6,6	6,9	7,2	7,4	8,0	8,5
1080	3,6	3,9	4,3	4,7	5,0	5,1	5,3	5,7	6,1
1440	2,9	3,1	3,4	3,7	3,9	4,1	4,2	4,5	4,8
2880	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7
4320	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	2,0
5760	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6

**Tabla 158: Curva idT obtenida a partir de la aplicación del Método de Devoto correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe.**

- e) Relación entre láminas: para la aplicación de este método se utilizaron los valores promedio  $r$  de que se obtuvieron para las diferentes duraciones en la localidad de Salta Capital y los mismos se presentaron en la Tabla 41.

Con este valor promedio se obtuvo la siguiente curva idT:

T [años]	2	5	10	20	50	100
d [min]	i [mm/h]					
5	95,7	133,1	158,8	183,4	215,8	240,4
10	80,5	111,9	133,5	154,2	181,5	202,2
15	73,0	101,5	121,1	139,8	164,5	183,3
30	52,9	73,5	87,7	101,3	119,2	132,8
45	43,1	59,9	71,5	82,6	97,2	108,3
60	36,5	50,8	60,6	70,0	82,4	91,7
120	23,6	32,9	39,2	45,3	53,3	59,4
180	18,0	25,1	29,9	34,5	40,6	45,3
300	12,7	17,7	21,1	24,4	28,7	31,9
360	11,2	15,6	18,7	21,5	25,4	28,2
600	7,9	11,0	13,2	15,2	17,9	19,9
720	6,8	9,4	11,2	13,0	15,3	17,0
1080	4,9	6,8	8,1	9,4	11,1	12,3
1440	3,9	5,4	6,4	7,4	8,7	9,7
2880	2,2	3,0	3,6	4,1	4,9	5,4
4320	1,5	2,1	2,5	2,9	3,4	3,8
5760	1,2	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0

**Tabla 159: Curva idT obtenida por el Método de Relaciones entre láminas correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe.**

- f) Método de Ruhle: según lo explicado en la sección 1.3.1 para este método se requieren los siguientes parámetros:  $RH$ ,  $a$ ,  $b$  y  $c$ . Para la provincia de Salta resultaron los siguientes:

$R_h$ [mm/h]	65
$a$	2347,94
$b$	0,82
$c$	7,37

Tabla 160: Parámetro  $R_h$  y coeficientes  $a$ ,  $b$  y  $c$  necesarios para la aplicación del Método de Ruhle correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

Una vez obtenidos estos valores se determinó el valor de  $R_{25}$  y en base a esto se obtuvo la siguiente curva idT:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	i [mm/h]								
5	131,7	144,4	160,3	181,9	194,6	203,5	210,5	232,1	253,7
10	103,3	113,6	126,6	144,2	154,5	161,8	167,5	185,1	202,7
15	86,2	95,0	106,1	121,2	130,1	136,4	141,2	156,3	171,5
30	59,3	65,7	73,7	84,7	91,1	95,6	99,2	110,1	121,1
45	46,0	51,2	57,6	66,4	71,6	75,2	78,0	86,8	95,6
60	38,0	42,3	47,8	55,2	59,5	62,6	65,0	72,4	79,8
120	23,1	25,9	29,4	34,1	36,9	38,9	40,4	45,2	49,9
180	17,0	19,1	21,7	25,3	27,4	28,9	30,1	33,7	37,2
300	11,4	12,8	14,7	17,2	18,6	19,6	20,4	22,9	25,4
360	9,9	11,1	12,7	14,9	16,2	17,1	17,8	19,9	22,1
600	6,5	7,4	8,5	10,0	10,8	11,4	11,9	13,4	14,9
720	5,6	6,4	7,3	8,6	9,4	9,9	10,3	11,6	12,9
1080	4,0	4,6	5,3	6,2	6,8	7,2	7,5	8,4	9,3
1440	3,2	3,6	4,2	4,9	5,4	5,7	5,9	6,7	7,4
2880	1,8	2,1	2,4	2,8	3,1	3,2	3,4	3,8	4,2
4320	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,3	2,4	2,7	3,1
5760	1,0	1,2	1,3	1,6	1,7	1,8	1,9	2,2	2,4

Tabla 161: Curva idT obtenida por el Método de Ruhle correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe.

- g) Método de Sherman: según lo explicado en la sección 1.3.1 para este método se requieren los siguientes parámetros:  $K$ ,  $m$ ,  $c$  y  $n$ . Para la localidad de Rafaela resultaron los siguientes:

<b><i>K</i></b>	<b>1382,88</b>
<b><i>m</i></b>	<b>0,2067</b>
<b><i>c</i></b>	<b>21,892</b>
<b><i>n</i></b>	<b>0,7998</b>

**Tabla 162: Parámetros para la aplicación del Método de Sherman correspondientes a la localidad de Rafaela, Santa Fe.**

Una vez obtenidos estos valores se obtuvo la siguiente curva idT:

<b>T [años]</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>d [min]</b>	<b>i [mm/hr]</b>								
<b>5</b>	114,71	124,74	138,63	159,98	173,97	184,63	193,34	223,13	257,50
<b>10</b>	100,08	108,83	120,95	139,59	151,79	161,09	168,69	194,68	224,67
<b>15</b>	89,08	96,87	107,65	124,24	135,10	143,38	150,14	173,27	199,96
<b>30</b>	67,81	73,73	81,95	94,57	102,84	109,14	114,29	131,89	152,21
<b>45</b>	55,34	60,18	66,88	77,19	83,94	89,08	93,28	107,65	124,24
<b>60</b>	47,08	51,19	56,89	65,66	71,40	75,77	79,35	91,57	105,68
<b>120</b>	30,33	32,98	36,65	42,30	46,00	48,82	51,12	59,00	68,08
<b>180</b>	22,88	24,88	27,65	31,90	34,69	36,82	38,56	44,50	51,35
<b>300</b>	15,75	17,13	19,04	21,97	23,89	25,35	26,55	30,64	35,36
<b>360</b>	13,74	14,94	16,60	19,16	20,84	22,11	23,16	26,73	30,84
<b>600</b>	9,30	10,12	11,24	12,97	14,11	14,97	15,68	18,09	20,88
<b>720</b>	8,08	8,78	9,76	11,27	12,25	13,00	13,62	15,71	18,13
<b>1080</b>	5,89	6,40	7,11	8,21	8,93	9,48	9,92	11,45	13,22
<b>1440</b>	4,70	5,11	5,67	6,55	7,12	7,56	7,91	9,13	10,54
<b>2880</b>	2,71	2,95	3,28	3,78	4,12	4,37	4,57	5,28	6,09
<b>4320</b>	1,97	2,14	2,38	2,74	2,98	3,16	3,31	3,82	4,41
<b>5760</b>	1,56	1,70	1,89	2,18	2,37	2,52	2,64	3,04	3,51

**Tabla 163: Curva idT obtenida por el Método de Sherman correspondiente a la localidad de Rafaela, Santa Fe.**

### 3.2.5.1. Comparación entre los métodos.

A continuación se presenta la comparación gráfica y numérica de las idT obtenidas para las diferentes recurrencias. En la comparación gráfica se analizan períodos de retorno de 10, 50 y 100 años. Mientras que en la comparación numérica se analizan períodos de retorno de 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 50 y 100 años.

- Comparación gráfica:

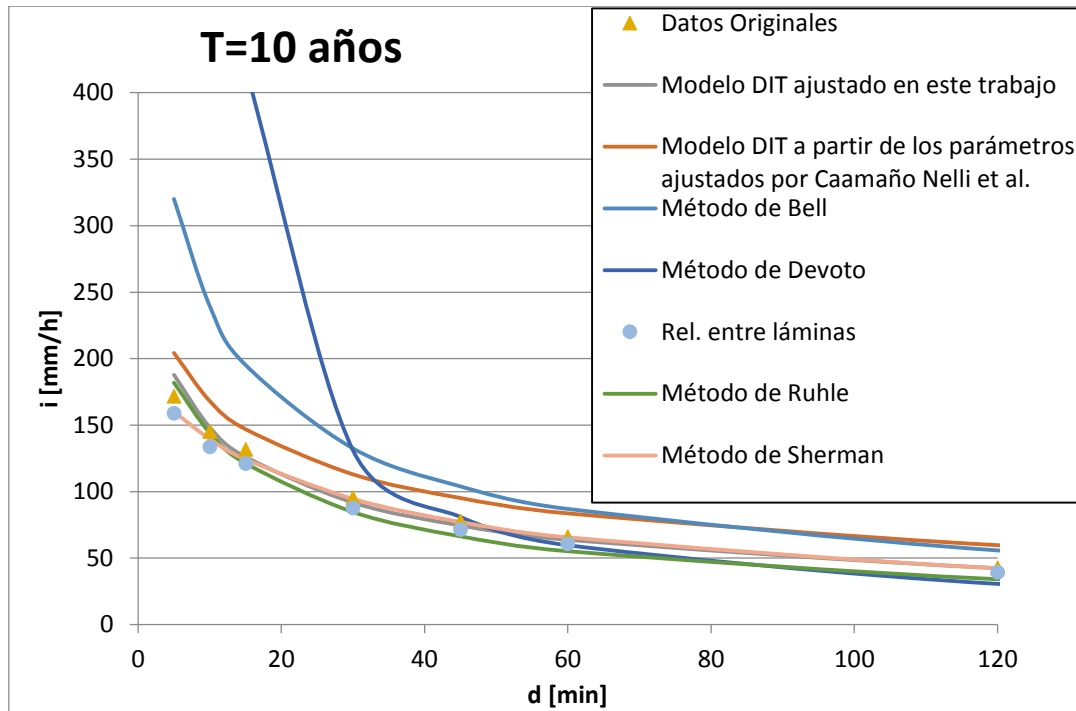


Figura 46: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 10 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe.

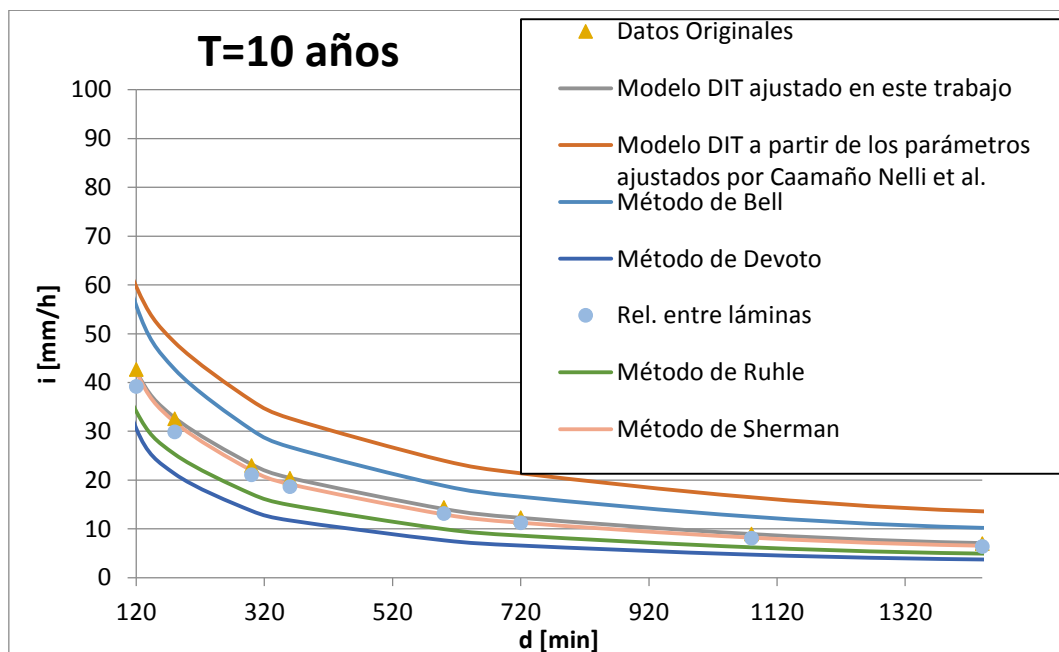


Figura 47: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 10 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe.

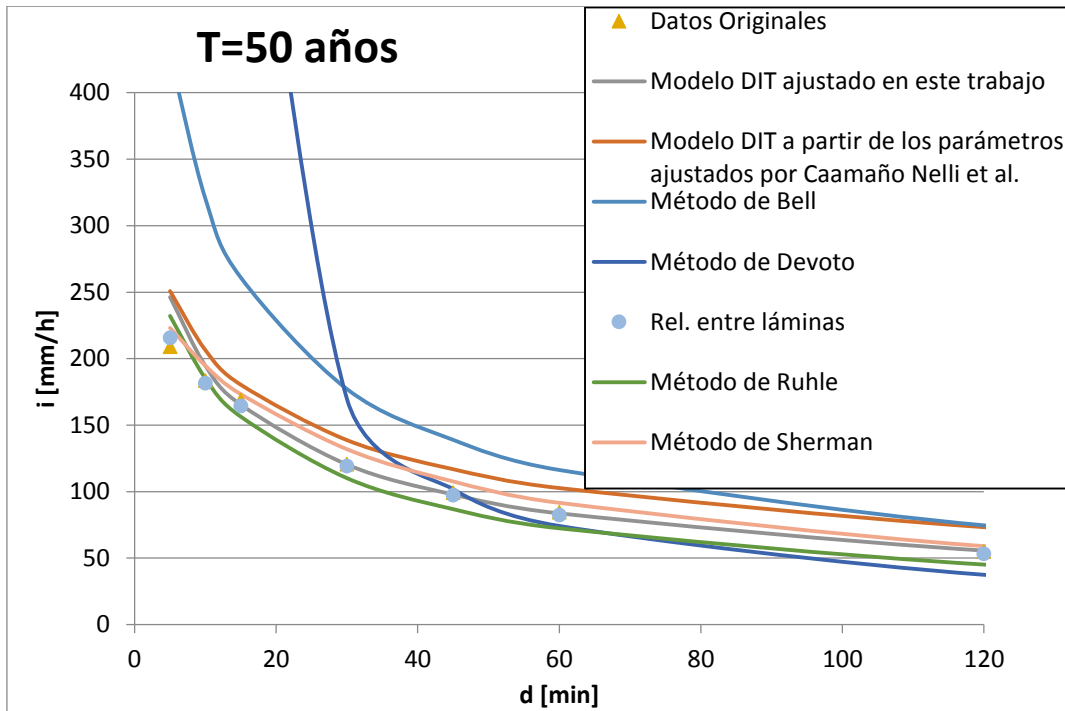


Figura 48: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 50 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe.

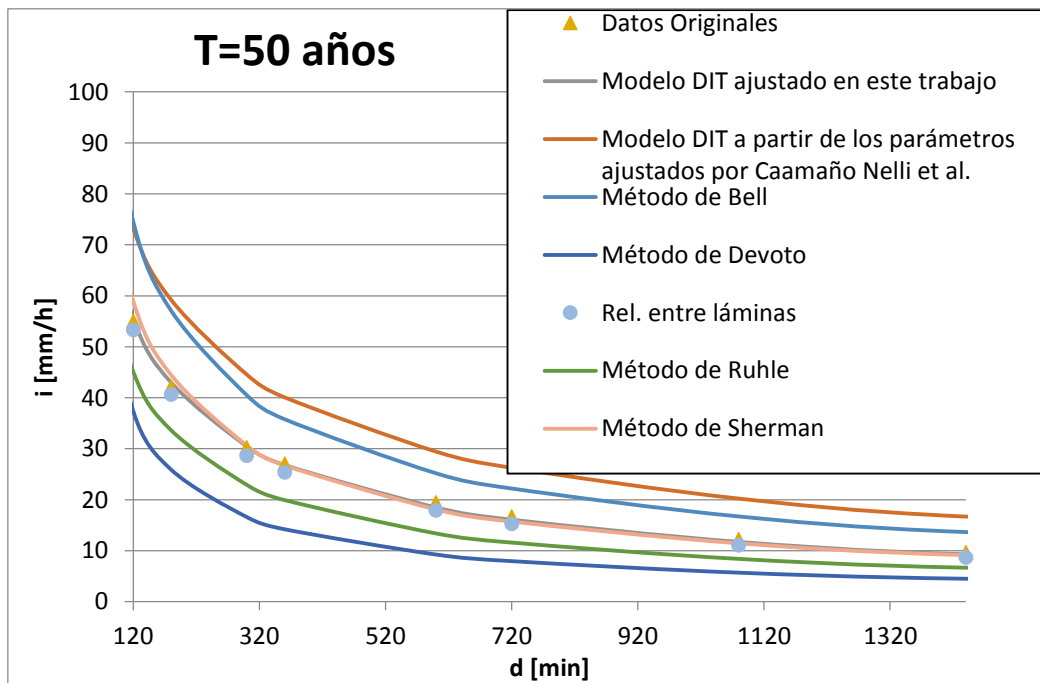


Figura 49: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos métodos aplicados para un período de retorno de 50 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe.



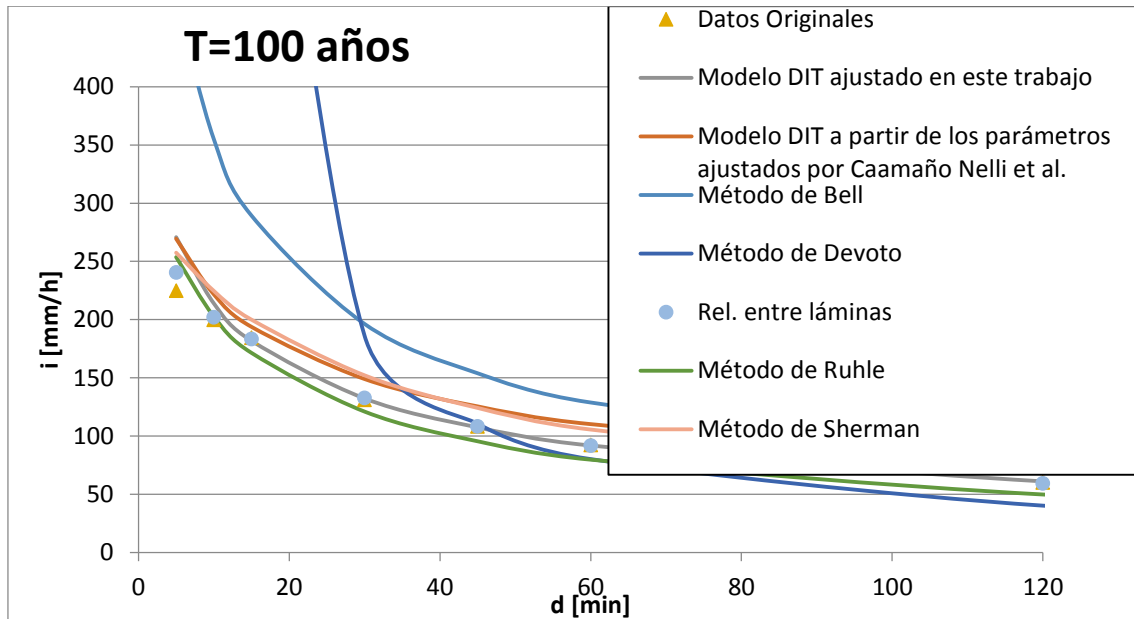


Figura 50: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos método aplicados para un período de retorno de 100 años y duraciones de entre 0 y 120 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe.

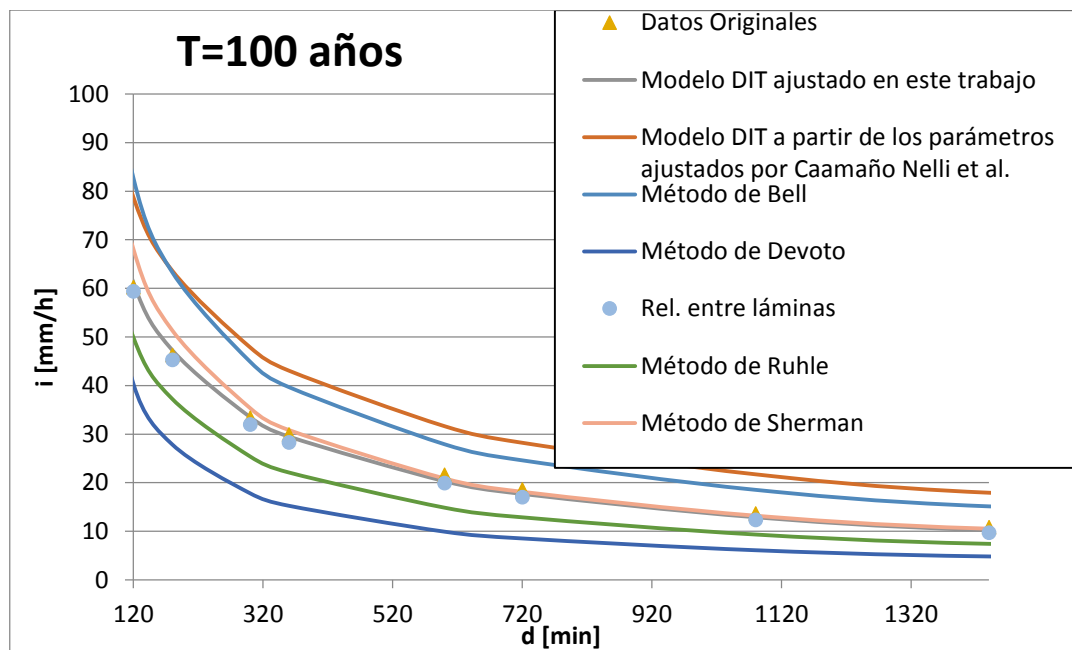


Figura 51: Curvas  $idT$  obtenidas por los distintos método aplicados para un período de retorno de 100 años y duraciones de entre 120 y 1440 minutos, para la localidad de Rafaela, Santa Fe.

Al analizar las figuras anteriormente presentadas vemos que para duraciones menores a 30 minutos el método de Devoto sobrestima el valor de lámina de lluvia, mientras que para duraciones que son mayores a 120 minutos este método subestima los valores. Para duraciones de entre 30 y 120 minutos el método de Bell es aquel que sobrestima el valor de la lámina de lluvia. Y finalmente, para duraciones mayores a 120

minutos se observa que Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al. sobrestima los valores. Por el contrario, el método de Ruhle subestima las láminas de lluvia para duraciones menores a 120 minutos.

El resto de los métodos analizados se aproximan más a los datos originales, principalmente el Modelo DIT ajustado en este trabajo, el método de relación entre láminas y el método de Sherman.

- Comparación numérica:

Al realizar la comparación numérica aplicando el concepto de Diferencia Relativa Porcentual se observan los siguientes resultados:

a) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]								
5	-7%	-1%	4%	9%	12%	14%	15%	18%	20%
10	-6%	-3%	0%	2%	3%	4%	5%	6%	7%
15	-10%	-8%	-6%	-4%	-4%	-3%	-3%	-2%	-1%
30	-12%	-9%	-6%	-4%	-3%	-2%	-1%	0%	1%
45	-11%	-8%	-6%	-4%	-3%	-3%	-2%	-1%	-1%
60	-9%	-7%	-5%	-3%	-2%	-2%	-2%	-1%	0%
120	-6%	-4%	-2%	-1%	0%	0%	1%	1%	2%
1440	13%	8%	5%	1%	0%	-2%	-2%	-4%	-6%

Tabla 164: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo y los datos originales.

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -12 y 20%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre de entre 15 y 60 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida con el Modelo DIT calibrado en este informe da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones menores e igual a 10 minutos y mayores e igual a 120 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva obtenida con el

Modelo DIT calibrado en este informe da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, la mayoría resultan menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas.

b) Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]								
5	13%	15%	17%	19%	19%	20%	20%	20%	20%
10	18%	18%	17%	16%	15%	14%	14%	12%	11%
15	17%	15%	14%	12%	10%	9%	9%	7%	5%
30	21%	21%	20%	19%	18%	17%	17%	15%	14%
45	27%	26%	24%	22%	21%	20%	20%	18%	16%
60	33%	31%	29%	27%	25%	25%	24%	22%	20%
120	48%	46%	43%	40%	38%	37%	36%	33%	31%
1440	142%	123%	108%	94%	87%	83%	80%	72%	66%

Tabla 165: Diferencia relativa porcentual entre el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 y los datos originales.

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre 5 y 142%.

La totalidad de los valores de diferencias relativas resultan positivas. Esto muestra que la curva obtenida con Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al. siempre arroja valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, se puede ver que en la mayoría de los casos las diferencias encontradas en las idT resultan mayores a 10%, lo que resulta significativo. Por lo tanto la aplicación de este método resultaría inadecuada, en este caso.

c) Método de Bell:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]								
5	65%	70%	77%	86%	92%	95%	97%	105%	111%
10	57%	58%	60%	65%	68%	70%	71%	74%	78%

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>								
15	44%	44%	45%	48%	50%	51%	52%	55%	57%
30	32%	33%	35%	39%	41%	43%	44%	47%	50%
45	29%	29%	31%	34%	35%	37%	37%	40%	42%
60	28%	28%	29%	32%	34%	35%	35%	38%	40%
120	29%	28%	29%	31%	32%	33%	34%	36%	37%
1440	69%	57%	50%	46%	44%	43%	42%	41%	40%

**Tabla 166: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Bell y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre 28 y 111%.

La totalidad de los valores de diferencias relativas resultan positivas. Esto muestra que la curva obtenida con el Método de Bell siempre arroja valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, aplicando este método las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base resultan siempre mayores a 10%, arrojando valores de hasta 146%, por lo tanto la aplicación de este método, en este caso, resultaría inadecuada.

d) Método de Devoto:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	<b>Diferencia relativa porcentual [%]</b>								
5	-946%	-651%	-517%	-434%	-404%	-388%	-378%	-352%	-334%
10	415%	564%	825%	1505%	2426%	3930%	7035%	-6196%	-2429%
15	150%	168%	190%	218%	234%	246%	256%	285%	315%
30	33%	34%	36%	38%	38%	39%	39%	41%	42%
45	7%	6%	5%	4%	4%	3%	3%	3%	2%
60	-4%	-6%	-8%	-9%	-10%	-11%	-11%	-12%	-13%
120	-21%	-23%	-26%	-28%	-29%	-30%	-31%	-32%	-33%
1440	-29%	-36%	-42%	-47%	-49%	-50%	-51%	-54%	-55%

**Tabla 167: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Devoto y los datos originales.**

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -6196 y 7035%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones menores e igual a 5 minutos y mayores e igual a 60 minutos. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida con el Método de Devoto da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias

relativas positivas se dan para duraciones de entre 10 y 45 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva obtenida con el Método de Devoto da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, resultan en la mayoría de los casos mayores al 10%, arrojando valores de hasta 7035%. Por lo tanto, en este caso, no sería adecuada la aplicación de este método para el cálculo de curvas idT.

En relación a los métodos aplicados anteriormente se puede observar que este resulta aún peor que el Método de Bell, y sigue siendo conveniente la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

e) Relación entre láminas:

T [años]	2	5	10	20	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]					
5	-26%	-14%	-7%	-2%	3%	7%
10	-21%	-12%	-8%	-5%	-1%	1%
15	-19%	-12%	-8%	-5%	-3%	-1%
30	-21%	-12%	-8%	-5%	-1%	1%
45	-19%	-12%	-8%	-5%	-2%	0%
60	-19%	-12%	-8%	-5%	-2%	-1%
120	-18%	-11%	-8%	-6%	-3%	-1%
1440	-4%	-8%	-9%	-10%	-10%	-11%

Tabla 168: Diferencia relativa porcentual entre las relaciones entre láminas y los datos originales.

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -26 y 7%.

Para la mayoría de los casos, los valores de diferencias relativas resultan negativas. Esto muestra que, en general, la curva obtenida a partir de la relación entre láminas da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, la mayoría resultan menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas. Sin embargo, este método resulta algo discontinuo, ya que no se puede obtener para cualquier período de retorno, esto depende de los datos de lluvia diaria existentes, por lo tanto, sigue siendo preferible la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

## f) Método de Ruhle:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]								
5	2%	2%	4%	6%	7%	8%	9%	11%	13%
10	2%	0%	-1%	-1%	0%	0%	0%	1%	1%
15	-4%	-6%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%	-7%	-7%
30	-11%	-12%	-12%	-11%	-10%	-10%	-10%	-9%	-8%
45	-14%	-15%	-15%	-15%	-14%	-14%	-13%	-12%	-12%
60	-15%	-17%	-17%	-16%	-16%	-15%	-15%	-14%	-14%
120	-20%	-21%	-21%	-20%	-19%	-19%	-19%	-18%	-17%
1440	-20%	-25%	-28%	-30%	-30%	-31%	-31%	-31%	-31%

Tabla 169: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Ruhle y los datos originales.

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -31 y 13%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones mayores e igual a 15. Esto muestra que para dichas duraciones la curva obtenida con el Método de Ruhle da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones menores e igual a 10 minutos. Esto muestra que para estas duraciones la curva obtenida con el Método de Devoto da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, se puede ver que para duraciones de entre 5 y 30 minutos la mayoría de las diferencias relativas porcentuales resultan menores al 10%, lo que no resulta significativo. Por el contrario, para duraciones mayores e igual a 45 minutos las diferencias resultan mayores al 10%, lo que sí resulta significativo.

En cuanto a los métodos anteriores, este resulta mejor que el Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados por Caamaño Nelli et al., que el método de Bell y que el método de Devoto, pero sigue siendo preferible la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

## g) Método de Sherman:

T [años]	2	3	5	10	15	20	25	50	100
d [min]	Diferencia relativa porcentual [%]								
5	-11%	-12%	-10%	-7%	-4%	-2%	0%	7%	14%
10	-1%	-4%	-5%	-4%	-2%	0%	1%	6%	12%
15	-1%	-5%	-6%	-6%	-4%	-3%	-2%	3%	8%
30	2%	-1%	-2%	-1%	1%	3%	4%	9%	16%
45	4%	0%	-2%	-1%	1%	2%	4%	9%	15%
60	5%	1%	-1%	0%	1%	2%	4%	8%	15%
120	6%	1%	-1%	-1%	0%	2%	3%	7%	13%
1440	17%	5%	-2%	-7%	-8%	-8%	-8%	-6%	-3%

Tabla 170: Diferencia relativa porcentual entre el Método de Sherman y los datos originales.

De la última tabla se observa que las diferencias relativas porcentuales entre ambas relaciones idT base varían entre -12 y 14%.

La mayoría de los valores de diferencias relativas negativas se dan para duraciones de entre 5 y 15 minutos, y para duraciones mayores a 1440 minutos. Esto muestra que para dicho período la curva obtenida con el Método de Sherman da valores inferiores de intensidad de lluvia que la curva original. Por el contrario, los valores de diferencias relativas positivas se dan para duraciones de entre 30 y 120 minutos. Esto muestra que para estos períodos la curva obtenida con el Método de Sherman da valores superiores de intensidad de lluvia que la curva original.

En síntesis, a pesar de las diferencias encontradas en las idT de las estaciones base, la mayoría resultan menores o iguales a 10%, por lo que en términos prácticos no resultan significativas.

En cuanto a los métodos anteriores, este resulta mejor que aquellos, pero sigue siendo preferible la aplicación del Modelo DIT a partir de los parámetros ajustados en este trabajo.

Como conclusión en relación a los distintos métodos comparados se puede observar que el mejor ajuste está dado por el Modelo DIT calibrado en este trabajo, podemos decir que esto se debe a que el mismo resulta, en este caso, del análisis de datos ajustados que provienen de datos originales.

Los métodos que arrojan valores extremos y las mayores diferencias son el método de Devoto y el método de Bell, el resto arroja valores más próximos a los originales con las diferencias mencionadas anteriormente.

El método de Devoto arroja para la mayoría de duraciones analizadas valores subestimados. Arrojando diferencias de hasta -6196%, por lo que este método quedaría totalmente descartado para aplicar en esta provincia.

El método de Bell sobreestima en todos los casos los valores originales, arrojando diferencias máximas de hasta 111%.

Puede concluirse entonces que siempre es más ventajoso usar el Modelo DIT calibrado a partir de datos originales, con la desventaja que estos datos son difíciles de conseguir.

Por ende, si estos datos no se consiguen se busca entonces digitalizar curvas idT existentes, o a partir de ecuaciones idT.

Por último, si no es posible llevar a cabo ninguna de las opciones mencionadas anteriormente, se recomienda entonces aplicar el método de Sherman.

### 3.3. Localización de las zonas que cuenta con los parámetros del Modelo DIT calibrados.

A continuación, en la Figura 52 se han ubicado todas las localizaciones donde hasta el día de hoy ya se han calibrado los parámetros del modelo DIT. En color amarillo se muestran aquellas ubicaciones donde dichos parámetros han sido ajustados por Caamaño Nelli et al., 2011 y en color rojo las localidades desarrolladas en este trabajo.



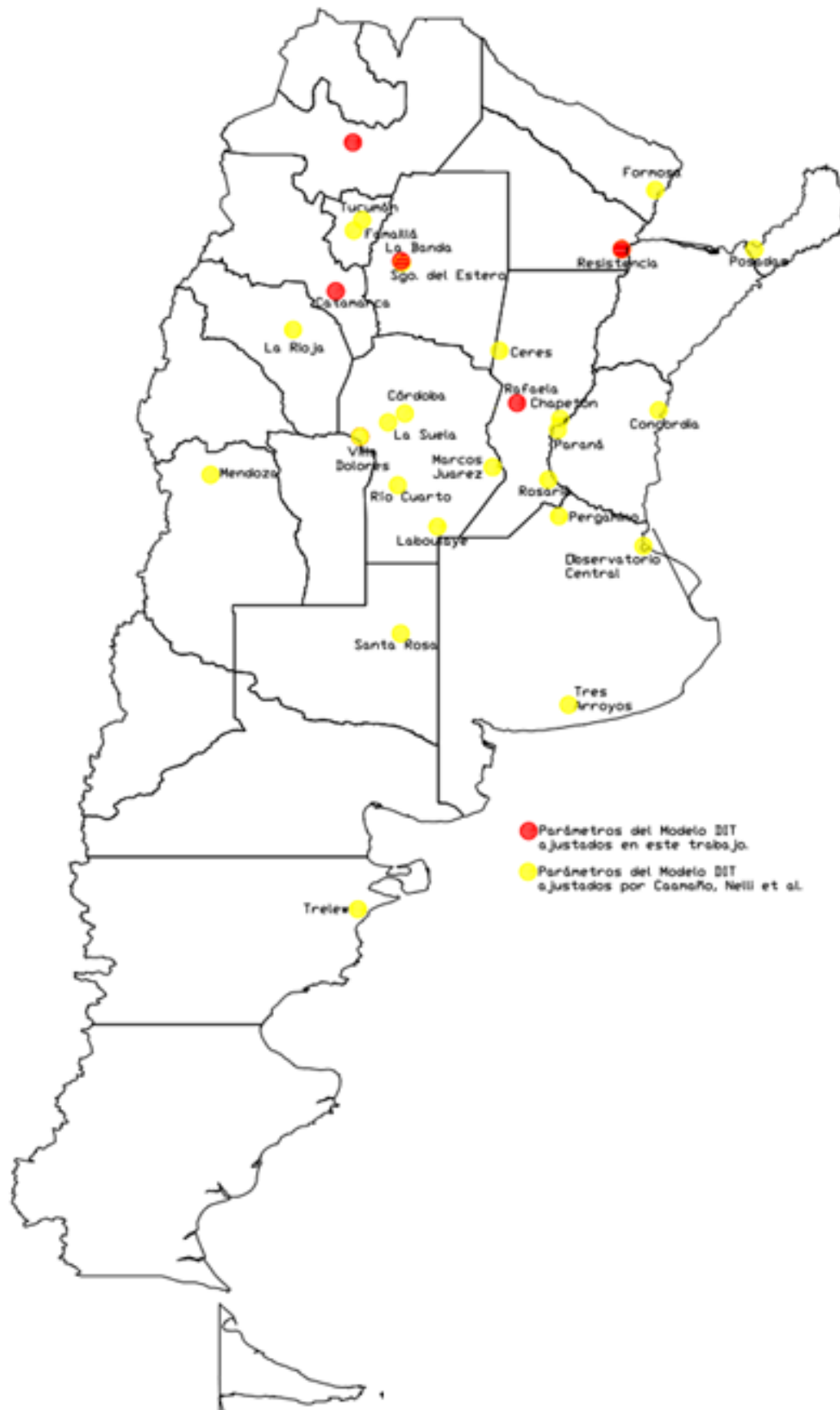


Figura 52: Ubicación de las localizaciones donde ya se han calibrado los parámetros del modelo DIT.

De esta última imagen puede verse que tanto el centro como el norte de nuestro país está bastante bien cubierto con estaciones pluviográficas. En esta zona estaría faltando contar con datos en las provincias de San Juan, San Luis, Corrientes y Jujuy.

Donde se observa mayor vacancia de datos es en la Patagonia, donde salvo la ciudad de Trelew no se conoce ninguna localización donde se cuenten con datos pluviográficos.

A futuro deberían recopilarse datos en estas zonas de vacancia para así ir mejorando el desarrollo del modelo DIT en toda la República Argentina.

## **4. Capítulo 4: Distribución temporal de la lámina de lluvia.**

### **4.1. Introducción**

Para la distribución temporal de la lámina de lluvia se aplicaron métodos que parten de la distribución patrón de la lámina de lluvia y métodos que parten de la función idT, explicados en la sección 1.3.2: Método de Hershfield, Método del SCS, Método de Wilken, Método de Huff, Método del Bloque Alterno y Método de Intensidad Instantánea.

Una vez obtenidos, los hietogramas tipo para diferentes duraciones aplicando los métodos mencionados, se realizó una comparación entre cada uno de estos.

### **4.2. Cálculo de hietogramas tipo**

#### **4.2.1. Metodologías de cálculo**

##### **4.2.1.1. Distribuciones patrón de la lámina de lluvia**

Como se mencionó anteriormente las distintas distribuciones patrón usadas en este trabajo son: la de Hershfield, SCS, Wilken y Huff. Al aplicar las mismas se calcularon los hietogramas tipo para duraciones de lluvia de 15, 30 y 60 minutos (con un intervalo de tiempo o ancho de bloque de 5 minutos), y duraciones de 90 y 120 minutos (con un intervalo de tiempo o ancho de bloque de 15 minutos).

##### **4.2.1.2. Método del Bloque Alterno (BA)**

Al aplicar este método se calcularon los hietogramas tipo para las mismas duraciones de lluvia que se utilizaron en el caso anterior: 15, 30 y 60 minutos (con un intervalo de

tiempo o ancho de bloque de 5 minutos), y 90 y 120 minutos (con un intervalo de tiempo o ancho de bloque de 15 minutos).

Se adoptó un tiempo al pico igual a la mitad de la duración total de la lluvia, por ser el caso supuestamente más probable y el que sin lugar a dudas genera una situación crítica en cuanto a la maximización del escurrimiento superficial.

Para cada una de estas duraciones se analizaron los hietogramas tipo para distintos períodos de retorno (10, 30, 50, 75 y 100 años), y se llegó a la importante conclusión que el hietograma tipo es independiente de la recurrencia (esto se demuestra únicamente para la localidad de Salta Capital, dado que para el resto resultaría análogo).

#### 4.2.1.3. Método de Intensidad Instantánea (II)

El método de intensidad instantánea se aplicó a las mismas duraciones que el método de bloque alterno (15, 30, 60, 90 y 120 minutos). Para 5 y 30 minutos se utilizó un intervalo de cálculo de 1, 2, 3 y 5 minutos, para 60 minutos los intervalos fueron de 3, 5 y 10 minutos, para 90 minutos fueron de 5, 10 y 15 minutos y finalmente para una duración de 120 minutos se utilizaron intervalos de 10, 15 y 30 minutos. Para cada uno de los casos luego se compararon los hietogramas obtenidos.

#### 4.2.2. Salta Capital, Salta.

Para esta localidad se demuestra a partir de un hietograma tipo obtenido por el método del Bloque Alterno para una duración de 15 minutos que, como se dijo anteriormente, el hietograma tipo es independiente de la recurrencia. Esto se puede observar en las siguientes tablas:

T=10 años	d (min)	d (hr)	i (mm/hr)	h(mm)	Delta h (mm)	%h
$\Delta t=5\text{min}$	5	0,083	130,5	10,9	10,9	49,02%
	10	0,167	103,9	17,3	6,4	29,02%
	15	0,250	88,74	22,2	4,9	21,96%

**Tabla 171: Porcentaje de la lámina de lluvia para una duración de 15 minutos y un período de retorno de 10 años.**

T=30 años	d (min)	d (hr)	i (mm/hr)	h(mm)	Delta h (mm)	%h
$\Delta t = 5\text{min}$	5	0,083	170,1	14,2	14,2	49,02%
	10	0,167	135,4	22,6	8,4	29,02%
	15	0,250	115,7	28,9	6,3	21,96%

Tabla 172: Porcentaje de la lámina de lluvia para una duración de 15 minutos y un período de retorno de 30 años.

T=50 años	d (min)	d (hr)	i (mm/hr)	h(mm)	Delta h (mm)	%h
$\Delta t = 5\text{min}$	5	0,083	188,9	15,7	15,7	49,02%
	10	0,167	150,4	25,1	9,3	29,02%
	15	0,250	128,4	32,1	7,0	21,96%

Tabla 173: Porcentaje de la lámina de lluvia para una duración de 15 minutos y un período de retorno de 50 años.

T=75 años	d (min)	d (hr)	i (mm/hr)	h(mm)	Delta h (mm)	%h
$\Delta t = 5\text{min}$	5	0,083	204,1	17,0	17,0	49,02%
	10	0,167	162,4	27,1	10,1	29,02%
	15	0,250	138,8	34,7	7,6	21,96%

Tabla 174: Porcentaje de la lámina de lluvia para una duración de 15 minutos y un período de retorno de 75 años.

T=100 años	d (min)	d (hr)	i (mm/hr)	h(mm)	Delta h (mm)	%h
$\Delta t = 5\text{min}$	5	0,083	215,0	17,9	17,9	49,02%
	10	0,167	171,1	28,5	10,6	29,02%
	15	0,250	146,2	36,5	8,0	21,96%

Tabla 175: Porcentaje de la lámina de lluvia para una duración de 15 minutos y un período de retorno de 100 años.

A continuación se presentan los hietogramas tipo obtenidos para las diferentes duraciones con los métodos de cálculo antes presentados y para cada una de ellas se presenta una tabla resumen con los principales resultados alcanzados:

- Duración de 15 minutos.

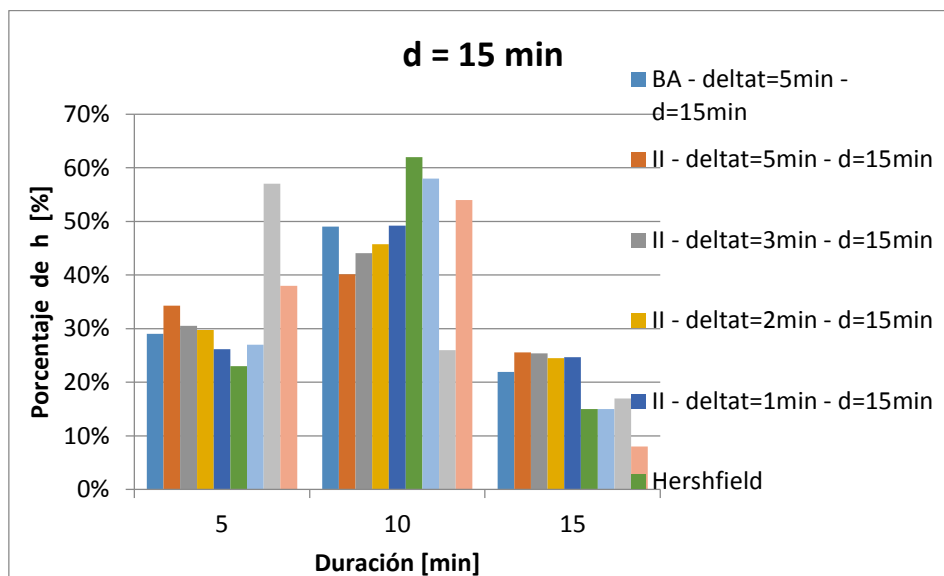


Figura 53: Hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.

% h	Método									Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II				Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$	$\Delta t = 2 \text{ min}$	$\Delta t = 1 \text{ min}$								
5 min	29%	34%	31%	30%	26%	23%	27%	57%	38%	23%	57%	33%	10%	
10 min	49%	40%	44%	46%	49%	62%	58%	26%	54%	26%	62%	48%	11%	
15 min	22%	26%	25%	25%	25%	15%	15%	17%	8%	8%	26%	20%	6%	

Tabla 176: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 15 minutos se observa que el único método en el cual el pico se da en el primer intervalo es Wilken. Al comparar los demás hietogramas (donde el pico se da en el segundo intervalo) se observa que las diferencias entre ellos son poco significativas, y en el caso de Hershfield es donde se alcanza el mayor pico (62% de la lámina total precipitada).

- o Duración de 30 minutos.

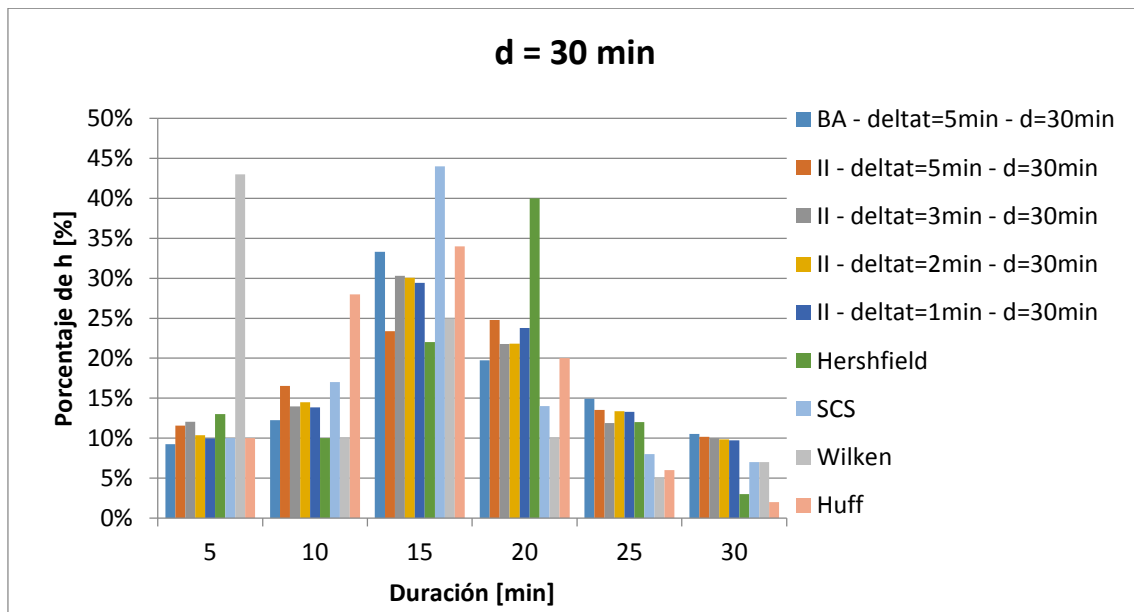


Figura 54: Hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.

% h	Método									Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II				Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$	$\Delta t = 2 \text{ min}$	$\Delta t = 1 \text{ min}$								
5 min	9%	12%	12%	10%	10%	13%	10%	43%	10%	9%	43%	14%	11%	
10 min	12%	17%	14%	15%	14%	10%	17%	10%	28%	10%	28%	15%	5%	
15 min	33%	23%	30%	30%	29%	22%	44%	25%	34%	22%	44%	30%	7%	
20 min	20%	25%	22%	22%	24%	40%	14%	10%	20%	10%	40%	22%	8%	
25 min	15%	14%	12%	13%	13%	12%	8%	5%	6%	5%	15%	11%	4%	
30 min	11%	10%	10%	10%	10%	3%	7%	7%	2%	2%	11%	8%	3%	

Tabla 177: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 30 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 5, 15 y 20 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 5 minutos las mayores láminas se dan en el método de Wilken, para el de 15 minutos para el método de SCS, y para 20 minutos se da para el de Hershfield.

- Duración de 60 minutos.

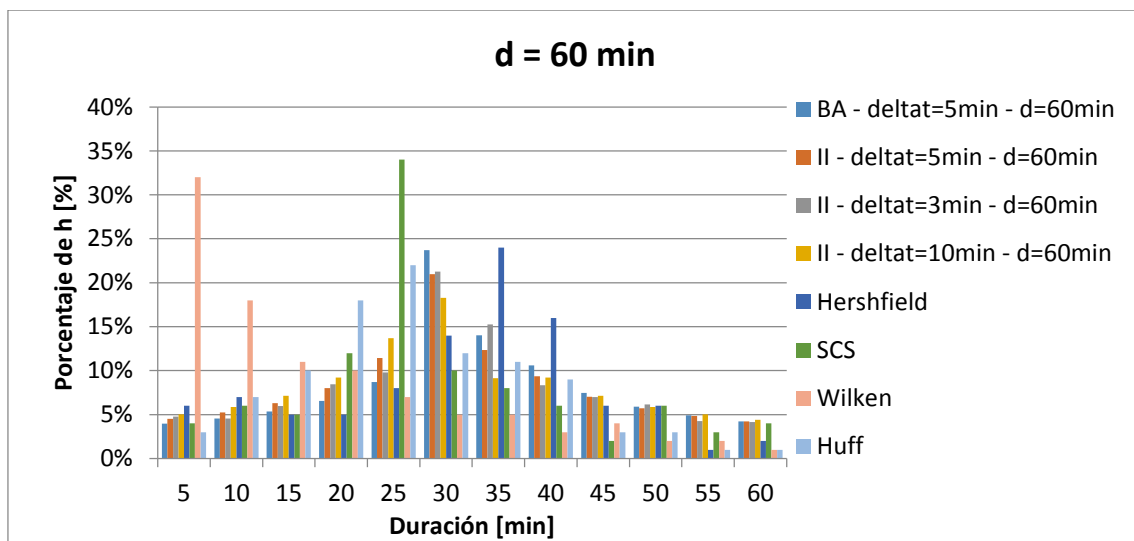


Figura 55: Hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío
	Duración	BA	II		Hershfield	SCS	Wilken	Huff				
$\Delta t = 10 \text{ min}$			$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$								
5 min	4%	5%	5%	5%	6%	4%	32%	3%	3%	32%	8%	10%
10 min	5%	6%	5%	5%	7%	6%	18%	7%	5%	18%	7%	4%
15 min	5%	7%	6%	6%	5%	5%	11%	10%	5%	11%	7%	2%
20 min	7%	9%	8%	8%	5%	12%	10%	18%	5%	18%	10%	4%
25 min	9%	14%	11%	10%	8%	34%	7%	22%	7%	34%	14%	9%
30 min	24%	18%	21%	21%	14%	10%	5%	12%	5%	24%	16%	6%
35 min	14%	9%	12%	15%	24%	8%	5%	11%	5%	24%	12%	6%
40 min	11%	9%	9%	8%	16%	6%	3%	9%	3%	16%	9%	4%
45 min	7%	7%	7%	7%	6%	2%	4%	3%	2%	7%	5%	2%
50 min	6%	6%	6%	6%	6%	6%	2%	3%	2%	6%	5%	2%
55 min	5%	5%	5%	4%	1%	3%	2%	1%	1%	5%	3%	2%
60 min	4%	4%	4%	4%	2%	4%	1%	1%	1%	4%	3%	2%

Tabla 178: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 60 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 5, 25, 30 y 35 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 5 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 25 minutos se dan para el método de SCS, para el intervalo de 30 minutos las mayores láminas se dan para el método de BA, mientras que para 35 se da para el método de Hershfield.

- Duración de 90 minutos.

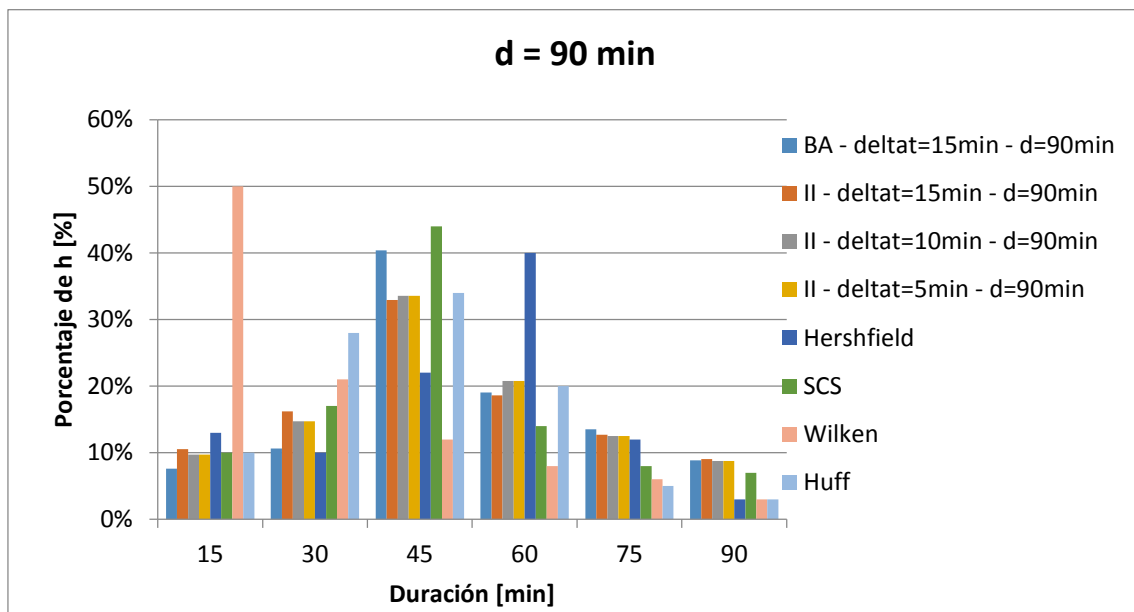


Figura 56: Hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío
Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken	Huff				
		$\Delta t = 15 \text{ min}$	$\Delta t = 10 \text{ min}$	$\Delta t = 5 \text{ min}$								
15 min	8%	11%	10%	9%	13%	10%	50%	10%	8%	50%	15%	14%
30 min	11%	16%	15%	13%	10%	17%	21%	28%	10%	28%	16%	6%
45 min	40%	33%	34%	33%	22%	44%	12%	34%	12%	44%	32%	10%
60 min	19%	19%	21%	24%	40%	14%	8%	20%	8%	40%	21%	9%
75 min	13%	13%	12%	12%	12%	8%	6%	5%	5%	13%	10%	3%
90 min	9%	9%	9%	8%	3%	7%	3%	3%	3%	9%	6%	3%

Tabla 179: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 90 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se



observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 15, 30, 45 y 60 minutos (intervalos iniciales e intermedios): para el intervalo de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 30 minutos se dan para el método de Huff, para el de tiempo de 45 minutos se dan para el método de SCS, mientras que para 60 minutos las mayores láminas se dan para el método de Hershfield.

- Duración de 120 minutos.

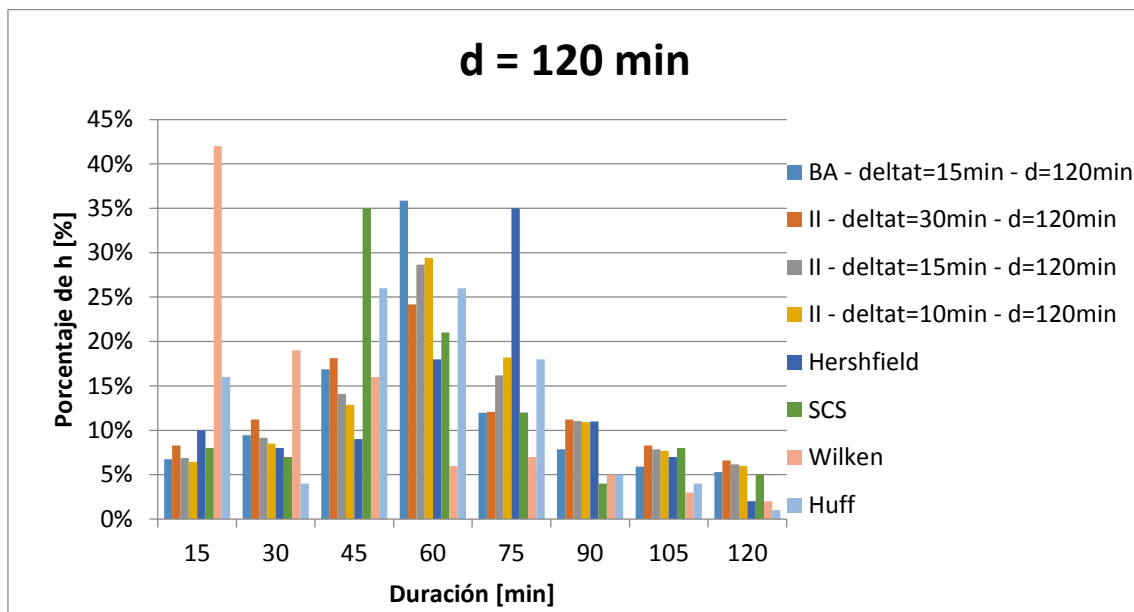


Figura 57: Hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 30 \text{ min}$	$\Delta t = 15 \text{ min}$	$\Delta t = 10 \text{ min}$								
15 min	7%	8%	7%	6%	10%	8%	42%	16%	6%	42%	13%	12%	
30 min	9%	11%	9%	9%	8%	7%	19%	4%	4%	19%	10%	4%	
45 min	17%	18%	14%	13%	9%	35%	16%	26%	9%	35%	18%	8%	
60 min	36%	24%	29%	29%	18%	21%	6%	26%	6%	36%	24%	9%	
75 min	12%	12%	16%	18%	35%	12%	7%	18%	7%	35%	16%	8%	
90 min	8%	11%	11%	11%	11%	4%	5%	5%	4%	11%	8%	3%	
105 min	6%	8%	8%	8%	7%	8%	3%	4%	3%	8%	6%	2%	
120 min	5%	7%	6%	6%	2%	5%	2%	1%	1%	7%	4%	2%	

Tabla 180: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 120 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien

se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 15, 45, 60 y 75 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 45 minutos se dan para el método de SCS, para el intervalo de 60 minutos las mayores láminas se dan para el método de BA, mientras que para 75 se dan para el método de Hershfield.

#### 4.2.3. La Banda, Santiago del Estero.

A continuación se presentan los hietogramas tipo obtenidos para las diferentes duraciones con ambos métodos de cálculo y para cada una de ellas se presenta una tabla resumen con los principales resultados alcanzados:

- Duración de 15 minutos.

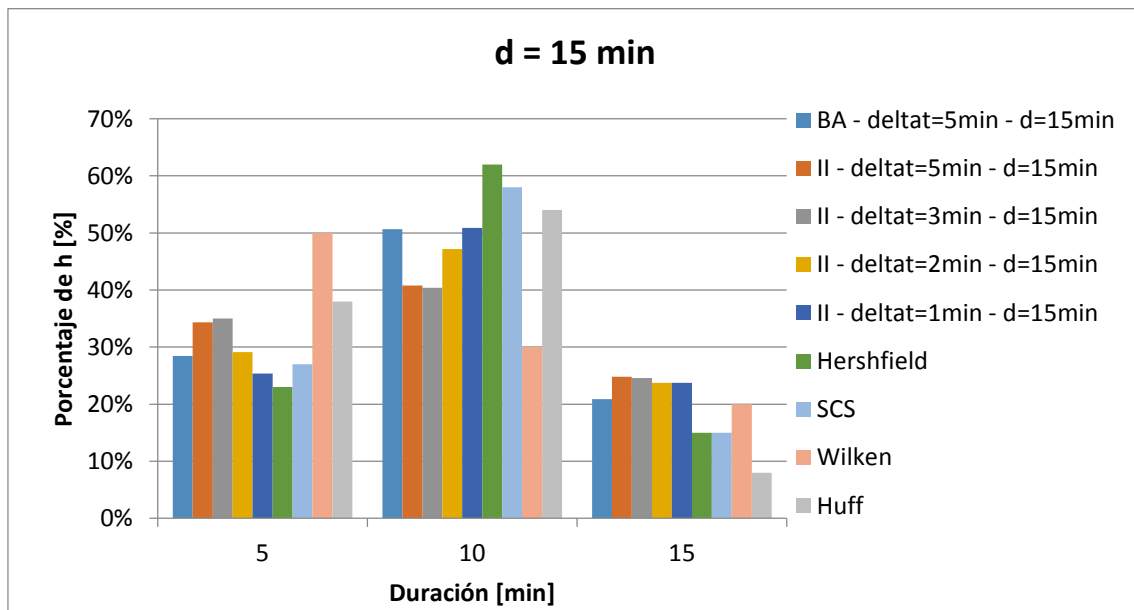


Figura 58: Hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.

% h	Método									Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II				Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$	$\Delta t = 2 \text{ min}$	$\Delta t = 1 \text{ min}$								
5 min	28%	34%	35%	29%	25%	23%	27%	50%	38%	23%	50%	32%	8%	
10 min	51%	41%	40%	47%	51%	62%	58%	30%	54%	30%	62%	48%	10%	
15 min	21%	25%	25%	24%	24%	15%	15%	20%	8%	8%	25%	20%	6%	

Tabla 181: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 15 minutos se observa que el único método en el cual el pico se da en el primer intervalo es Wilken. Al comparar los demás hietogramas (donde el pico se da en el segundo intervalo) se observa que las diferencias entre ellos son poco significativas, y en el caso de Hershfield es donde se alcanza el mayor pico (62% de la lámina total precipitada)

- Duración de 30 minutos.

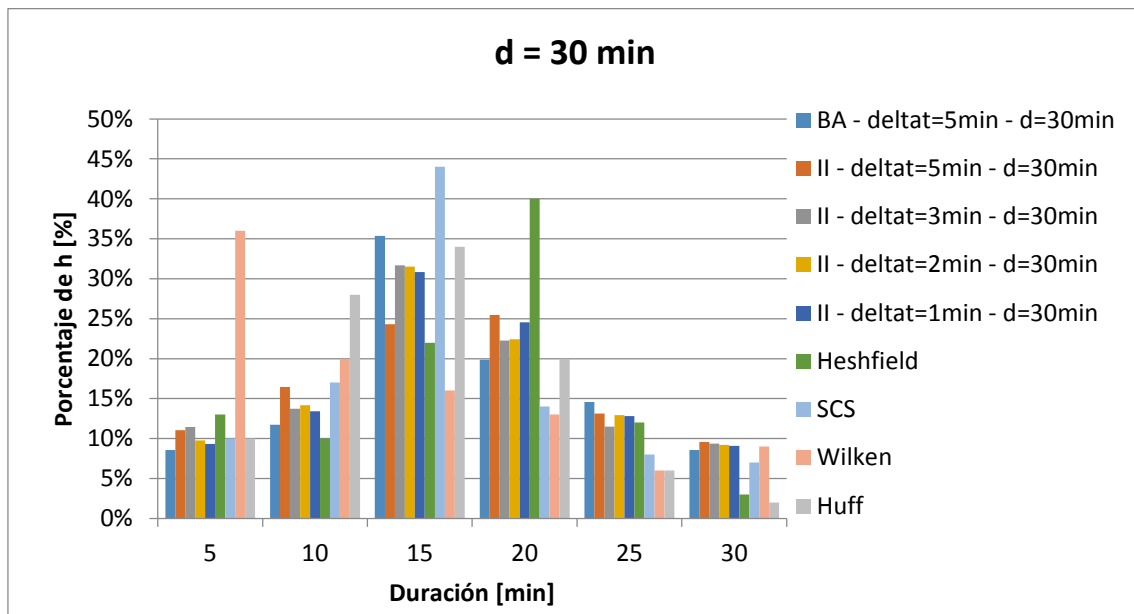


Figura 59: Hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.

% h	Método									Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II				Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$	$\Delta t = 2 \text{ min}$	$\Delta t = 1 \text{ min}$								
5 min	9%	11%	11%	10%	9%	13%	10%	36%	10%	9%	36%	13%	9%	
10 min	12%	16%	14%	14%	13%	10%	17%	20%	28%	10%	28%	16%	5%	
15 min	35%	24%	32%	32%	31%	22%	44%	16%	34%	16%	44%	30%	8%	
20 min	20%	25%	22%	22%	25%	40%	14%	13%	20%	13%	40%	22%	8%	
25 min	15%	13%	11%	13%	13%	12%	8%	6%	6%	6%	15%	11%	3%	
30 min	9%	10%	9%	9%	9%	3%	7%	9%	2%	2%	10%	7%	3%	

Tabla 182: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 30 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 5, 15 y 20 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 5 minutos las mayores láminas se dan

para el método de Wilken, para el de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de SCS, mientras que para 20 se da para el método de Hershfield.

- Duración de 60 minutos.

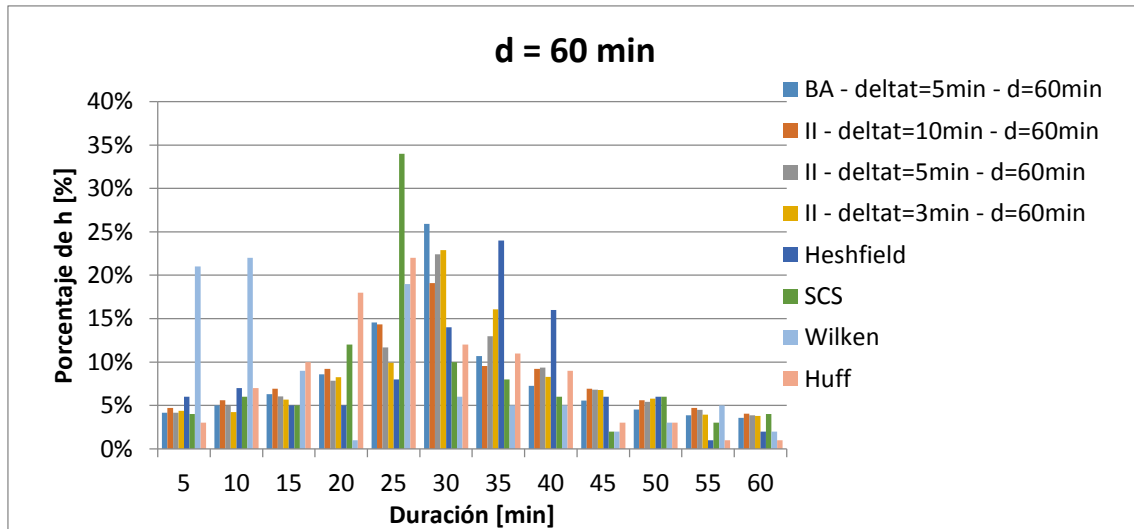


Figura 60: Hietogramas tipo para una duración de 60 minutos

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 10 \text{ min}$	$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$								
5 min	4%	5%	4%	4%	6%	4%	21%	3%	3%	21%	6%	6%	
10 min	5%	6%	5%	4%	7%	6%	22%	7%	4%	22%	8%	6%	
15 min	6%	7%	6%	6%	5%	5%	9%	10%	5%	10%	7%	2%	
20 min	9%	9%	8%	8%	5%	12%	1%	18%	1%	18%	9%	5%	
25 min	15%	14%	12%	10%	8%	34%	19%	22%	8%	34%	17%	8%	
30 min	26%	19%	22%	23%	14%	10%	6%	12%	6%	26%	17%	7%	
35 min	11%	10%	13%	16%	24%	8%	5%	11%	5%	24%	12%	6%	
40 min	7%	9%	9%	8%	16%	6%	5%	9%	5%	16%	9%	3%	
45 min	6%	7%	7%	7%	6%	2%	2%	3%	2%	7%	5%	2%	
50 min	5%	6%	5%	6%	6%	6%	3%	3%	3%	6%	5%	1%	
55 min	4%	5%	5%	4%	1%	3%	5%	1%	1%	5%	3%	2%	
60 min	4%	4%	4%	4%	2%	4%	2%	1%	1%	4%	3%	1%	

Tabla 183: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 60 minutos

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 60 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 5, 10, 25, 30 y 35 minutos (intervalos iniciales e intervalos intermedios): para los intervalos de 5 y 10 minutos las mayores

láminas se dan para el método de Wilken, para el de 25 minutos se dan para el método de SCS, para el intervalo de 30 minutos las mayores láminas se dan para el método de BA, mientras que para 35 se da para el método de Hershfield.

- Duración de 90 minutos.

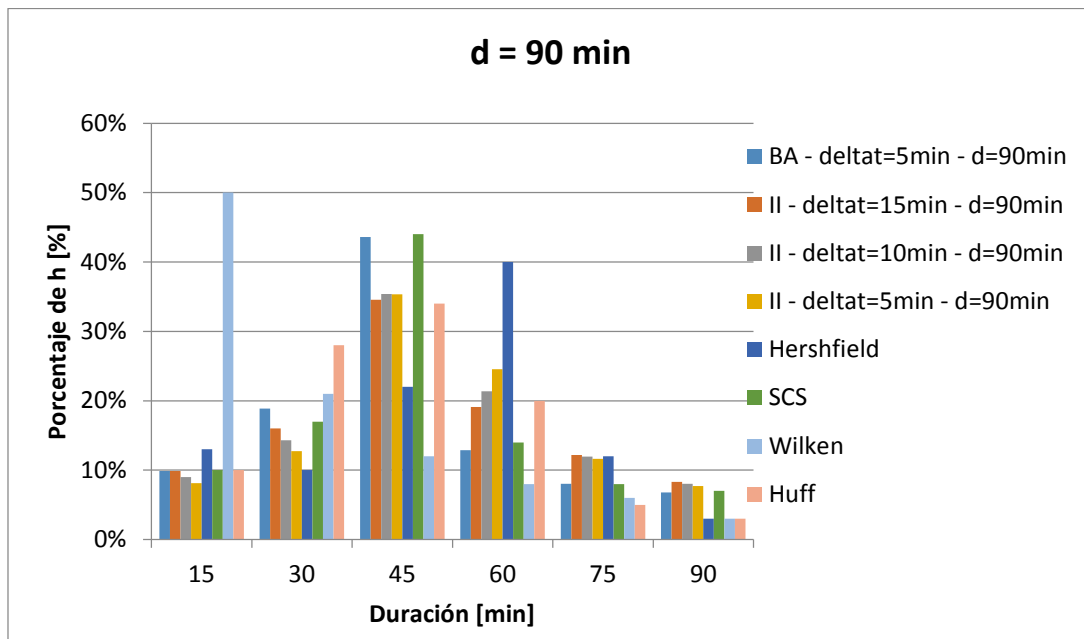


Figura 61: Hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 15 \text{ min}$	$\Delta t = 10 \text{ min}$	$\Delta t = 5 \text{ min}$								
15 min	10%	10%	9%	8%	13%	10%	50%	10%	8%	50%	15%	14%	
30 min	19%	16%	14%	13%	10%	17%	21%	28%	10%	28%	17%	6%	
45 min	44%	35%	35%	35%	22%	44%	12%	34%	12%	44%	33%	11%	
60 min	13%	19%	21%	25%	40%	14%	8%	20%	8%	40%	20%	10%	
75 min	8%	12%	12%	12%	12%	8%	6%	5%	5%	12%	9%	3%	
90 min	7%	8%	8%	8%	3%	7%	3%	3%	3%	8%	6%	2%	

Tabla 184: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 90 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 15, 30, 45 y 60 minutos (intervalos iniciales e intervalos intermedios): para el intervalo de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 30 minutos se dan para el método de Huff, para

el de tiempo de 45 minutos se dan para el método de SCS, mientras que para 60 minutos las mayores láminas se dan para el método de Hershfield.

- Duración de 120 minutos.

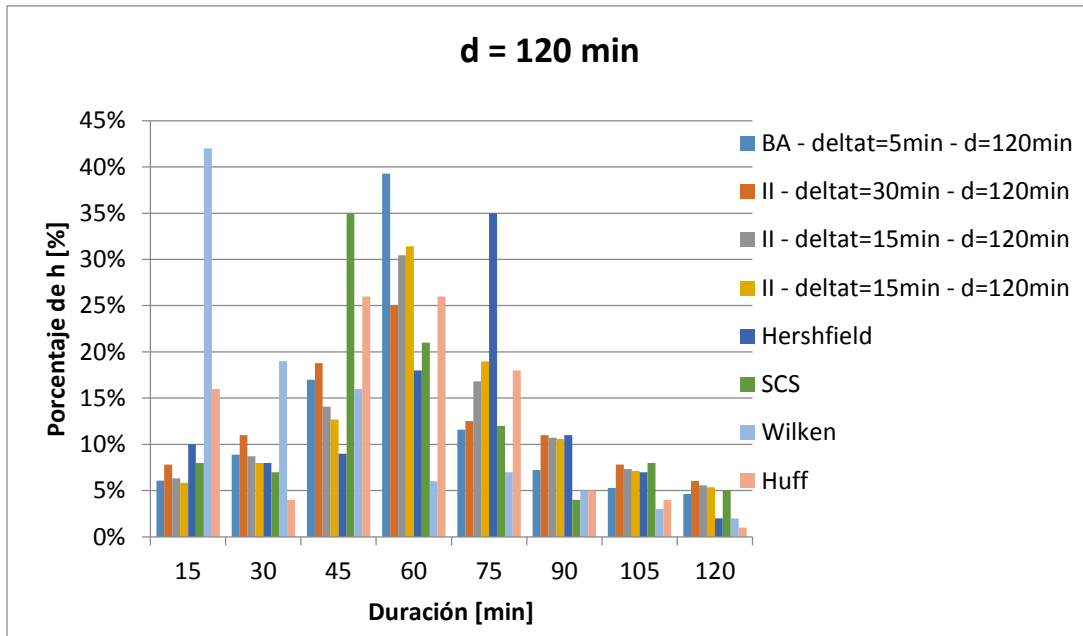


Figura 62: Hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 30 \text{ min}$	$\Delta t = 15 \text{ min}$	$\Delta t = 10 \text{ min}$								
15 min	6%	8%	6%	6%	10%	8%	42%	16%	6%	42%	13%	12%	
30 min	9%	11%	9%	8%	8%	7%	19%	4%	4%	19%	9%	4%	
45 min	17%	19%	14%	13%	9%	35%	16%	26%	9%	35%	19%	8%	
60 min	39%	25%	30%	31%	18%	21%	6%	26%	6%	39%	25%	10%	
75 min	12%	13%	17%	19%	35%	12%	7%	18%	7%	35%	16%	8%	
90 min	7%	11%	11%	11%	11%	4%	5%	5%	4%	11%	8%	3%	
105 min	5%	8%	7%	7%	7%	8%	3%	4%	3%	8%	6%	2%	
120 min	5%	6%	6%	5%	2%	5%	2%	1%	1%	6%	4%	2%	

Tabla 185: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 120 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 15, 45, 60 y 75 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 45 minutos se dan para el método de SCS, para el

intervalo de 60 minutos las mayores láminas se dan para el método de BA, mientras que para 75 se dan para el método de Hershfield.

4.2.4. Resistencia, Chaco.

A continuación se presentan los hietogramas tipo obtenidos para las diferentes duraciones con ambos métodos de cálculo y para cada una de ellas se presenta una tabla resumen con los principales resultados alcanzados:

- Duración de 15 minutos.

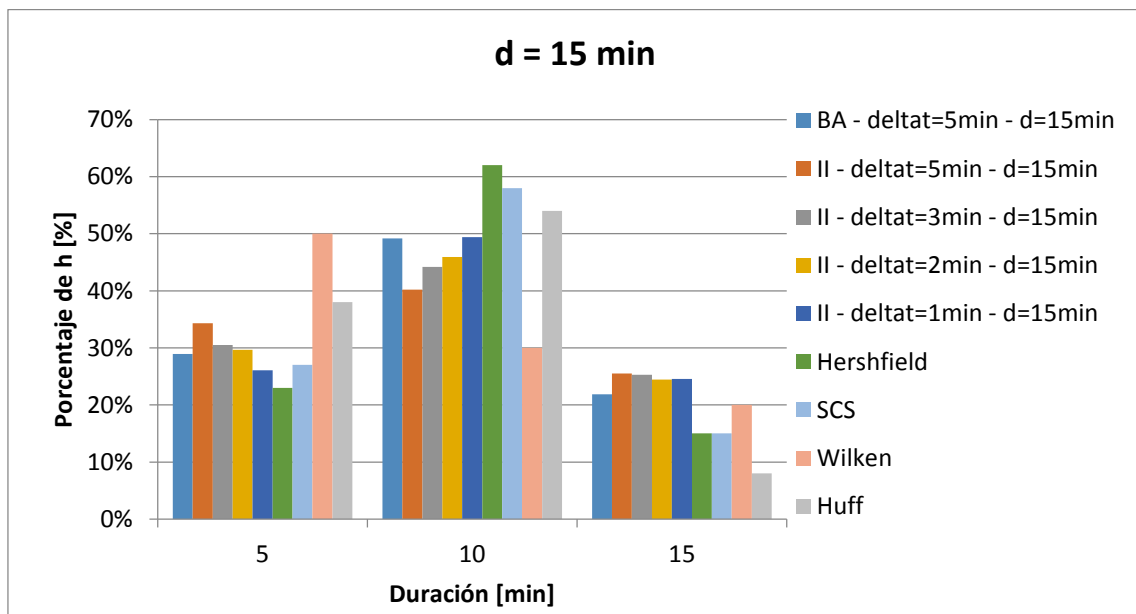


Figura 63: Hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.

% h	Método									Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II				Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$	$\Delta t = 2 \text{ min}$	$\Delta t = 1 \text{ min}$								
5 min	29%	34%	31%	30%	26%	23%	27%	50%	38%	23%	50%	32%	8%	
10 min	49%	40%	44%	46%	49%	62%	58%	30%	54%	30%	62%	48%	10%	
15 min	22%	25%	25%	24%	25%	15%	15%	20%	8%	8%	25%	20%	6%	

Tabla 186: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 15 minutos se observa que el único método en el cual el pico se da en el primer intervalo es Wilken. Al comparar los demás hietogramas (donde el pico se da en el segundo intervalo) se observa que

las diferencias entre ellos son poco significativas, y en el caso de Hershfield es donde se alcanza el mayor pico (62% de la lámina total precipitada)

- Duración de 30 minutos.

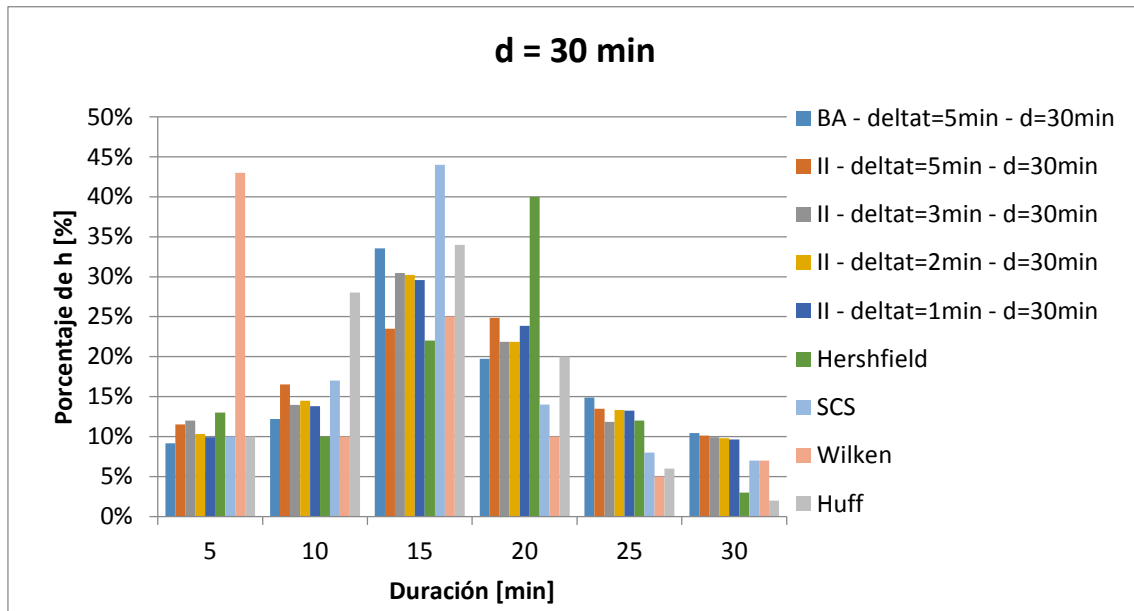


Figura 64: Hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.

% h	Método									Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II				Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$	$\Delta t = 2 \text{ min}$	$\Delta t = 1 \text{ min}$								
5 min	9%	12%	12%	10%	10%	13%	10%	43%	10%	9%	43%	14%	11%	
10 min	12%	17%	14%	14%	14%	10%	17%	10%	28%	10%	28%	15%	5%	
15 min	34%	23%	30%	30%	30%	22%	44%	25%	34%	22%	44%	30%	7%	
20 min	20%	25%	22%	22%	24%	40%	14%	10%	20%	10%	40%	22%	8%	
25 min	15%	13%	12%	13%	13%	12%	8%	5%	6%	5%	15%	11%	4%	
30 min	10%	10%	10%	10%	10%	3%	7%	7%	2%	2%	10%	8%	3%	

Tabla 187: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 30 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 5, 15 y 20 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 5 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de SCS, mientras que para 20 se da para el método de Hershfield.



- Duración de 60 minutos.

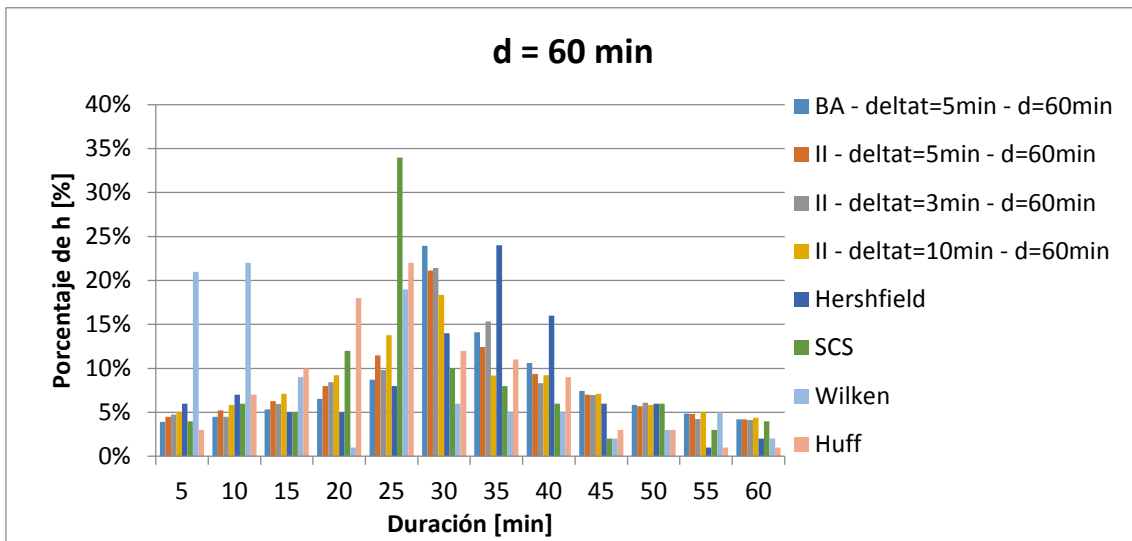


Figura 65: Hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 10 \text{ min}$	$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$								
5 min	4%	5%	4%	5%	6%	4%	21%	3%	3%	21%	7%	6%	
10 min	5%	6%	5%	5%	7%	6%	22%	7%	5%	22%	8%	6%	
15 min	5%	7%	6%	6%	5%	5%	9%	10%	5%	10%	7%	2%	
20 min	7%	9%	8%	8%	5%	12%	1%	18%	1%	18%	9%	5%	
25 min	9%	14%	11%	10%	8%	34%	19%	22%	8%	34%	16%	9%	
30 min	24%	18%	21%	21%	14%	10%	6%	12%	6%	24%	16%	6%	
35 min	14%	9%	12%	15%	24%	8%	5%	11%	5%	24%	12%	6%	
40 min	11%	9%	9%	8%	16%	6%	5%	9%	5%	16%	9%	3%	
45 min	7%	7%	7%	7%	6%	2%	2%	3%	2%	7%	5%	2%	
50 min	6%	6%	6%	6%	6%	6%	3%	3%	3%	6%	5%	1%	
55 min	5%	5%	5%	4%	1%	3%	5%	1%	1%	5%	4%	2%	
60 min	4%	4%	4%	4%	2%	4%	2%	1%	1%	4%	3%	1%	

Tabla 188: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 60 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 5, 10, 25, 30 y 35 minutos (intervalos iniciales e intervalos intermedios): para los intervalos de 5 y 10 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 25 minutos se dan para el método de SCS, para el intervalo de 30 minutos las mayores láminas se dan para el método de BA, mientras que para 35 se da para el método de Hershfield.

- Duración de 90 minutos.

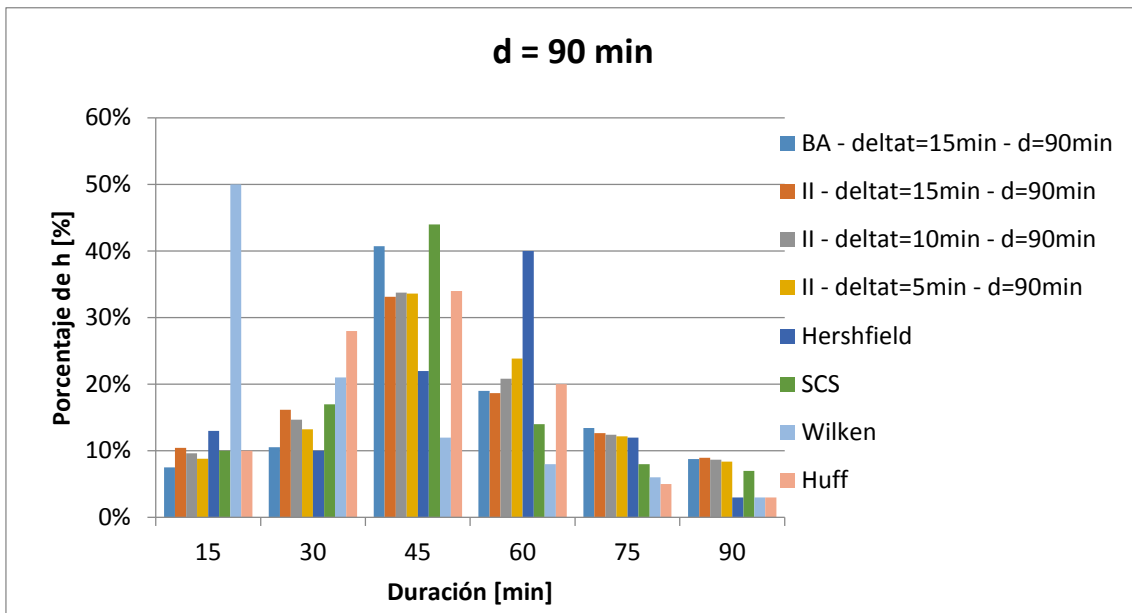


Figura 66: Hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 15 \text{ min}$	$\Delta t = 10 \text{ min}$	$\Delta t = 5 \text{ min}$								
15 min	8%	10%	10%	9%	13%	10%	50%	10%	8%	50%	15%	14%	
30 min	11%	16%	15%	13%	10%	17%	21%	28%	10%	28%	16%	6%	
45 min	41%	33%	34%	34%	22%	44%	12%	34%	12%	44%	32%	10%	
60 min	19%	19%	21%	24%	40%	14%	8%	20%	8%	40%	21%	9%	
75 min	13%	13%	12%	12%	12%	8%	6%	5%	5%	13%	10%	3%	
90 min	9%	9%	9%	8%	3%	7%	3%	3%	3%	9%	6%	3%	

Tabla 189: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 90 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 15, 30, 45 y 60 minutos (intervalos iniciales e intervalos intermedios): para el intervalo de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 30 minutos se dan para el método de Huff, para el de tiempo de 45 minutos se dan para el método de SCS, mientras que para 60 minutos las mayores láminas se dan para el método de Hershfield.

- Duración de 120 minutos.

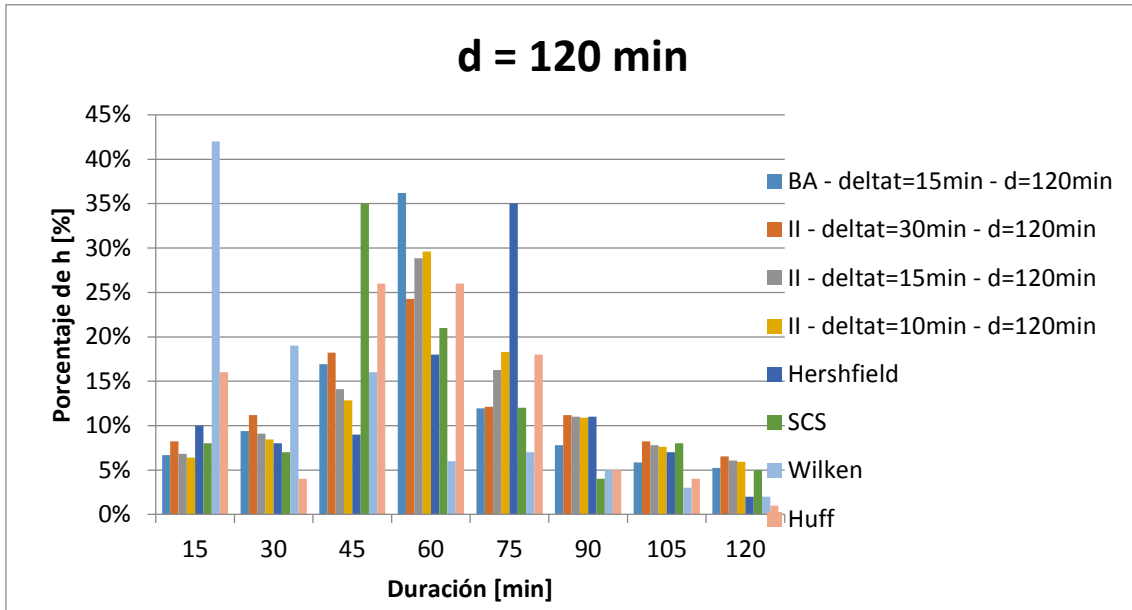


Figura 67: Hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 30 \text{ min}$	$\Delta t = 15 \text{ min}$	$\Delta t = 10 \text{ min}$								
15 min	7%	8%	7%	6%	10%	8%	42%	16%	6%	42%	13%	12%	
30 min	9%	11%	9%	8%	8%	7%	19%	4%	4%	19%	10%	4%	
45 min	17%	18%	14%	13%	9%	35%	16%	26%	9%	35%	19%	8%	
60 min	36%	24%	29%	30%	18%	21%	6%	26%	6%	36%	24%	9%	
75 min	12%	12%	16%	18%	35%	12%	7%	18%	7%	35%	16%	8%	
90 min	8%	11%	11%	11%	11%	4%	5%	5%	4%	11%	8%	3%	
105 min	6%	8%	8%	8%	7%	8%	3%	4%	3%	8%	6%	2%	
120 min	5%	7%	6%	6%	2%	5%	2%	1%	1%	7%	4%	2%	

Tabla 190: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 120 minutos

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 120 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 15, 45, 60 y 75 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 45 minutos se dan para el método de SCS, para el intervalo de 60 minutos las mayores láminas se dan para el método de BA, mientras que para 75 se dan para el método de Hershfield.

4.2.5. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca

A continuación se presentan los hietogramas tipo obtenidos para las diferentes duraciones con ambos métodos de cálculo y para cada una de ellas se presenta una tabla resumen con los principales resultados alcanzados:

- Duración de 15 minutos.

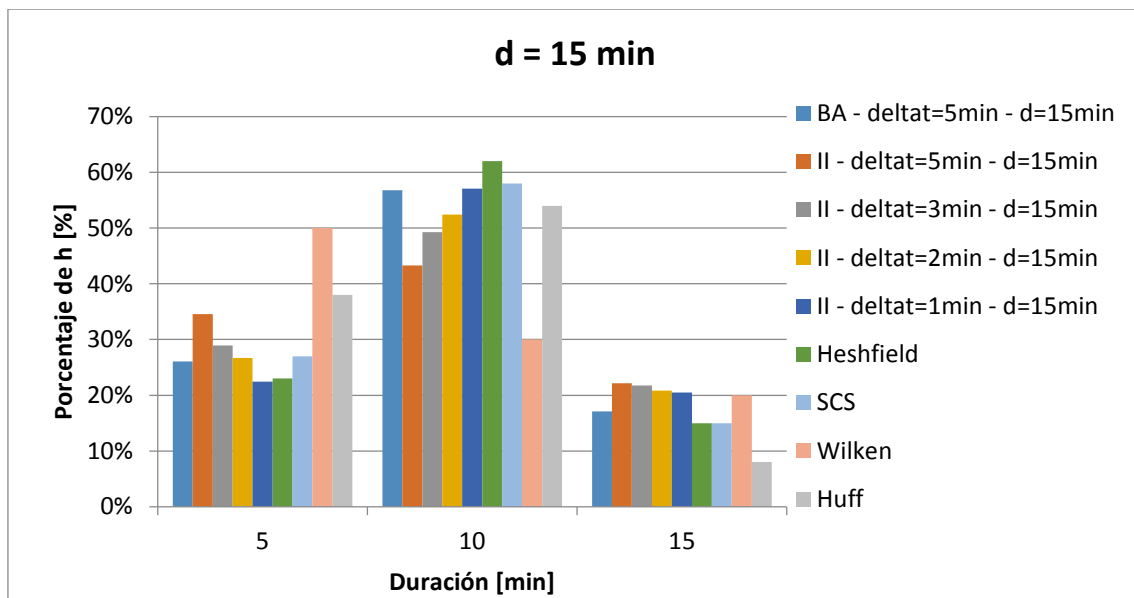


Figura 68: Hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.

% h	Método									Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II				Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$	$\Delta t = 2 \text{ min}$	$\Delta t = 1 \text{ min}$								
5 min	26%	35%	29%	27%	22%	23%	27%	50%	38%	22%	50%	31%	9%	
10 min	57%	43%	49%	52%	57%	62%	58%	30%	54%	30%	62%	51%	10%	
15 min	17%	22%	22%	21%	20%	15%	15%	20%	8%	8%	22%	18%	5%	

Tabla 191: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 15 minutos se observa que el único método en el cual el pico se da en el primer intervalo es Wilken. Al comparar los demás hietogramas (donde el pico se da en el segundo intervalo) se observa que las diferencias entre ellos son poco significativas, y en el caso de Hershfield es donde se alcanza el mayor pico (62% de la lámina total precipitada).

- Duración de 30 minutos.

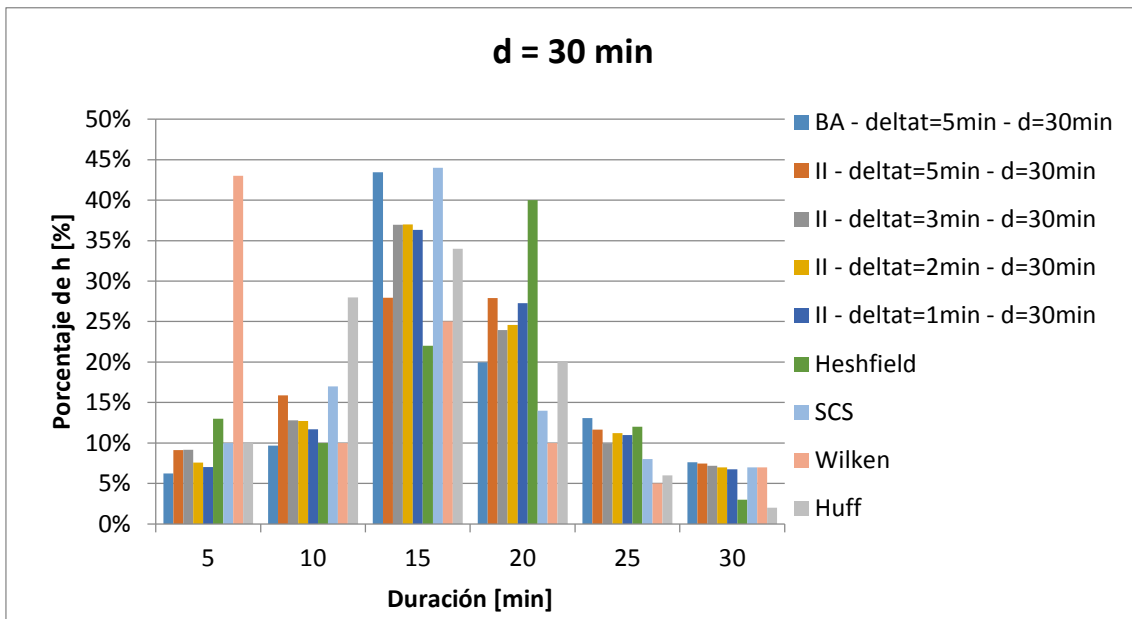


Figura 69: Hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.

% h	Método									Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II				Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$	$\Delta t = 2 \text{ min}$	$\Delta t = 1 \text{ min}$								
5 min	6%	9%	9%	8%	7%	13%	10%	43%	10%	6%	43%	13%	12%	
10 min	10%	16%	13%	13%	12%	10%	17%	10%	28%	10%	28%	14%	6%	
15 min	43%	28%	37%	37%	36%	22%	44%	25%	34%	22%	44%	34%	8%	
20 min	20%	28%	24%	25%	27%	40%	14%	10%	20%	10%	40%	23%	9%	
25 min	13%	12%	10%	11%	11%	12%	8%	5%	6%	5%	13%	10%	3%	
30 min	8%	7%	7%	7%	7%	3%	7%	7%	2%	2%	8%	6%	2%	

Tabla 192: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 30 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 5, 10, 15 y 20 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 5 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 10 minutos se dan para el método de Huff, para el intervalo de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de SCS, mientras que para 20 se da para el método de Hershfield.

- Duración de 60 minutos.

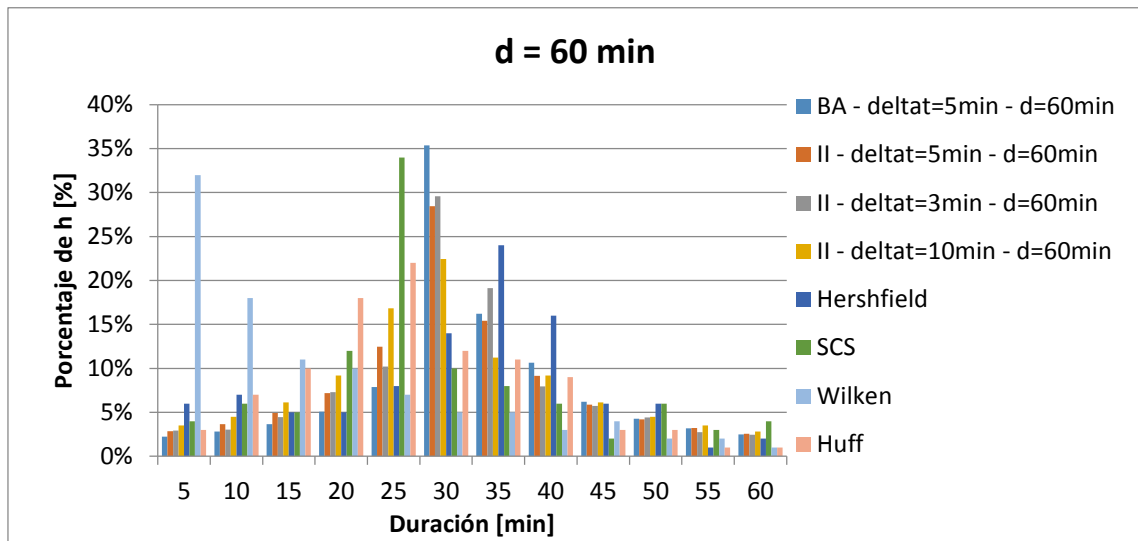


Figura 70: Hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 10 \text{ min}$	$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$								
5 min	2%	3%	3%	3%	6%	4%	32%	3%	2%	32%	7%	10%	
10 min	3%	5%	4%	3%	7%	6%	18%	7%	3%	18%	7%	5%	
15 min	4%	6%	5%	4%	5%	5%	11%	10%	4%	11%	6%	3%	
20 min	5%	9%	7%	7%	5%	12%	10%	18%	5%	18%	9%	4%	
25 min	8%	17%	12%	10%	8%	34%	7%	22%	7%	34%	15%	9%	
30 min	35%	22%	28%	30%	14%	10%	5%	12%	5%	35%	20%	11%	
35 min	16%	11%	15%	19%	24%	8%	5%	11%	5%	24%	14%	6%	
40 min	11%	9%	9%	8%	16%	6%	3%	9%	3%	16%	9%	4%	
45 min	6%	6%	6%	6%	6%	2%	4%	3%	2%	6%	5%	2%	
50 min	4%	5%	4%	4%	6%	6%	2%	3%	2%	6%	4%	1%	
55 min	3%	3%	3%	3%	1%	3%	2%	1%	1%	3%	2%	1%	
60 min	2%	3%	3%	2%	2%	4%	1%	1%	1%	4%	2%	1%	

Tabla 193: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 60 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 5, 25, 30 y 35 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 5 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 25 minutos se dan para el método de SCS, para el intervalo de 30 minutos las mayores láminas se dan para el método de BA, mientras que para 35 se da para el método de Hershfield.

- Duración de 90 minutos.

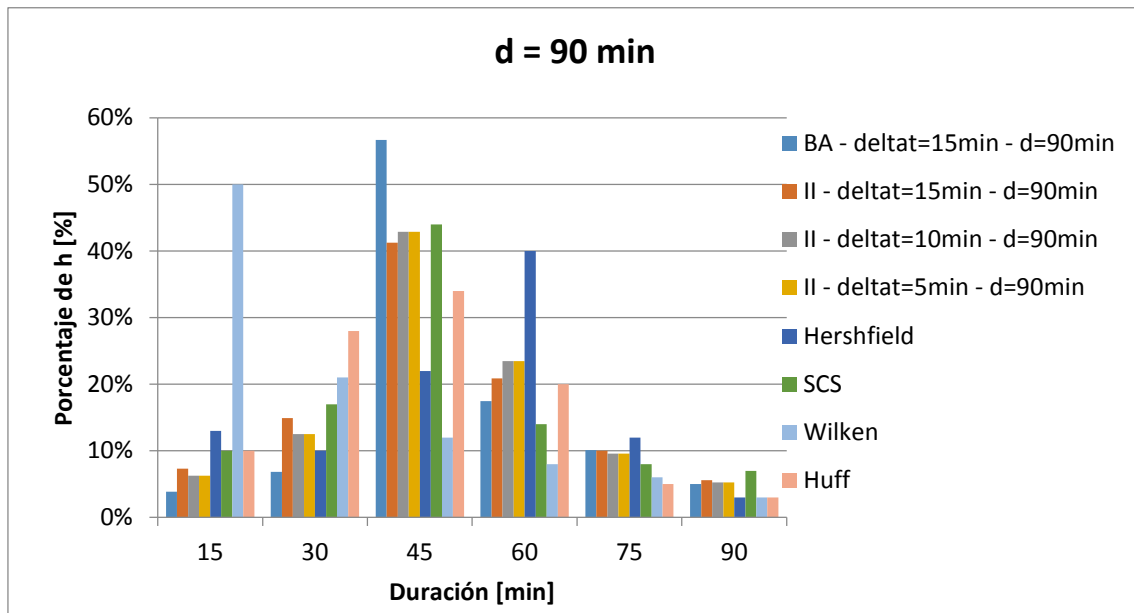


Figura 71: Hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken				
$\Delta t = 15 \text{ min}$			$\Delta t = 10 \text{ min}$	$\Delta t = 5 \text{ min}$								
15 min	4%	7%	6%	5%	13%	10%	50%	10%	4%	50%	13%	15%
30 min	7%	15%	13%	10%	10%	17%	21%	28%	7%	28%	15%	7%
45 min	57%	41%	43%	43%	22%	44%	12%	34%	12%	57%	37%	14%
60 min	17%	21%	23%	27%	40%	14%	8%	20%	8%	40%	21%	10%
75 min	10%	10%	10%	9%	12%	8%	6%	5%	5%	12%	9%	2%
90 min	5%	6%	5%	5%	3%	7%	3%	3%	3%	7%	5%	1%

Tabla 194: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 90 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 15, 30, 45 y 60 minutos (intervalos iniciales e intervalos intermedios): para el intervalo de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 30 minutos se dan para el método de Huff, para el de tiempo de 45 minutos se dan para el método de SCS, mientras que para 60 minutos las mayores láminas se dan para el método de Hershfield.

- Duración de 120 minutos.

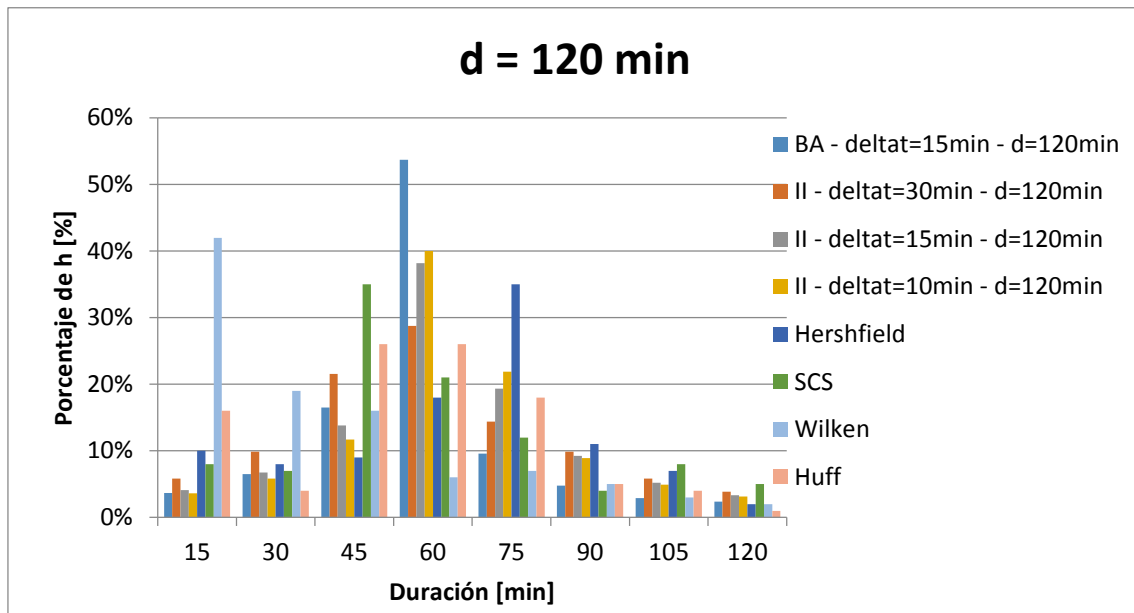


Figura 72: Hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 30 \text{ min}$	$\Delta t = 15 \text{ min}$	$\Delta t = 10 \text{ min}$								
15 min	4%	6%	4%	4%	10%	8%	42%	16%	4%	42%	12%	13%	
30 min	6%	10%	7%	6%	8%	7%	19%	4%	4%	19%	8%	5%	
45 min	17%	22%	14%	12%	9%	35%	16%	26%	9%	35%	19%	9%	
60 min	54%	29%	38%	40%	18%	21%	6%	26%	6%	54%	29%	15%	
75 min	10%	14%	19%	22%	35%	12%	7%	18%	7%	35%	17%	9%	
90 min	5%	10%	9%	9%	11%	4%	5%	5%	4%	11%	7%	3%	
105 min	3%	6%	5%	5%	7%	8%	3%	4%	3%	8%	5%	2%	
120 min	2%	4%	3%	3%	2%	5%	2%	1%	1%	5%	3%	1%	

Tabla 195: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 120 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 15, 45, 60 y 75 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 45 minutos se dan para el método de SCS, para el intervalo de 60 minutos las mayores láminas se dan para el método de BA, mientras que para 75 se dan para el método de Hershfield.



4.2.6. Rafaela, Santa Fe.

A continuación se presentan los hietogramas tipo obtenidos para las diferentes duraciones con ambos métodos de cálculo y para cada una de ellas se presenta una tabla resumen con los principales resultados alcanzados:

- Duración de 15 minutos.

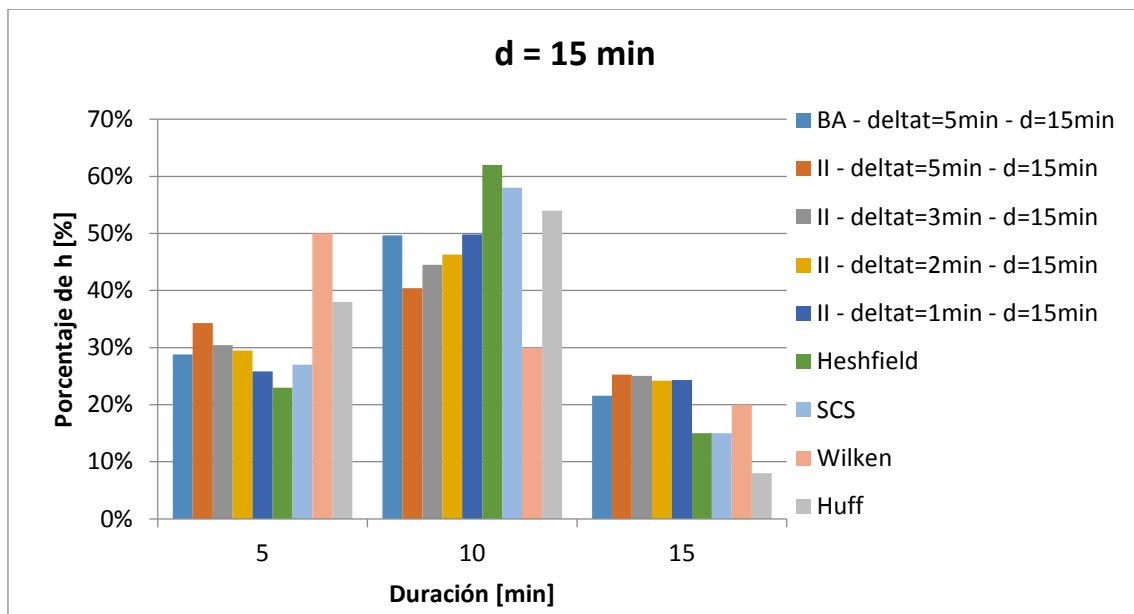


Figura 73: Hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.

% h	Método									Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío
	BA	II				Hershfield	SCS	Wilken	Huff				
		$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$	$\Delta t = 2 \text{ min}$	$\Delta t = 1 \text{ min}$								
5 min	29%	34%	30%	30%	26%	23%	27%	50%	38%	23%	50%	32%	8%
10 min	50%	40%	45%	46%	50%	62%	58%	30%	54%	30%	62%	48%	10%
15 min	22%	25%	25%	24%	24%	15%	15%	20%	8%	8%	25%	20%	6%

Tabla 196: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 15 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 15 minutos se observa que el único método en el cual el pico se da en el primer intervalo es Wilken. Al comparar los demás hietogramas (donde el pico se da en el segundo intervalo) se observa que las diferencias entre ellos son poco significativas, y en el caso de Hershfield es donde se alcanza el mayor pico (62% de la lámina total precipitada).

- Duración de 30 minutos.

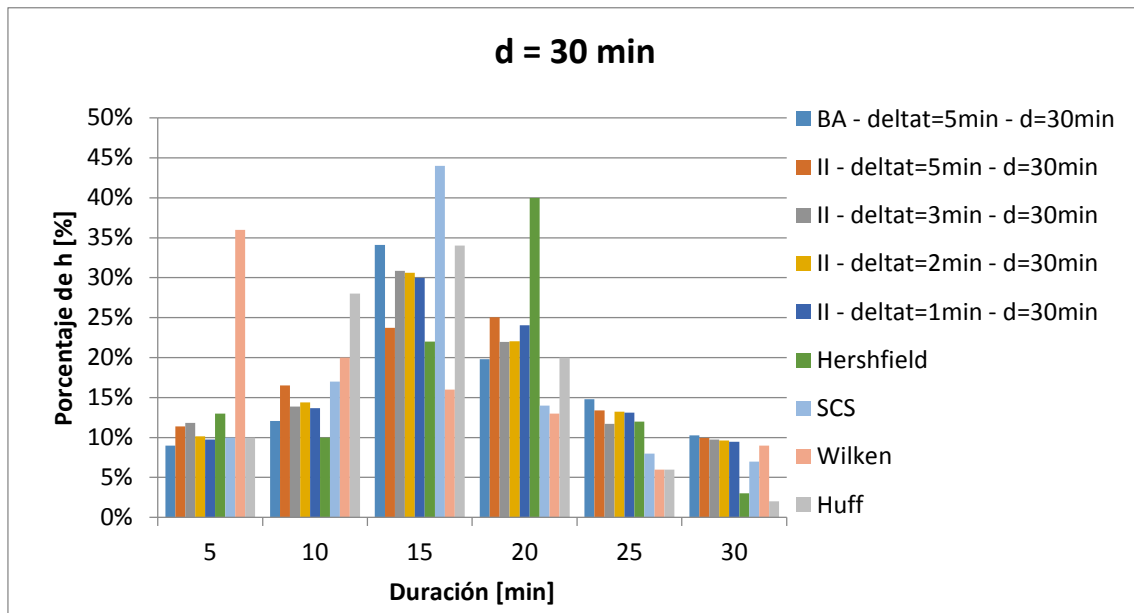


Figura 74: Hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.

% h	Método									Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II				Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$	$\Delta t = 2 \text{ min}$	$\Delta t = 1 \text{ min}$								
5 min	9%	11%	12%	10%	10%	13%	10%	36%	10%	9%	36%	13%	9%	
10 min	12%	17%	14%	14%	14%	10%	17%	20%	28%	10%	28%	16%	5%	
15 min	34%	24%	31%	31%	30%	22%	44%	16%	34%	16%	44%	29%	8%	
20 min	20%	25%	22%	22%	24%	40%	14%	13%	20%	13%	40%	22%	8%	
25 min	15%	13%	12%	13%	13%	12%	8%	6%	6%	6%	15%	11%	3%	
30 min	10%	10%	10%	10%	9%	3%	7%	9%	2%	2%	10%	8%	3%	

Tabla 197: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 30 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 30 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 5, 15 y 20 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 5 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de SCS, mientras que para 20 se da para el método de Hershfield.

- Duración de 60 minutos.

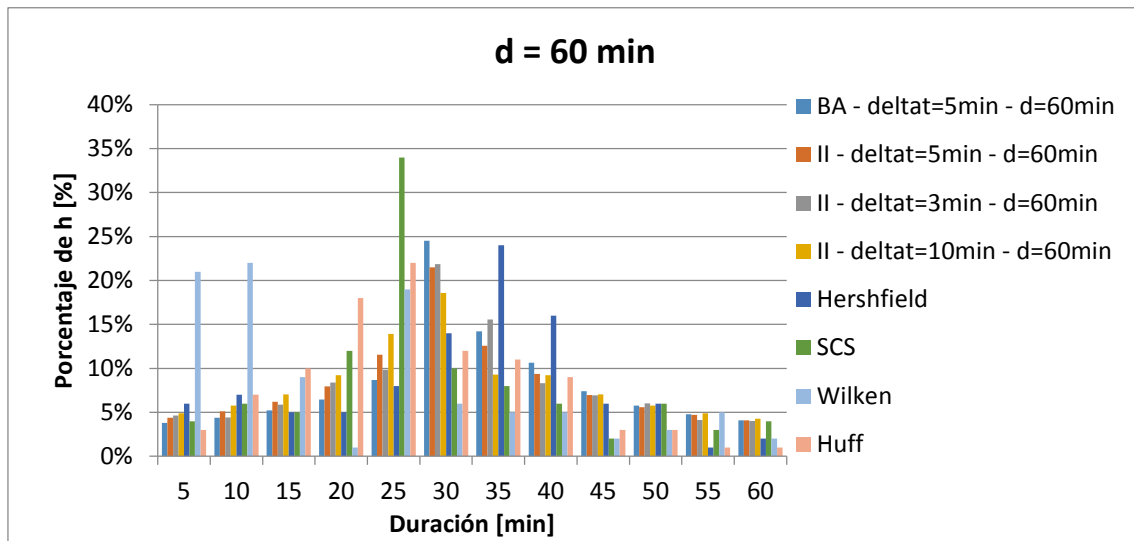


Figura 75: Hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 10 \text{ min}$	$\Delta t = 5 \text{ min}$	$\Delta t = 3 \text{ min}$								
5 min	4%	5%	4%	5%	6%	4%	21%	3%	3%	21%	6%	6%	
10 min	4%	6%	5%	4%	7%	6%	22%	7%	4%	22%	8%	6%	
15 min	5%	7%	6%	6%	5%	5%	9%	10%	5%	10%	7%	2%	
20 min	6%	9%	8%	8%	5%	12%	1%	18%	1%	18%	9%	5%	
25 min	9%	14%	12%	10%	8%	34%	19%	22%	8%	34%	16%	9%	
30 min	25%	19%	22%	22%	14%	10%	6%	12%	6%	25%	16%	7%	
35 min	14%	9%	13%	16%	24%	8%	5%	11%	5%	24%	12%	6%	
40 min	11%	9%	9%	8%	16%	6%	5%	9%	5%	16%	9%	3%	
45 min	7%	7%	7%	7%	6%	2%	2%	3%	2%	7%	5%	2%	
50 min	6%	6%	6%	6%	6%	6%	3%	3%	3%	6%	5%	1%	
55 min	5%	5%	5%	4%	1%	3%	5%	1%	1%	5%	4%	2%	
60 min	4%	4%	4%	4%	2%	4%	2%	1%	1%	4%	3%	1%	

Tabla 198: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 60 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 60 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 5, 10, 25, 30 y 35 minutos (intervalos iniciales e intervalos intermedios): para los intervalos de 5 y 10 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 25 minutos se dan para el método de SCS, para el intervalo de 30 minutos las mayores láminas se dan para el método de BA, mientras que para 35 se da para el método de Hershfield.

- Duración de 90 minutos.

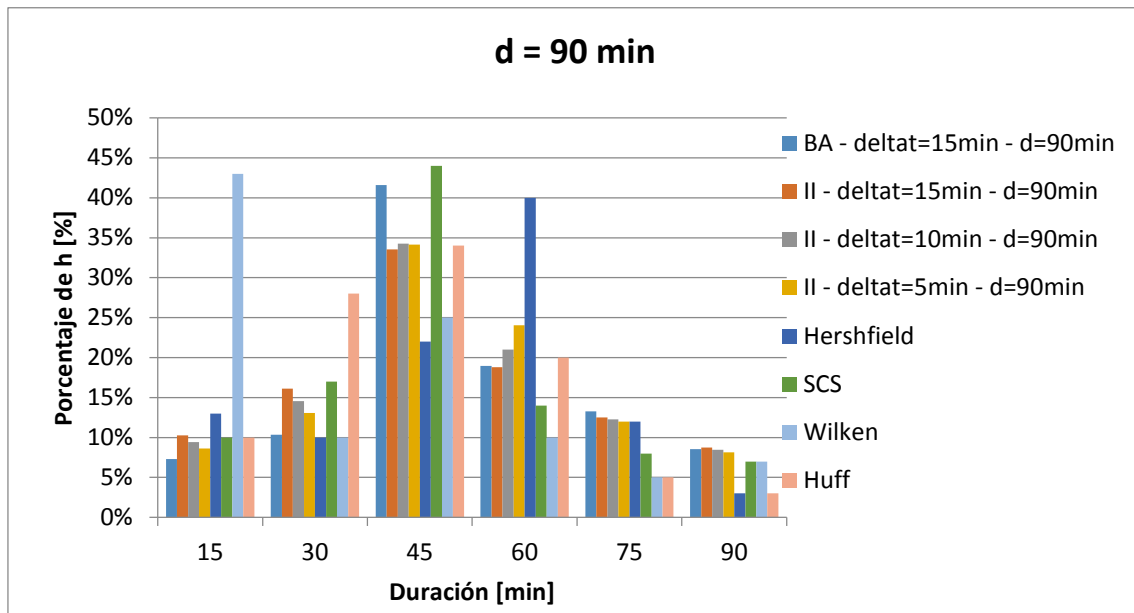


Figura 76: Hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 15 \text{ min}$	$\Delta t = 10 \text{ min}$	$\Delta t = 5 \text{ min}$								
15 min	7%	10%	9%	9%	13%	10%	43%	10%	7%	43%	14%	12%	
30 min	10%	16%	15%	13%	10%	17%	10%	28%	10%	28%	15%	6%	
45 min	42%	34%	34%	34%	22%	44%	25%	34%	22%	44%	34%	7%	
60 min	19%	19%	21%	24%	40%	14%	10%	20%	10%	40%	21%	9%	
75 min	13%	12%	12%	12%	12%	8%	5%	5%	5%	13%	10%	3%	
90 min	9%	9%	8%	8%	3%	7%	7%	3%	3%	9%	7%	2%	

Tabla 199: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 90 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 90 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 15, 30, 45 y 60 minutos (intervalos iniciales e intervalos intermedios): para el intervalo de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 30 minutos se dan para el método de Huff, para el de tiempo de 45 minutos se dan para el método de SCS, mientras que para 60 minutos las mayores láminas se dan para el método de Hershfield.

- Duración de 120 minutos.

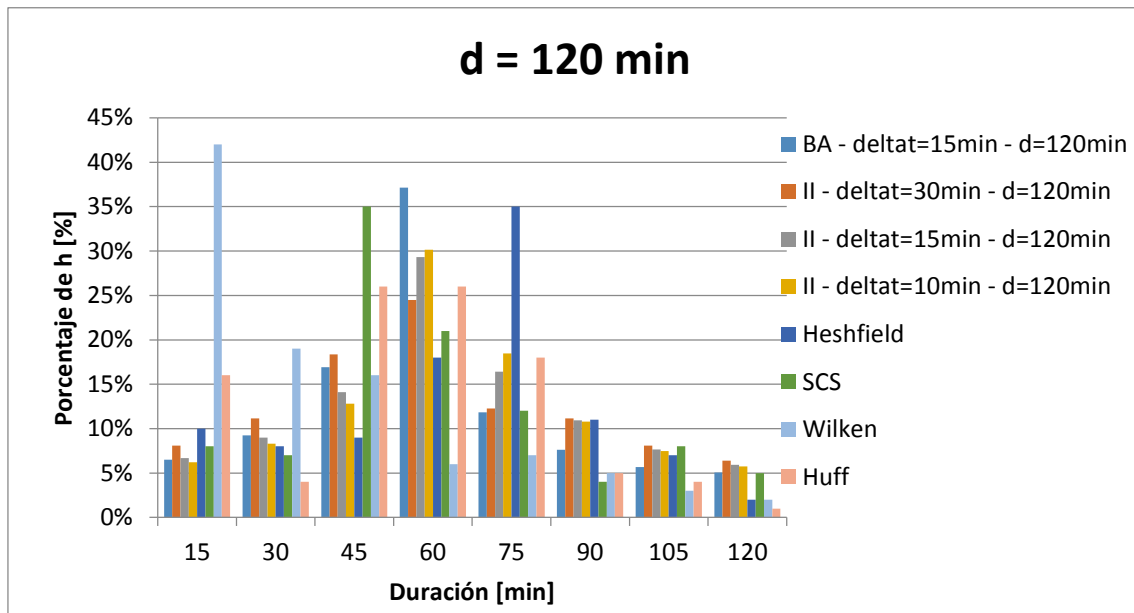


Figura 77: Hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.

% h	Método								Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	
	Duración	BA	II			Hershfield	SCS	Wilken					Huff
			$\Delta t = 30 \text{ min}$	$\Delta t = 15 \text{ min}$	$\Delta t = 10 \text{ min}$								
15 min	7%	8%	7%	6%	10%	8%	42%	16%	6%	42%	13%	12%	
30 min	9%	11%	9%	8%	8%	7%	19%	4%	4%	19%	9%	4%	
45 min	17%	18%	14%	13%	9%	35%	16%	26%	9%	35%	19%	8%	
60 min	37%	25%	29%	30%	18%	21%	6%	26%	6%	37%	24%	9%	
75 min	12%	12%	16%	18%	35%	12%	7%	18%	7%	35%	16%	8%	
90 min	8%	11%	11%	11%	11%	4%	5%	5%	4%	11%	8%	3%	
105 min	6%	8%	8%	7%	7%	8%	3%	4%	3%	8%	6%	2%	
120 min	5%	6%	6%	6%	2%	5%	2%	1%	1%	6%	4%	2%	

Tabla 200: Comparación de hietogramas tipo para una duración de 120 minutos.

Al comparar los hietogramas logrados para la duración de 120 minutos aquí se observan resultados similares a los obtenidos para la duración de 15 minutos. Si bien se observan hietogramas similares, las mayores discrepancias (desvío mayor a 5%) se observan para los intervalos de tiempo de 15, 45, 60 y 75 minutos (intervalo inicial e intervalos intermedios): para el intervalo de 15 minutos las mayores láminas se dan para el método de Wilken, para el de 45 minutos se dan para el método de SCS, para el intervalo de 60 minutos las mayores láminas se dan para el método de BA, mientras que para 75 se dan para el método de Hershfield.

## 5. Capítulo 5: Conclusiones.

### 5.1. Aspectos técnicos

#### 5.1.1. Sobre la estimación de curvas idT.

En primer lugar se realizaron diferentes alternativas de ajuste del modelo DIT para la estimación de las relaciones idT en diferentes localidades de la Argentina. De la comparación entre ellas se pudo determinar la más conveniente según el caso de estudio y se ha fijado una metodología de ajuste para que sea aplicable de ahora en adelante.

Por otra parte, al comparar diferentes metodologías para la estimación de relaciones idT se pudo observar que el **Modelo DIT** es el que resulta más exacto al compararlo con los datos originales de cada localización analizada. Una ventaja que hace de este modelo una alternativa muy válida es que además de que sus parámetros cuentan con un sentido físico, este método no solo se puede aplicar cuando se cuenta con datos pluviográficos en la localidad de estudio sino que también cuando se puede aplicar cuando solo se cuenta con datos pluviométricos (debido a la facilidad con que permite aplicar la transposición hidrológica).

Al analizar los resultados obtenidos al aplicar el **método de Sherman** para la estimación de idT, este arroja resultados adecuados pero no tan exactos como el modelo DIT. La desventaja de este método radica en que sus parámetros de ajuste no cuentan con un sentido físico, lo que hace difícil su transposición a otras localidades donde no se cuente con datos pluviográficos.

Al analizar el **método de desagregación de duraciones**, se obtuvieron muy buenos resultados. La aplicación de relaciones entre láminas es una metodología válida para obtener la relación idT cuando solo se cuenta con datos pluviométricos.

El **método de Bell** es el que arroja en la mayoría de los casos las mayores diferencias respecto a los datos originales, y esto se debe a que fue calibrado a partir de datos de precipitaciones tomados a nivel mundial. Debido a que para aplicarlo hacen falta datos

pluviométricos, se aconseja aplicar el método de desagregación de duraciones en vez de este para calcular la idT (ya que el método de relaciones entre laminas arroja menores diferencias respecto a los datos originales).

El **método de Devoto** y el **método de Ruhle** son métodos de regionalización realizados para la Argentina, y arrojan diferencias significativas pero menores a las obtenidas con el método de Bell respecto a los datos originales. Una de las principales razones de las diferencias que arrojan estos métodos está relacionada a la subjetividad a la hora de la determinación de los parámetros necesarios para aplicar estos modelos (que se extraen de mapas realizados para la república Argentina). Se aconseja usar estas metodologías sólo en los casos en los que no se cuente siquiera con datos pluviométricos.

#### 5.1.2. Sobre la determinación de hietogramas tipo aplicando diferentes metodologías.

Al comparar los hietogramas logrados para las distintas duraciones se observa que el único método en el cual el pico se da en la primer parte de la lluvia es Wilken. Para todos los demás casos el pico se da al centro de la tormenta (se recuerda que se adoptó un tiempo al pico del 50% para la elaboración de los hietogramas que parten de la idT).

Al comparar los demás hietogramas (donde el pico se da al centro de la tormenta) se observa que las diferencias entre ellos son poco significativas. En todas las localizaciones analizadas el método de Heshfield y el del SCS arrojan los picos más elevados en cuanto a láminas precipitadas para los intervalos de tiempo intermedios.

## 5.2. Aspectos personales.

En cuanto a conclusiones personales cabe destacar que la realización de la práctica supervisada conlleva a adquirir una experiencia laboral que resulta importante a la hora de enfrentar una primera situación de trabajo una vez egresados.

Además permite adquirir experiencia en cuanto al trabajo en equipo, destacando que siempre es más ventajoso trabajar con colegas, o con personal dedicado a otras disciplinas ya que se genera una combinación de diferentes ideas y opiniones que pueden resultar aún mejores que las de uno mismo.

### 5.3. Perspectivas a futuro.

Uno de los principales objetivos a futuro es aumentar las localizaciones con relaciones idT ajustadas a través de Modelo DIT, debido a las ventajas antes mencionadas; y así en el corto plazo poder abarcar todo el territorio nacional.

Por otro lado, se empezará a evaluar los efectos del cambio climático sobre el diseño hidrológico de medidas para mitigar el riesgo hídrico en el país. La existencia de un cambio climático podría provocar, debido a las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de distintas propiedades, una variación de las variables seleccionadas para el diseño hidrológico de medidas para mitigar el riesgo hídrico a partir del análisis de series históricas.



## 6. Referencias.

- Bertoni, J.C. y Tucci, C.E.M. (1993). "Hidrología: Ciencia y Aplicación". Colección ABRH, Vol. 4. 2da. Edición. 943 p. Brasil.
- Bianchiotti, Bernabé (2012). "Análisis de la Precipitación Máxima Probable a través de un Sistema de Información Geográfica". Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Córdoba.
- Caamaño Nelli, Gabriel y Dasso Clarita (2003). "Lluvias de Diseño: Conceptos, Técnicas y Experiencias". Editorial Universitas. 222 páginas. ISBN: 9879406-43-5. Córdoba, Argentina.
- Caamaño Nelli, Gabriel; Rico, Andrea F.; Dasso, Clarita M.; García, Carlos M. (2011). "Relación intensidad-duración-recurrencia de lluvias máximas: una versión simplificada del modelo DIT". En el libro Desarrollo y Aplicaciones sobre Lluvias de Diseño en Argentina. Editores: Catalini, Carlos Gastón; Caamaño Nelli, Gabriel; Dasso, Clarita M. Editorial: Academica Española. España.
- Catalini, Carlos G.; Caamaño Nelli, Gabriel y Dasso, Clarita, compiladores (2011) "Desarrollo y Aplicaciones sobre Lluvias de Diseño en Argentina". 284 páginas. ISBN13: 978-3-8454-9722-8. Edit. Acad. Española (Lap Lambert Publishing GMBH & Co. KG). Saarbrücken, Deutschland.
- García, Carlos Marcelo (1994). "Regionalización de Precipitaciones Máximas Diarias en la Provincia de Córdoba". Trabajo Final de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Guillén, Nicolás F. (2014). "Estudios Avanzados para el Diseño Hidrológico e Hidráulico de Infraestructura Hídrica". Trabajo Final de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería-Mención Recursos Hídricos de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Lérida, Gastón y Sánchez, Ezequiel (2011). "Estudio Metodológico para la determinación de una Grilla i-d-T consistente a nivel Provincial". Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Córdoba.

- Maidah, Andrea Lorena (2010). "Análisis Espacial de Datos Hidrológicos utilizando Sistemas de Información Geográfica. Aplicación al estudio de Lluvias Diarias." Tesis de Grado de la carrera de Ingeniería Civil. Universidad Católica de Córdoba.
- Rühle, Federico G. O. (1966). "Determinación del Derrame Máximo Superficial de las Cuencas Imbríferas". La Ingeniería, Nº 987. Centro Argentino de Ingenieros. 2ª edición. Buenos Aires.
- World Commission on Environment and Development, (1987) "Our Common Future, From One Earth to One World"
- Zamanillo, Eduardo A. et al. (2009) "Procedimientos para la estimación de tormentas de diseño para la provincia de Entre Ríos" - 1a ed. - Buenos Aires: Univ. Tecnológica Nacional, 2009.