



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

Departamento de Ingeniería Agrícola

**Trabajo de Graduación:
Curvas de Intensidad, Duración y
Frecuencia en la Cuenca N°68
Nicaragua**

Autores:

Br. Kevin Howard Barberena Ruiz

Br. Néstor Alberto Paredes Urbina

ASESORES

MSc. Gerardo Murillo Malespín

MSc. Rodolfo Munguía Hernández

Ing. David López Campos

Managua, Nicaragua. Julio, 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

Departamento de Ingeniería Agrícola

Trabajo de Graduación:

**Curvas de Intensidad, Duración y
Frecuencia en la Cuenca N°68**

Nicaragua

Autores:

Br. Kevin Howard Barberena Ruiz

Br. Néstor Alberto Paredes Urbina

ASESORES

MSc. Gerardo Murillo Malespín

MSc. Rodolfo Munguía Hernández

Ing. David López Campos

Managua, Nicaragua. Julio, 2016

Presentado a la consideración del honorable tribunal examinador como requisito para optar al grado de Ingeniero Agrícola para el Desarrollo Sostenible.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Sección		Página
	DEDICATORIA	i
	AGRADECIMIENTO	iii
	ÍNDICE DE CUADROS	v
	ÍNDICE DE FIGURAS	vi
	ÍNDICE DE ANEXOS	vii
	RESUMEN	xiii
	ABSTRAC	xiv
I	INTRODUCCIÓN	1
II	OBJETIVOS	3
2.1	Objetivo General	3
2.2	Objetivos específicos	3
III	MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1	Selección de las estaciones pluviográficas	4
3.2	Recolección de la Información Requerida	4
3.3	Procedimiento analítico Gumbel (Tipo I)	4
3.4	Modelo de regresión lineal múltiple Aparicio, 1997	9
3.5	Método de los Polígonos de Thiessen mediante software ArcGis versión 10.2	11
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1	Cálculos de las intensidades esperadas para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones según el método de Gumbel Tipo I y Aparicio 1997	14
4.2	Determinación de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para distintos periodos de retorno según el método de Gumbel Tipo I y Aparicio, 1997	17
4.3	Rango de intensidades de precipitaciones máximas para cada estación	20
4.4	Determinación de la precipitación media de la cuenca por medio del método de los polígonos de Thiessen	21
4.5	Medidas de bondad de ajuste del método Gumbel Tipo I y Aparicio, 1997	24
V	CONCLUSIONES	25
VI	RECOMENDACIONES	26
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
VIII	ANEXOS	28
7.1	Determinación de las tablas de uso práctico Gumbel Tipo I	28
7.2	Determinación de las tablas de uso práctico Aparicio, 1997	43
7.3	Determinación de la precipitación media de la cuenca por el método de los polígonos de Thiessen (Gumbel Tipo I)	61

7.4	Determinación de la precipitación media de la cuenca por el método de polígonos de Thiessen (Aparicio, 1997)	71
7.5	Ejercicio Práctico: Calculo de escurrimiento máximos	81
7.6	Ejercicio Práctico: Cálculo de escurrimiento superficial	82

DEDICATORIA

El ser, lo que voy hacer y lo que seré en el futuro son cosas que me enseñaron, me confiaron, me orientaron, y me aconsejaron con amor para conquistar los éxitos y los desafíos producto de esa base de dedicación, tenacidad y perseverancia depositadas por mis padres el Sr. Raúl Barberena Guillen y la Sra. María Jeaneth Ruiz Robleto en mi persona el cual guardare siempre dentro de mi persona. Este primer y gran éxito se los dedico a ellos. Muchas gracias.

Br. Kevin Howard Barberena Ruiz

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar hasta este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, a mis padres por ser las personas que me han acompañado en todo el trayecto estudiantil y de vida, a mis profesores por acompañarme en todo el trayecto de convertirme en un profesional, a mis tutores por brindarme sus consejos excepcionales para culminar de la mejor manera este estudio.

Br. Néstor Alberto Paredes Urbina

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios por haber guiado mi camino dándome sabiduría, por darme fuerzas y perseverancia en todo el transcurso de esta investigación.

A mi familia por brindarme su apoyo incondicional, a mi compañero de tesis Néstor Alberto Paredes Urbina por compartir su amistad desde el inicio de nuestros estudios universitarios.

A los Docentes de la Universidad Nacional Agraria que durante cinco años nos guiaron por el buen camino y brindarnos el pan de la enseñanza. A nuestros asesores el MSc. Ing. Gerardo Murillo Malespín, al MSc. Ing. Rodolfo Munguía Hernández y al Ing. David López Campos por brindar una excelente tutoría durante la realización de nuestro trabajo investigativo y al Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) por brindarnos una excelente atención e información necesaria.

Br. Kevin Howard Barberena Ruiz

AGRADECIMIENTO

Le agradezco primeramente a mi Dios mi padre celestial por brindarme el pan de la sabiduría a diario, por darme la vida que tengo y las fuerzas para culminar mis estudios.

Gran gratitud con mi familia por ser mi principal fuerza en todo este camino, a mi compañero de tesis Kevin Howard Barberena Ruiz que desde que comenzamos a estudiar me brindo su gran amistad.

A nuestros asesores el Ing. David López Campos, el MSc. Gerardo Murillo Malespín y al MSc. Rodolfo Munguía Hernández por brindarnos el tiempo y una tutoría excelente en todo momento.

Br. Néstor Alberto Paredes Urbina

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Posicionamiento geográfico del área de estudio	4
2	Prueba de ajuste de bondad Smirnov – Kolmogorov	7
3.a	Estación A. Managua método Gumbel Tipo I	15
3.b	Estación C.V. León método Gumbel Tipo I	15
3.c	Estación Masatepe (C.A) método Gumbel tipo I	15
3.d	Estación Nandaime método Gumbel Tipo I	15
3.e	Estación TOLA método Gumbel Tipo I	16
4.a	Estación A. Managua método Aparicio, 1997	15
4.b	Estación C.V. León método Aparicio, 1997	15
4.c	Estación Masatepe (C.A) método Aparicio, 1997	15
4.d	Estación Nandaime método Aparicio, 1997	15
4.e	Estación TOLA método Aparicio, 1997	16
5	Intensidades de precipitación encontradas (mm/h)	20
6.a	Precipitación media anual Gumbel Tipo I (5 años)	22
6.b	Precipitación media anual Gumbel Tipo I (10 años)	22
6.c	Precipitación media anual Gumbel Tipo I (15 años)	22
6.d	Precipitación media anual Gumbel Tipo I (20 años)	23
6.e	Precipitación media anual Gumbel Tipo I (30 años)	23
7.a	Precipitación media anual Aparicio, 1997 (5 años)	23
7.b	Precipitación media anual Aparicio, 1997 (10 años)	23
7.c	Precipitación media anual Aparicio, 1997 (15 años)	23
7.d	Precipitación media anual Aparicio, 1997 (20 años)	23
7.e	Precipitación media anual Aparicio, 1997 (30 años)	23
8	Porcentaje de bondad de ajuste en método Gumbel Tipo I y Aparicio, 1997 para cada estación	24
9	Valores del coeficiente de escurrimiento (c)	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización área de estudio	4
2	Paso 1 Elaboración de libro en Excel	11
3	Paso 2 Elaboración de Shapefile en Software ArcGis 10.2	12
4	Paso 3 Obtención de Shapefile para elaboración de Polígonos de Thiessen	12
5	Paso 4 Construcción de Polígonos de Thiessen	13
6.a	Método Gumbel Tipo I (Estación Managua A.C.Sandino)	17
6.b	Método Gumbel Tipo I (Estación C.V León)	17
6.c	Método Gumbel Tipo I (Estación Masatepe Campos Azules)	17
6.d	Método Gumbel Tipo I (Estación Nandaime)	18
6.e	Método Gumbel Tipo I (Estación Tola)	18
7.a	Método Aparicio, 1997 (Estación Managua A.C.Sandino)	13
7.b	Método Aparicio, 1997 (Estación C.V León)	17
7.c	Método Aparicio, 1997 (Estación Masatepe Campos Azules)	17
7.d	Método Aparicio, 1997 (Estación Nandaime)	17
7.e	Método Aparicio, 1997 (Estación Tola)	18
8	Polígonos de Thiessen en la Cuenca N°68, Nicaragua	21

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Estación Aeropuerto Managua, Intensidades máximas anuales de precipitación (mm)	28
1.a	Intensidades máximas, ordenadas de mayor a menor	28
1.b	Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia	29
1.c	Distribución teórica	29
1.d	Cálculo de distribución empírica	30
1.e	Obtención de la desviación máxima entre la probabilidad de la distribución empírica y teórica	30
2	Estación Masatepe, Intensidades máximas anuales de precipitación (mm)	31
2.a	Intensidades máximas, ordenadas de mayor a menor	31
2.b	Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia	32
2.c	Distribución teórica	32
2.d	Cálculo de distribución empírica	33
2.e	Obtención de la desviación máxima entre la probabilidad de la distribución empírica y teórica	33
3	Estación Carretera Vieja a León, Intensidades máximas anuales de precipitación (mm)	34
3.a	Intensidades máximas, ordenadas de mayor a menor	34
3.b	Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia	35
3.c	Distribución teórica	35
3.d	Cálculo de distribución empírica	36
3.e	Obtención de la desviación máxima entre la probabilidad de la distribución empírica y teórica	36
4	Estación Nandaime, Intensidades máximas anuales de precipitación (mm)	37
4.a	Intensidades máximas, ordenadas de mayor a menor	37
4.b	Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia	38

4.c	Distribución teórica	38
4.d	Cálculo de distribución empírica	39
4.e	Obtención de la desviación máxima entre la probabilidad de la distribución empírica y teórica	39
5	Estación Tola, Intensidades máximas anuales de precipitación (mm)	40
5.a	Intensidades máximas, ordenadas de mayor a menor	40
5.b	Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia	41
5.c	Distribución teórica	41
5.d	Cálculo de distribución empírica	42
5.e	Obtención de la desviación máxima entre la probabilidad de la distribución empírica y teórica	42
6	Estación Aeropuerto Managua, cálculo de los periodos de retorno	43
6.a	Cálculo de los parámetros Aparicio, 1997	43
7	Estación Masatepe, cálculo de los periodos de retorno	47
7.a	Cálculo de los parámetros Aparicio, 1997	47
8	Estación Carretera Vieja a León, cálculo de los periodos de retorno	50
8.a	Cálculo de los parámetros Aparicio, 1997	50
9	Estación Nandaime, cálculo de los periodos de retorno	54
9.a	Cálculo de los parámetros Aparicio, 1997	54
10	Estación Tola, cálculo de los periodos de retorno	57
10.a	Cálculo de los parámetros Aparicio, 1997	57
11	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (5 años) (5 minutos)	61
11.a	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (5 años) (10 minutos)	61
11.b	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (5 años) (15 minutos)	61
11.c	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I	62

	(5 años) (30 minutos)	
11.d	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (5 años) (60 minutos)	62
11.e	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (5 años) (120 minutos)	62
12	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años) (5 minutos)	63
12.a	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años) (10 minutos)	63
12.b	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años) (15 minutos)	63
12.c	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años) (30 minutos)	64
12.d	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años) (60 minutos)	64
12.e	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años) (120 minutos)	64
13	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años) (5 minutos)	65
13.a	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años) (10 minutos)	65
13.b	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años) (15 minutos)	65
13.c	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años) (30 minutos)	66
13.d	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años) (60 minutos)	66
13.e	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años) (120 minutos)	66
14	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (20 años) (5 minutos)	67
14.a	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I	67

	(20 años) (10 minutos)	
14.b	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (20 años) (15 minutos)	67
14.c	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (20 años) (30 minutos)	68
14.d	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (20 años) (60 minutos)	68
14.e	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (20 años) (120 minutos)	68
15	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años) (5 minutos)	69
15.a	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años) (10 minutos)	69
15.b	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años) (15 minutos)	69
15.c	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años) (30 minutos)	70
15.d	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años) (60 minutos)	70
15.e	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años) (120 minutos)	70
16	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (5 años) (5 minutos)	71
16.a	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (5 años) (10 minutos)	71
16.b	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (5 años) (15 minutos)	71
16.c	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (5 años) (30 minutos)	72
16.d	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (5 años) (60 minutos)	72
16.e	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (5 años) (120 minutos)	72

17	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (10 años) (5 minutos)	73
17.a	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (10 años) (10 minutos)	73
17.b	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (10 años) (15 minutos)	73
17.c	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (10 años) (30 minutos)	74
17.d	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (10 años) (60 minutos)	74
17.e	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (10 años) (120 minutos)	74
18	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (15 años) (5 minutos)	75
18.a	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (15 años) (10 minutos)	75
18.b	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (15 años) (15 minutos)	75
18.c	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (15 años) (30 minutos)	76
18.d	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (15 años) (60 minutos)	76
18.e	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (15 años) (120 minutos)	76
19	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (20 años) (5 minutos)	77
19.a	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (20 años) (10 minutos)	77
19.b	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (20 años) (15 minutos)	77
19.c	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (20 años) (30 minutos)	78
19.d	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997	78

	(20 años) (60 minutos)	
19.e	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (20 años) (120 minutos)	78
20	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (30 años) (5 minutos)	79
20.a	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (30 años) (10 minutos)	79
20.b	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (30 años) (15 minutos)	79
20.c	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (30 años) (30 minutos)	80
20.d	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (30 años) (60 minutos)	80
20.e	Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997 (30 años) (120 minutos)	80

RESUMEN

El clima es uno de los factores más estudiados a nivel mundial y el más utilizado para la elaboración de planes de conservación de suelos y agua, construcción de obras hidráulicas que den un mejor uso y aprovechamiento de los recursos naturales. La construcción de Curvas de Intensidad –Duración – Frecuencia como herramienta para la toma de decisión en el manejo, control y aprovechamiento del exceso de la precipitación es relevante para las zonas productivas y de escasas de agua. El Objetivo de la investigación fue analizar el comportamiento de las curvas IDF en la Cuenca N°68 con diferentes períodos de retorno de 5, 10, 15, 20 y 30 años con duraciones de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 minutos. Se compararon dos modelos estadísticos Gumbel Tipo I y Aparicio 1997, ambos métodos permitieron estimar la intensidad de precipitación para los diferentes períodos de retorno. Para la selección de las estaciones pluviográficas se tomó como criterio las estaciones que proporcionaran la información necesaria para el periodo analizado 1975-1989 (Estación Aeropuerto Augusto Cesa Sandino, Estación Tola, Estación Nandaime, Estación Masatepe Campos Azules). Al generar las curvas se presentaron algunos inconvenientes en la Estación Masatepe Campos Azules, esto fue ocasionado por posibles fallas en las estaciones pluviográficas como por ejemplo faltan de tinta en el pluviógrafo, cambio de operador, etc. El método de Gumbel Tipo I es el que nos brinda información más ajustadas a las condiciones del área de estudio ya que la prueba ajuste de bondad ajusto perfectamente los datos al modelo estadístico mejorando los índices de probabilidad, en cambio el modelo estadístico Aparicio, 1997 sobre estima los valores de intensidad en los diferentes períodos de retornos, esto se observa al comparar los datos analizados con los datos calculados, los cuales presentan porcentajes de sobrestimación del 7 - 54 %.

Palabras claves: Precipitación, Pluviográficos, Períodos

ABSTRACT

The climate is one of the factors most studied worldwide and the most used for the preparation of plans of soil conservation and water and water conservancy construction to make better use and exploitation of natural resources. Building -Duration intensity curves - Frequency as a tool for decision making in the management, control and use of excess precipitation is relevant to the production and water scarcity areas. The objective of the research was to analyze the behavior of the IDF curves in Cuenca No. 68 with different return periods of 5, 10, 15, 20 and 30 years with durations of 5, 10, 15, 30, 60 and 120 minutes . two statistical models Gumbel Type I and Aparicio 1997 were compared, both methods allowed to estimate the intensity of precipitation for different return periods. For the selection of stations pluviographic was taken as criterion stations provide the necessary information for the reporting period 1975-1989 (Station Airport Augusto Cesar Sandino, Tola Station, Station Nandaime, Masatepe Station Campos Azules) .At generate curves they presented some drawbacks in Masatepe Campos Azules Station, this was caused by possible failures pluviographic stations such as missing ink in the pluviógrafo, change of operator, etc. The method of Gumbel Type I is the one that gives us information tighter conditions in the study area since the adjustment of kindness test perfectly adjust the data to the statistical model improving likelihood ratios, whereas the statistical model Aparicio, 1997 estimated intensity values at different periods of returns, this is seen when comparing the analyzed data with the calculated data, which have percentages of overestimation of 7-54%.

Keywords: Precipitation, pluviographic, Periods

I. INTRODUCCIÓN

Se engloba dentro del término precipitación a todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie de la tierra, tanto bajo la forma líquida como sólida (lluvia, nieve, granizo). Estos diversos tipos de precipitaciones son normalmente medidos sin efectuar su discriminación por medio de su equivalente en agua.

La precipitación es el origen de todas las corrientes superficiales y profundas, por lo cual su cuantificación y el conocimiento de su distribución, en el tiempo y en el espacio, se constituyen en problemas básicos para la hidrología (Seegerer y Villodas, 2006).

Las características de las precipitaciones pluviales que deben conocerse para estos casos son: la intensidad y duración de la lluvia; estas dos características están asociadas. Para un mismo período de retorno, al aumentarse la duración de la lluvia disminuye su intensidad media, la formulación de esta dependencia es empírica y se determina caso por caso, con base en datos observados directamente en el sitio estudiado o en otros sitios vecinos con las mismas características orográficas (Aparicio, 1997).

En la actualidad las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia conocidas como (IDF) por sus siglas en español, siguen siendo una de las herramientas más utilizadas en la estimación de caudales de diseño; especialmente en el diseño de obras de drenaje, alcantarillados pluviales y en la estimación de las tormentas de diseño en sitios donde, debido a la falta de información de caudales, es necesario recurrir a los modelos lluvia-escorrentía para el cálculo de los caudales máximos. Las intensidades máximas de las lluvias en distintos intervalos de tiempo en un mismo sitio y con distintas probabilidades de excedencia o períodos de retorno, se resumen en las curvas de IDF.

Según Témez, (1978) usualmente las curvas IDF se construyen mediante el análisis del mayor número posible de registros pluviográficos pertenecientes a la estación en estudio. En las cartas pluviográficas están consignados los perfiles de cada tormenta, es decir, la profundidad de precipitación acumulada en función del tiempo, una de las principales limitaciones en su construcción es la escasez de estaciones que registren información de este tipo, intervalo de tiempo y control, lo que incrementa probablemente el alto costo de instalación y mantenimiento (López y Ñamendy, 2010).

La Cuenca No. 68 se extiende de este a oeste partiendo cerca de la costa del Lago Xolotlán y las Sierras de Managua depositando sus aguas en el Océano Pacífico. En lo general abarca los Departamentos de León, Managua, Carazo y Rivas, concluyendo cerca de Tola, con una superficie total de 2,768.694 Km², está conformada por las subcuencas siguientes: El Salto, Entre Rio El Limón y Rio Manzanillo, La Conquista, Rio Grande, Rio Citalapa, Rio El Carmen, Rio Escalante, Rio Nagualapa, Rio San Diego, Rio Tecomapa y San Rafael del Sur

La precipitación media anual en la cuenca es de 1451 mm. Los meses más lluviosos son Agosto, Septiembre y Octubre. Las temperaturas oscilan entre 22.7 °C en Enero y 25.2 °C en Mayo (MARENA, 2010).

El presente documento pretende analizar comportamiento de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de las precipitaciones de la cuenca N°68 (Entre Rio Brito y Rio Tamarindo) a partir de datos de precipitación con registros de 15 años entre los periodos 1975 a 1989 en 5 estaciones pluviográficas distribuidas dentro y cerca de la cuenca en estudio, las estaciones son: San Antonio carretera vieja a León, campos azules Masatepe, aeropuerto de Managua, Nandaime, Tola. Para ello, se necesitará conocer el comportamiento de las precipitaciones a través de una curva que entrega la intensidad media en función de la duración y la frecuencia, y cuya única finalidad será la de aportar patrones de conductas de las lluvias, tal que permitan diseños confiables y efectivos para la ingeniería hidráulica, además de poner a disposición de los ingenieros y personal técnico capacitado una herramienta de análisis y planificación en el largo plazo además para el uso práctico de dichas curvas también se realizara el procedimiento de polígonos de Thiessen , para determinar el área de influencia de cada una de las estaciones y sus respectivas curvas , así como la precipitación media de la cuenca.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Analizar el comportamiento de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia, (IDF) en cinco estaciones pluviográficas distribuidas en Nicaragua en la Cuenca N°68.

2.2 Objetivos Específicos

- Analizar el comportamiento de las precipitaciones máximas en función de la duración y la frecuencia en cada una de las estaciones pluviográficas.
- Estimar la intensidad de las precipitaciones con duración de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 minutos con periodos de retorno de 5, 10, 15, 20 y 30 años.
- Determinar y comparar las ecuaciones de IDF y dibujar sus respectivas curvas para cada una de las estaciones con los modelos estadísticos Gumbel tipo I y Aparicio (1997).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Selección de las estaciones pluviográficas

En la Cuenca N°68 se seleccionaron las estaciones pluviográficas que están dentro y próximas a la cuenca en estudio.

En la selección se tomó como criterio la periodicidad de los datos de precipitación, el período entre 1975-1989. Se seleccionaron aquellas estaciones que tuvieran registros pluviográficos que proporcionarían información necesaria para la construcción de las Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia.

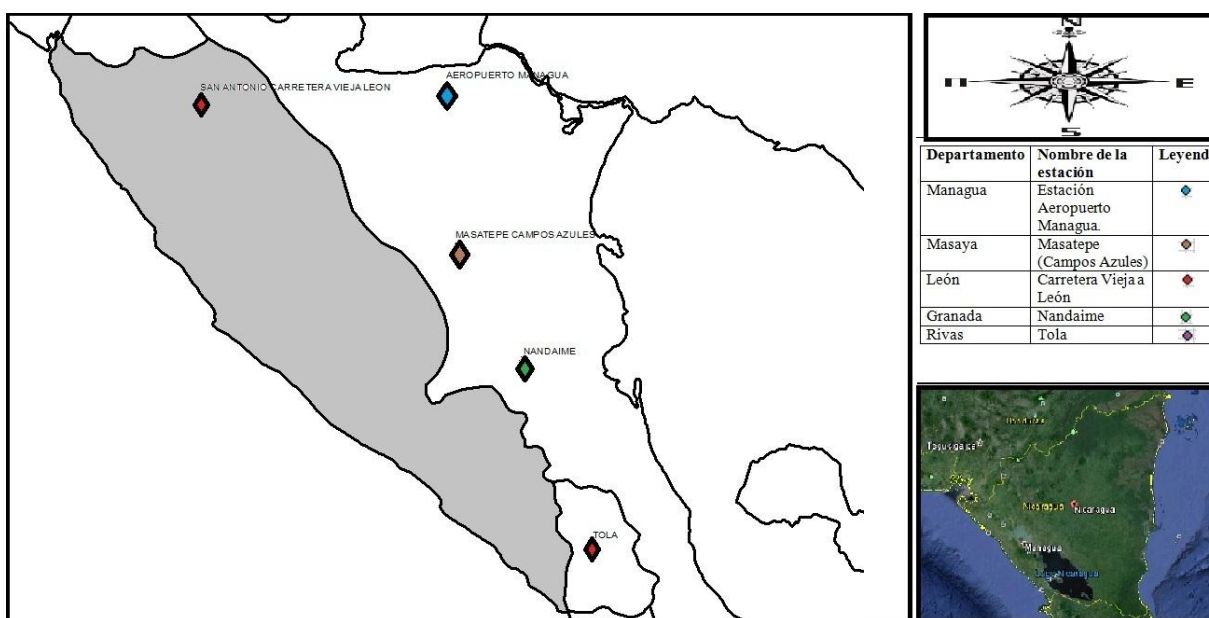


Figura 1. Localización del área de estudio(Fuente propia)

Cuadro 1. Posicionamiento geográfico del área de estudio

Departamento	Nombre de la estación	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)	Altura (msnm)	Leyenda
Managua	Estación Aeropuerto Managua.	12°08`36``	86°09`49``	56	
Masaya	Masatepe (Campos Azules)	11°53`59``	86°08`59``	470	
León	Carretera Vieja a León	12°07`30``	86°32`30``	100	
Granada	Nandaime	11°26`24``	85°56`24``	470	
Rivas	Tola	11°43`18``	86°02`48``	40	

3.2 Recolección de la Información Requerida

Los datos pluviométricos e información necesaria para el desarrollo de esta investigación, fueron aportados por el Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER). Los antecedentes solicitados a dicha institución, son los registros de las precipitaciones diarias y horarias, para las cinco estaciones seleccionadas. Además de los registros de las intensidades máximas de cada evento en periodos de tiempo de 5, 10, 20, 30, 60 y 120, minutos para los años comprendidos de 1975 hasta 1989.

3.3 Procedimiento analítico Gumbel (Tipo I)

1. Se ordenaron los datos de intensidades de mayor a menor para cada duración y se asignó el número de orden (m).
2. Se calculó el periodo de retorno y las probabilidades de ocurrencia y de no ocurrencia, utilizando las siguientes formulas:

$$T = \frac{(n+1)}{m} \quad \text{Ec.1}$$

Dónde:

T: Periodo de retorno

m: número de orden

n: son el número total de observaciones

También se sabe que la probabilidad de ocurrencia es el inverso del periodo de retorno:

$Pe(X > X_m) = \frac{m}{(n+1)}$ y que la probabilidad de no ocurrencia este dada por:

$Pe(X \leq X_m) = 1 - Pe(X > X_m)$

$$Pe(X \leq X_m) = 1 - \left[\frac{m}{(n+1)} \right] 1 - \left(\frac{1}{T} \right)$$

3. Se determinó el tipo de distribución teórica que se utilizaría en el análisis y sus parámetros. En nuestro caso se utilizó la distribución Gumbel Tipo I, con las siguientes formulas:

$$P_t = (X \leq X_m) = e^{-e^{-\alpha(X_m - \beta)}} \quad \text{Ec.2}$$

Dónde:

$$\alpha = 1.2825/S_x$$

$$\beta = \bar{X} - 0.4506 \times S_x$$

e: base de los logaritmos neperianos

X: valor a asumir por la variable aleatoria

$$S_x = \left\{ \frac{1}{n} [\sum_{i=0}^n (X_i)^2 - n(\bar{X})^2] \right\}^{0.5} \quad \text{Ec.3}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=0}^n (X_i)}{n} \quad \text{Ec.4}$$

En donde:

S_x: es la desviación estándar o la desviación típica

n: es el número total de observaciones

X : es el promedio del número de observaciones

X_i: son los valores de las intensidades

4. Obtener la desviación máxima calculada ($\Delta_{\text{máx}}$) entre la probabilidad de la distribución empírica $P_e (X \leq X_m)$ y la probabilidad de la distribución teórica $P_t = (X \leq X_m)$ ajustada de la siguiente manera:

$$\Delta_{\text{máx}} = |P_e (X \leq X_m) - P_t = (X \leq X_m)|$$

Dónde:

$\Delta_{\text{máx}}$: desviación máxima calculada.

P_e : probabilidad de ocurrencia empírica (%)

P_t : probabilidad de ocurrencia teórica (%)

X_m : Intensidades calculadas para diferentes periodos de retorno y duración

5. Obtener la desviación máxima permitida (Δ_0), según la prueba de bondad de ajuste de Smirnov-Kolmogorov usando la siguiente tabla:

Tabla 2. Prueba de bondad de ajuste de Smirnov – Kolmogorov

N	α			
	0.20	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N>50	$1.07/(N)^{0.5}$	$1.22/(N)^{0.5}$	$1.36/(N)^{0.5}$	$1.63/(N)^{0.5}$

Donde N es el número total de años o de datos analizados y α es el grado de significancia estadística de la prueba.

6. Si la desviación máxima ($\Delta_{\text{máx}}$) es menor que la desviación máxima permitida (Δ_0), el ajuste se acepta.
7. Construcción de la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Para ello fue necesario determinar el valor de la intensidad de la lluvia para cada periodo de retorno y cada duración de la siguiente manera: conocido el periodo de retorno se calcula la probabilidad teórica de ocurrencia y con esta se determinó el valor de la precipitación esperada (X_m) para cada duración con la siguiente fórmula:

$$X_m = \frac{\text{Ln}(-\text{Ln}(1 - \frac{1}{T}))}{-\alpha} + \beta \quad \text{Ec.5}$$

8. Se procedió a graficar los datos obtenidos en el paso anterior en un papel milimetrado o aritmético.

3.4 Modelo de regresión lineal múltiple Aparicio, 1997

1. Se ordenaron los datos para cada duración de mayor a menor y se le asigna un periodo de retorno de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$T = \frac{n+1}{m} \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

m: número de orden en una lista de mayor a menor de los datos

n: número de datos a analizar

T: período de retorno

2. Se calcularon los parámetros x_1, x_2, y , así como sus productos, cuadrados y las sumas indicadas en el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\sum y = N a_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2$$

$$\sum(x_1 y) = a_0 \sum x_1 + a_1 \sum(x_1^2) + a_2 \sum x_1 x_2 \quad \text{Ec.7}$$

$$\sum(x_2 y) = a_0 \sum x_2 + a_1 \sum(x_1 x_2) + a_2 \sum(x_2^2)$$

Dónde: N: es el número de datos y las incógnitas son: a_0, a_1, a_2 ; x_1, x_2, y , son respectivamente, los logaritmos del período de retorno.

3. Luego se procedió a calcular la intensidad con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{k x T^m}{D^n} \quad \text{Ec.8}$$

Dónde:

I: intensidad máxima (mm/hr)

K, m y n: son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple.

D: es la duración en minutos.

T: período de retorno en años

Tomando los logaritmos en la Ec.8 se arriba a un modelo de regresión lineal múltiple al obtenerse:

$$\text{Log } i = \log k + m \log T - n \log D \quad \text{Ec.9}$$

Equivalente a:

$$Y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2$$

Dónde:

$$Y = \log (I) \quad a_0 = \log (k)$$

$$x_1 = \log (T) \quad a_1 = m$$

$$x_2 = \log (D) \quad a_2 = -n$$

4. Se graficaron las curvas según la Ec.8 para un periodo de retorno dado.

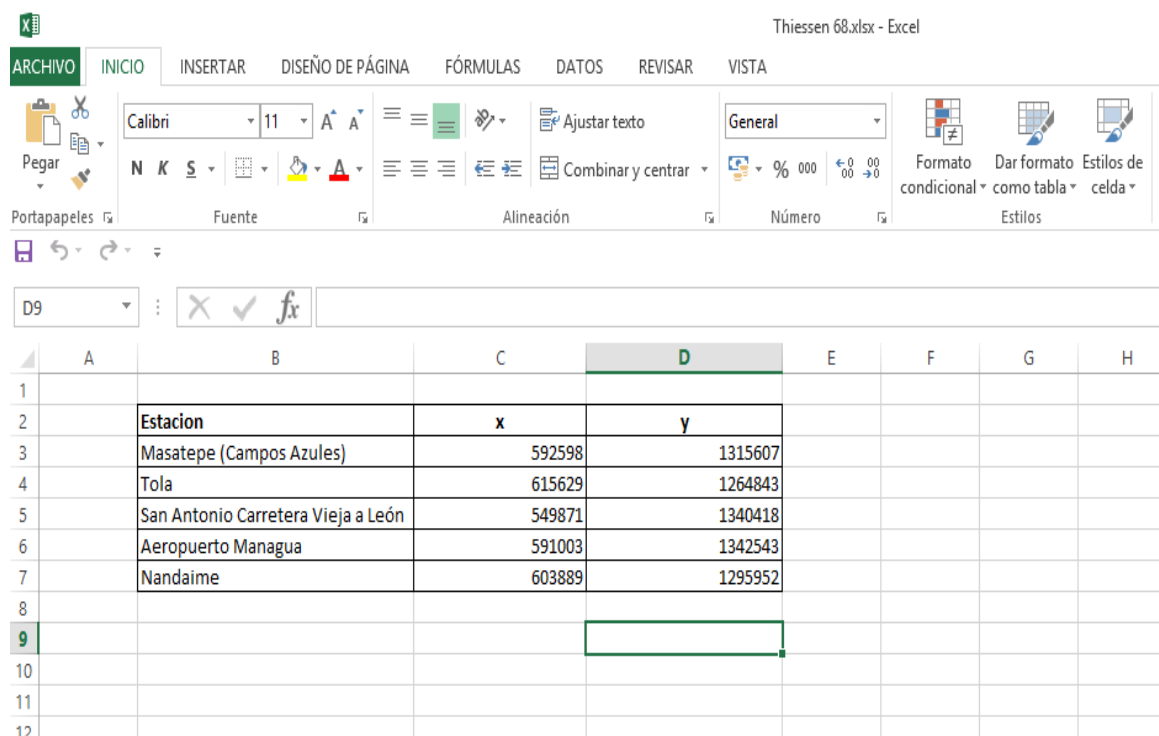
3.5 Método de los Polígonos de Thiessen mediante software ArcGis versión 10.2

Es uno de los métodos más empleados en la obtención de precipitaciones medias sobre una cuenca. Se basa en ponderar las precipitaciones en cada estación en función de un área de influencia.

Para la aplicación del método de los polígonos de Thiessen se utilizó el software ArcGis en su versión 10.2. Para efecto de utilización del Software ArcGis 10.2 las coordenadas geográficas fueron expresadas en coordenadas UTM.

El procedimiento a seguir fue el siguiente:

1. Primeramente se procedió a la elaboración de un libro en Excel que contiene los datos de ubicación geográfica de las estaciones pluviográficas seleccionadas para el estudio para la creación de un archivo **Shapefile** que posteriormente se usó para la elaboración de los Polígonos por el método de Thiessen. Figura 2



The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the following data table:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Estacion	x	y				
3		Masatepe (Campos Azules)	592598	1315607				
4		Tola	615629	1264843				
5		San Antonio Carretera Vieja a León	549871	1340418				
6		Aeropuerto Managua	591003	1342543				
7		Nandaime	603889	1295952				
8								
9								
10								
11								
12								

Figura 2. Paso 1 Elaboración del libro en Excel.

2. A continuación se procedió a crear un archivo Shapefile con los datos del libro de Excel para posicionarlos geográficamente dentro del mapa de Nicaragua. figura 3.

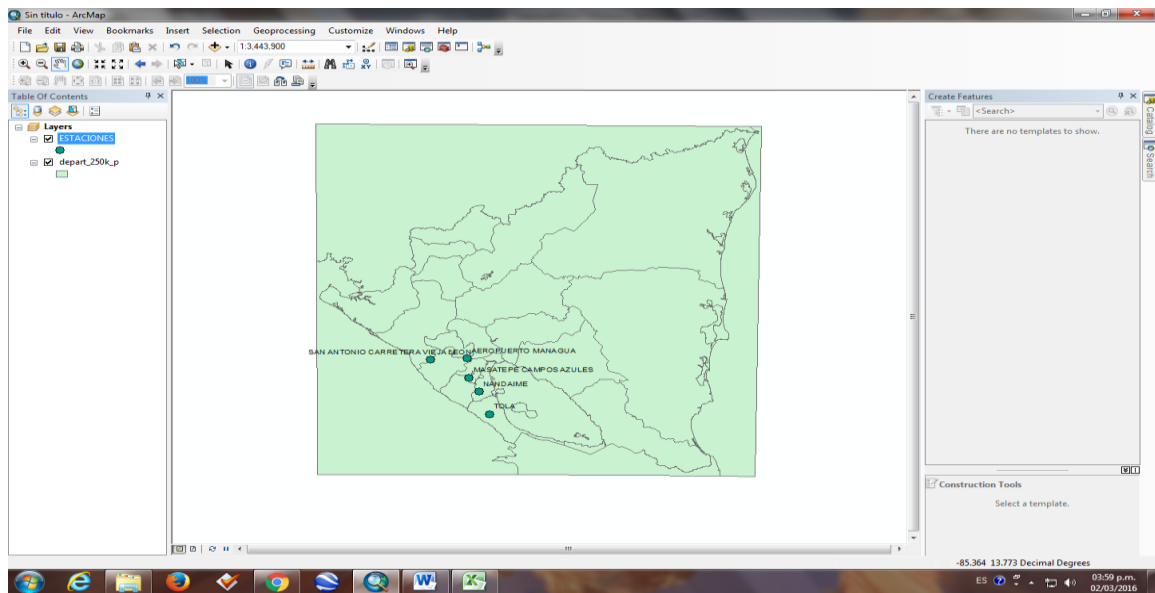


Figura 3. Paso 2 Elaboración del archivo Shapefile en Software ArcGis 10.2

3. Luego se obtuvieron los **Shapefile (shp)**, que son formatos vectoriales de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. figura 4

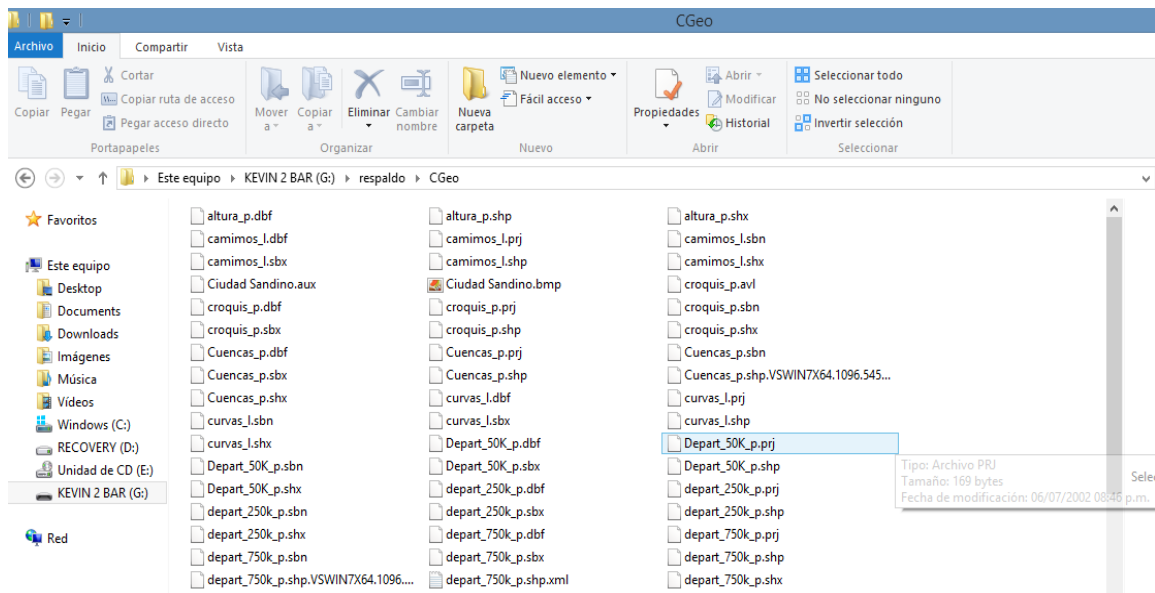


Figura 4. Paso 3 Obtención del archivo Shapefile para elaboración de Polígonos por el método de Thiessen

- Posteriormente se utilizó la herramienta del software ArcGis 10.2 llamada **Create Thiessen Polygon Analysis** que está dentro de las opciones de la herramienta **toolbox**, introducimos los datos de ubicación geográfica de las estaciones pluviográficas, para que el software generara automáticamente los Polígonos de Thiessen. figura 5

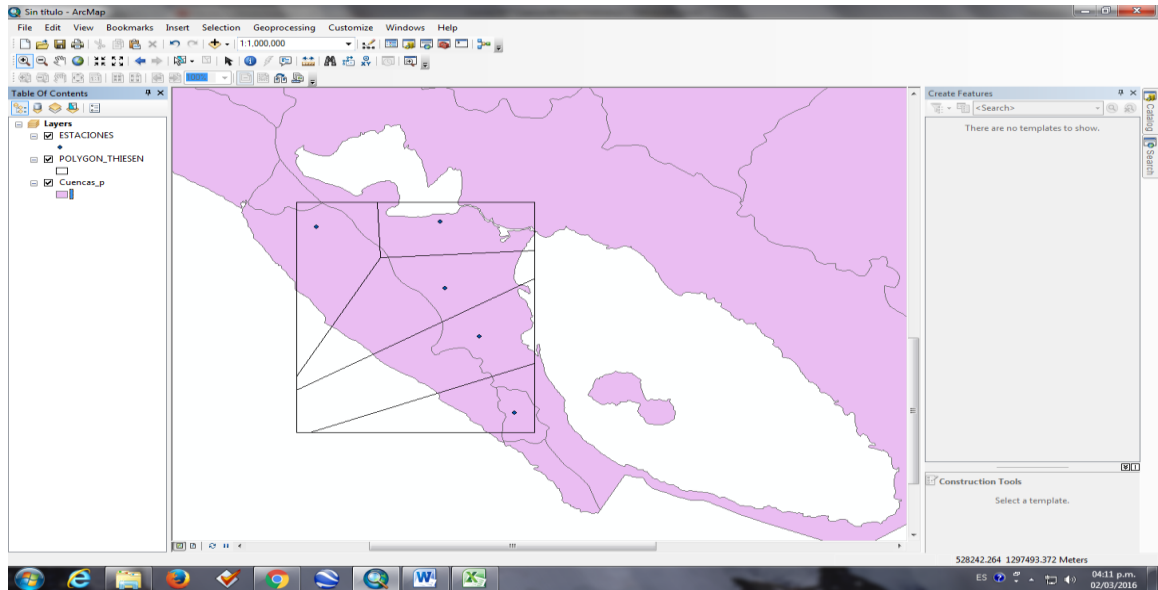


Figura 5. Paso 4 Construcción de Polígonos por el método de Thiessen.

- Finalmente con ayuda del software ArcGis 10.2 se calcularon las áreas de influencia de cada estación pluviográfica, para calcular la precipitación media anual de la cuenca mediante la fórmula:

$$P_m = \frac{\sum (a_i * P_i)}{\sum a_i} \quad \text{Ec. 10}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Cálculos de las intensidades esperadas para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones según el método de Gumbel Tipo I y Aparicio 1997

Las cinco estaciones pluviográficas ubicadas próximas a la Cuenca hidrográfica N°68 (Entre Rio Brito y Rio Tamarindo) en el territorio Nicaragüense abarca los departamentos de Managua, Masaya, Granada, León y Rivas, condujo a la búsqueda, organización, selección y homogenización de las precipitaciones desde 1975 hasta 1989 (1975-1989), cuyos resultados se muestran en tablas 1.a,1.b,1.c,1.d,1.e, tabla 2.a,2.b,2.c,2.e., y graficas de los modelos **Gumbel Tipo I** y **Aparicio, 1997**, utilizados en la construcción de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia del área de influencia en la Cuenca Hidrográfica N° 68. En los siguientes cuadros se muestran las intensidades en milímetros por minutos obtenidas para cada uno de los periodos de retorno de las cinco estaciones pluviográficas ocupadas para el estudio:

Cuadro 3.a Estación A.A.C.S Managua Gumbel Tipo I

Años	Duración (minutos)					
	Intensidad (mm/hr)					
Pr	5	10	15	30	60	120
5	175.76	147.51	124.28	93.01	64.56	42.03
10	192.44	160.98	136.11	105.97	75.10	51.85
15	201.85	168.59	142.79	113.28	81.05	57.39
20	208.44	173.91	147.47	118.39	85.21	61.27
30	217.65	181.34	154.00	125.54	91.02	66.69

Cuadro 4.a Estación A.A.C.S Managua Aparicio, 1997

Años	Duración (minutos)					
	Intensidad (mm/hr)					
Pr	5	10	15	30	60	120
5	228.91	155.73	124.31	84.57	57.53	39.14
10	290.12	197.37	157.55	107.18	72.92	49.60
15	333.26	226.72	180.97	123.12	83.76	56.98
20	367.70	250.15	199.68	135.84	92.41	62.87
30	422.38	287.34	229.37	156.04	106.15	72.22

Cuadro 3.b Estación Masatepe C.A Gumbel Tipo I

Años	Duración (minutos)						Años	Duración (minutos)					
	Intensidad (mm/hr)							Intensidad (mm/hr)					
Pr	5	10	15	30	60	120	Pr	5	10	15	30	60	120
5	151.26	115.69	99.46	73.67	51.71	31.43	5	172.92	120.51	97.56	67.99	47.39	33.02
10	164.53	124.42	110.22	81.93	59.16	35.61	10	205.89	143.49	116.17	80.96	56.42	39.32
15	172.02	129.35	116.29	86.59	63.37	37.97	15	228.03	158.92	128.66	89.66	62.49	43.55
20	177.26	132.80	120.54	89.86	66.31	39.63	20	245.16	170.86	138.32	96.40	67.18	46.82
30	184.58	137.62	126.48	94.42	70.43	41.94	30	271.52	189.22	153.19	106.76	74.41	51.86

Cuadro 4.b Estación Masatepe C.A Aparicio, 1997**Cuadro 3.c Estación C.V León Gumbel Tipo I**

Años	Duración (minutos)						Años	Duración (minutos)					
	Intensidad (mm/hr)							Intensidad (mm/hr)					
Pr	5	10	15	30	60	120	Pr	5	10	15	30	60	120
5	177.19	138.19	114.08	87.55	58.24	36.22	5	177.49	122.38	98.46	67.88	46.81	32.27
10	198.85	152.01	125.26	97.88	64.71	41.24	10	231.13	159.36	128.21	88.40	60.95	42.03
15	211.07	159.81	131.57	103.71	68.36	44.07	15	269.74	185.98	149.63	103.17	71.13	49.04
20	219.62	165.27	135.99	107.80	70.92	46.05	20	300.98	207.52	166.96	115.12	79.37	54.73
30	231.57	172.90	142.16	113.50	74.49	48.82	30	351.26	242.19	194.85	134.35	92.63	63.87

Cuadro 4.c Estación C.V León Aparicio, 1997**Cuadro 3.d Estación Nandaime Gumbel Tipo I**

Años	Duración (minutos)						Años	Duración (minutos)					
	Intensidad (mm/hr)							Intensidad (mm/hr)					
Pr	5	10	15	30	60	120	Pr	5	10	15	30	60	120
5	166.90	127.58	110.06	79.77	59.36	37.00	5	187.19	132.59	108.37	76.76	54.37	38.51
10	187.61	140.43	121.77	86.67	68.64	42.76	10	228.57	161.90	132.33	93.73	66.39	47.03
15	199.29	147.68	128.38	90.56	73.88	46.01	15	256.90	181.97	148.73	105.35	74.62	52.86
20	207.47	152.76	133.01	93.29	77.54	48.28	20	279.10	197.70	161.58	114.45	81.07	57.43
30	218.90	159.85	139.47	97.10	82.67	51.46	30	313.69	222.20	181.61	128.64	91.12	64.54

Cuadro 4.d Estación Nandaime Aparicio, 1997

Cuadro 3.e Estación Tola Gumbel Tipo I**Cuadro 4.e Estación Tola Aparicio, 1997**

Años	Duración (minutos)						Años	Duración (minutos)					
	Intensidad (mm/hr)							Intensidad (mm/hr)					
Pr	5	10	15	30	60	120	Pr	5	10	15	30	60	120
5	159.30	131.41	112.03	85.26	62.25	45.47	5	196.29	138.74	113.26	80.05	56.58	39.99
10	178.13	145.50	124.02	96.96	73.72	56.65	10	253.01	178.83	145.98	103.19	72.93	51.55
15	188.75	153.46	130.79	103.56	80.19	62.96	15	293.51	207.46	169.35	119.70	84.61	59.80
20	196.18	159.03	135.53	108.18	84.72	67.38	20	326.12	230.51	188.17	133.00	94.01	66.45
30	206.57	166.80	142.15	114.64	91.05	73.56	30	378.33	267.41	218.29	154.29	109.06	77.09

Las intensidades calculadas mediante la ecuación (5), para diferentes periodos de retorno no presentaron comportamientos diferentes con respecto a las intensidades registradas entre el periodo de 1975 – 1989 en el método de Gumbel tipo I. En cambio mediante la ecuación (8) del método Aparicio, 1997 presentaron un comportamiento diferente a las intensidades registradas en el periodo que se estudió, mostrándonos como la metodología presentada por Aparicio sobre estima los datos pluviográficos que se calcularon para cada una de las estaciones con respecto a los datos analizados.

4.2 Determinación de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para distintos periodos de retorno según el método de Gumbel Tipo I y Aparicio, 1997

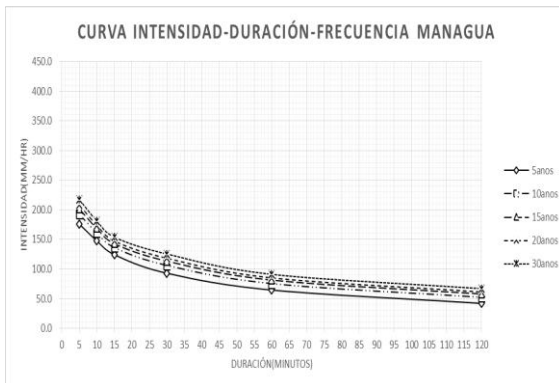


Figura 6.a Método Gumbel Tipo I

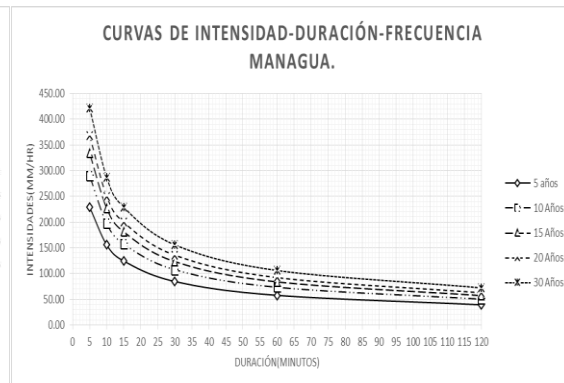


Figura 7.a Método Aparicio, 1997

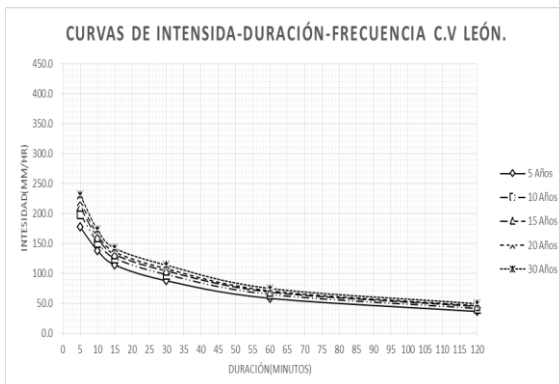


Figura 6.b Método Gumbel Tipo I

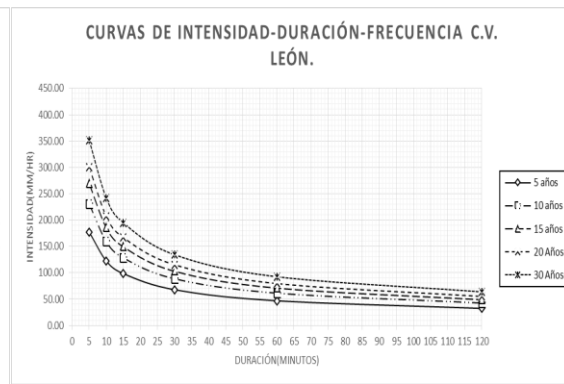


Figura 7.b Método Aparicio, 1997

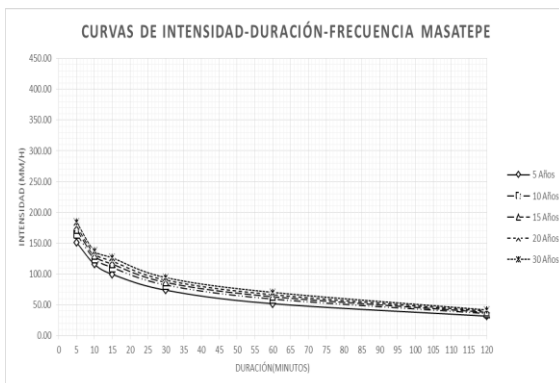


Figura 6.c Método Gumbel Tipo I

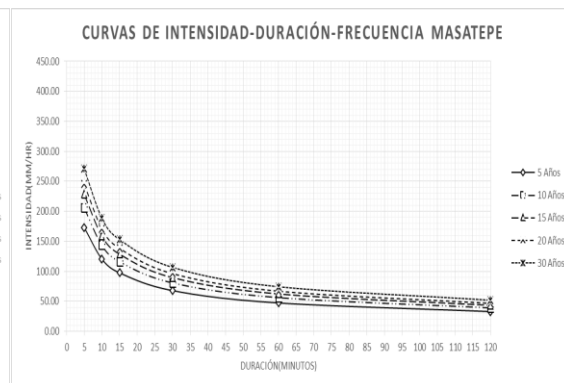


Figura 7.c Método Aparicio, 1997

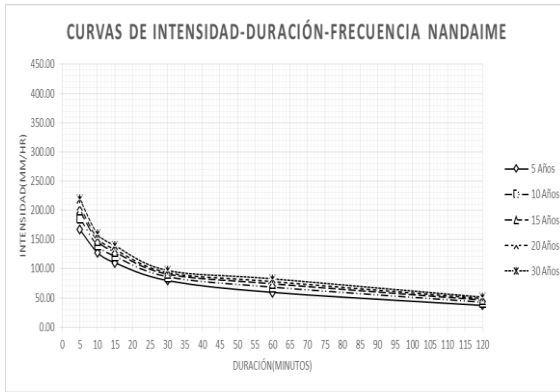


Figura 6.d Método Gumbel Tipo I

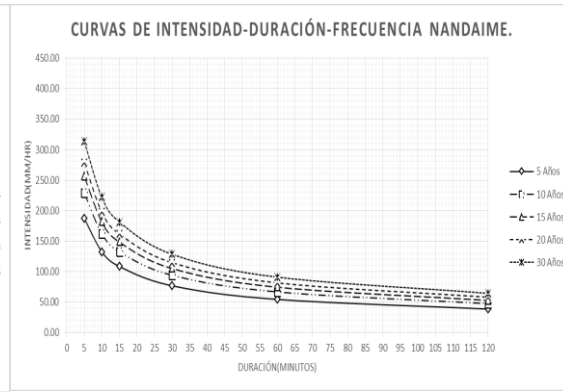


Figura 7.d Método Aparicio, 1997

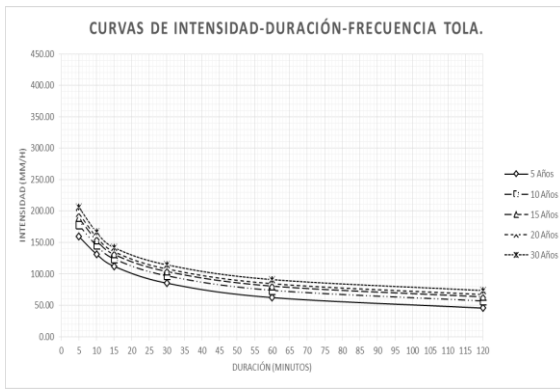


Figura 6.e Método Gumbel Tipo I

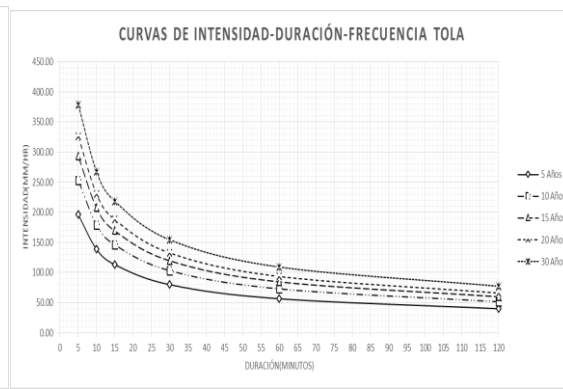


Figura 7.e Método Aparicio, 1997

El método de Aparicio,(1997) al relacionar concurrentemente las tres variables mediante la Ecuación (8), donde K, m y n son constantes que se calculan mediante un análisis de regresión lineal múltiple, al calcular las intensidades como se muestran en los cuadros (4.a, 4.b, 4.c, 4.d, 4.e), para los diferentes periodos de retorno, se obtuvieron las gráficas donde se muestran que este método sobre estima los valores haciendo que las curvas muestren una mayor escala; por otra parte el modelo de Gumbel Tipo I ajusta los valores en la función definida en la ecuación (2) y ecuación (3), obteniendo como resultado las curvas para cada estación mediante los datos calculados en los cuadros (3.a, 3.b, 3.c, 3.d, 3.e), para diferentes periodos de retorno y nos muestra un mejor ajuste para la zona en estudio. La figura 6.c, nos refleja para los periodos de retorno de 15, 20 y 30 años con duraciones en los tres periodos antes mencionados de 10-15 minutos hubo cierta variación debido a posibles fallas en las estaciones o problemas con los registros. En el caso de la figura 6.d,nos refleja para el periodo de retorno de 10 años variación de 30-60 minutos, a los 15 años variación de 15-30 y 30-60 minutos, en los periodos de retorno de 20 y 30 años hubo variaciones de 10-15,15-30 y 30-60 minutos debido a problemas con los registros o a cambio de operador.

El modelo estadístico Aparicio, (1997) presento este mismo comportamiento en un estudio realizado por López y Ñamendy, (2010) en la Región Central de Nicaragua , los datos de intensidad para cada uno de los periodos de retorno se sobre estimaban. Esto es un muy buen indicador respecto al hecho de que el modelo estadístico Gumbel Tipo I es una herramienta de estimación muy acertada para la estimación de datos de intensidad de precipitación para diferentes periodos de retorno y por ende para la construcción de curvas IDF.

4.3 Rango de intensidades de precipitaciones máximas para cada estación

Cuadro 5. Intensidades de precipitación encontradas (mm/h)

Estación	Valor máx (mm)	Año	Valor min (mm)	Año	Periodo Analizado
Aeropuerto A.C.S (Managua)	212.4	1988	8.9	1986	1975 – 1989
Masatepe(Campos Azules)	193.2	1982	16.2	1975	1975 – 1989
C.V León	204.0	1983	15.0	1980	1975 – 1989
Nandaime	236.4	1987	12.5	1977	1975 – 1989
Tola	190.8	1988	13.8	1976	1975 – 1989

En el periodo analizado de 1975 – 1978 podemos notar que las mayores intensidades registradas en mm/h se registran a los 5 minutos con valores desde 190.8 a 236.4 mm/h. En cambio las menores intensidades registradas se dan a los 120 minutos con valores que van desde los 8.9 a 16.2 mm/h, comprobando así la hipótesis de que a menor duración, mayor intensidad de precipitación.

Las intensidades de precipitación esperadas para diferentes periodos de retorno y duración obtenidas a través del método Gumbel Tipo I son las más aproximadas a las intensidades del periodo analizado para el estudio con una diferencia del 2 - 21 %, en cambio el método Aparicio, (1997), presenta una diferencia del 7- 54 % respecto a las intensidades de precipitación registradas en cada una de las cinco estaciones pluviográficas utilizadas para el estudio.

4.4 Determinación de la precipitación media de la cuenca por medio del método de los polígonos de Thiessen

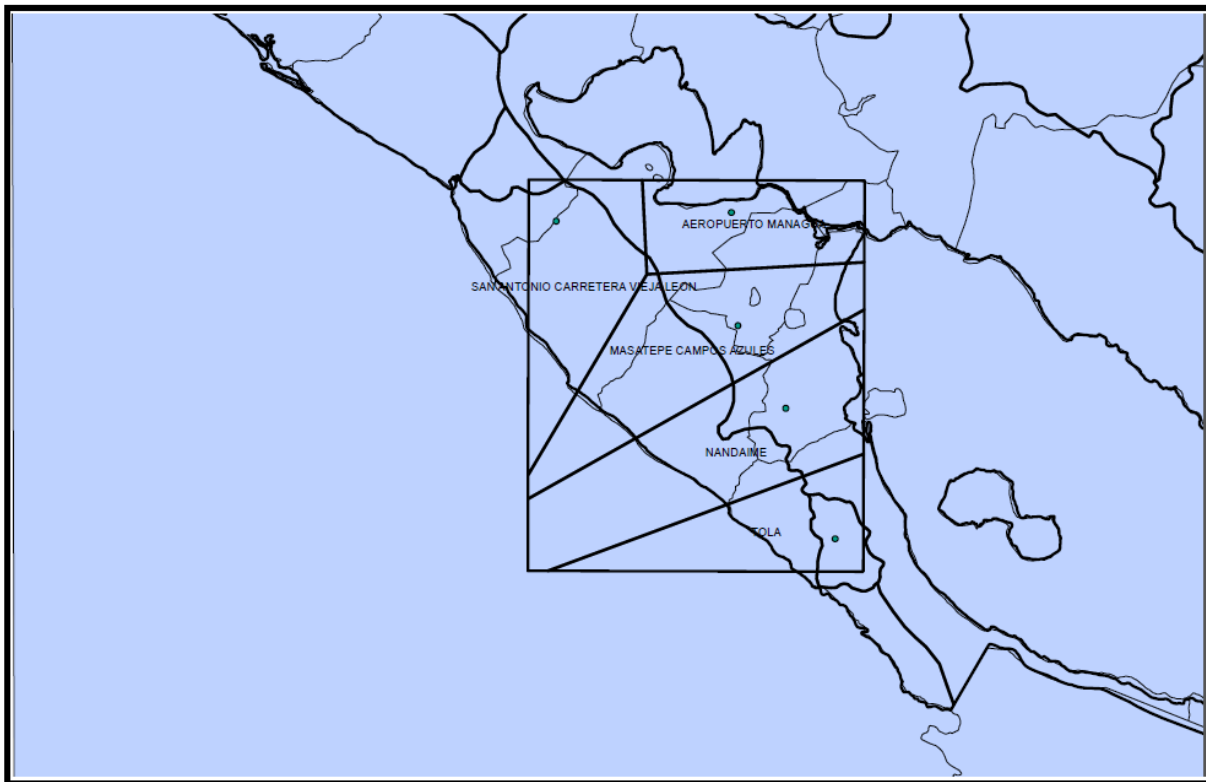


Figura 8. Polígonos de Thiessen en la Cuenca N°68, Nicaragua

Los polígonos de Thiessen obtenidos mediante el software ArcGis 10.2, nos muestran el área de influencia para cada una de las estaciones pluviográficas utilizadas para el estudio ubicadas en los departamentos de Managua, Masaya, León, Granada y Rivas, pudiendo calcular mediante la Ec. 10 la precipitación media anual de la cuenca.

En nuestro estudio calculamos la precipitación media mediante los datos obtenidos por ambos métodos Aparicio, 1997 y Gumbel Tipo I, obteniendo los siguientes resultados:

6. a Precipitación media Gumbel Tipo I

Período de retorno	
5 años	
Duración	Precipitación Media (mm)
5 minutos	158.19
10 minutos	129.90
15 minutos	110.46
30 minutos	82.31
60 minutos	58.41
120 minutos	37.40

7.a Precipitación media Aparicio, 1997

Período de retorno	
5 años	
Duración	Precipitación Media (mm)
5 minutos	189.33
10 minutos	132.04
15 minutos	106.96
30 minutos	74.62
60 minutos	52.07
120 minutos	36.35

6. b Precipitación media Gumbel Tipo I

Período de retorno	
10 años	
Duración	Precipitación Media (mm)
5 minutos	183.12
10 minutos	142.15
15 minutos	121.90
30 minutos	91.72
60 minutos	67.24
120 minutos	44.00

7.b Precipitación media Aparicio, 1997

Período de retorno	
10 años	
Duración	Precipitación Media (mm)
5 minutos	235.82
10 minutos	164.44
15 minutos	136.49
30 minutos	92.90
60 minutos	64.82
120 minutos	45.24

6. c Precipitación media Gumbel Tipo I

Período de retorno	
15 años	
Duración	Precipitación Media (mm)
5 minutos	193.35
10 minutos	145.27
15 minutos	128.35
30 minutos	97.03
60 minutos	72.22
120 minutos	47.72

7.c Precipitación media Aparicio, 1997

Período de retorno	
15 años	
Duración	Precipitación Media (mm)
5 minutos	268.27
10 minutos	187.05
15 minutos	151.49
30 minutos	105.66
60 minutos	73.71
120 minutos	51.44

6. d Precipitación media Gumbel Tipo I

Período de retorno	
20 años	
Duración	Precipitación Media (mm)
5 minutos	200.52
10 minutos	153.91
15 minutos	132.87
30 minutos	100.75
60 minutos	75.71
120 minutos	50.33

6. e Precipitación media Gumbel Tipo I

Período de retorno	
30 años	
Duración	Precipitación Media (mm)
5 minutos	210.53
10 minutos	160.67
15 minutos	139.18
30 minutos	105.94
60 minutos	80.58
120 minutos	53.97

7. d Precipitación media Aparicio, 1997

Período de retorno	
20 años	
Duración	Precipitación Media (mm)
5 minutos	294.04
10 minutos	205.00
15 minutos	166.02
30 minutos	114.09
60 minutos	80.78
120 minutos	56.36

7. e Precipitación media Aparicio, 1997

Período de retorno	
30 años	
Duración	Precipitación Media (mm)
5 minutos	334.74
10 minutos	233.35
15 minutos	188.97
30 minutos	131.78
60 minutos	91.92
120 minutos	64.13

4.5 Medidas de bondad de ajuste del método Gumbel Tipo I y Aparicio, 1997

La validez del método Gumbel Tipo I radica en la forma en que ajusta los datos mediante la prueba de bondad Smirnov – Kolmogorov que según Villodas, (2006) es una prueba que se ajusta de manera eficaz a datos no agrupados, por tanto, no requiere intervalos de clase; en este caso las intensidades de precipitación (mm) de cada una de las estaciones pluviográficas utilizadas en el estudio.

Aparicio, (1997) utiliza la correlación lineal múltiple, ajusta sus datos mediante un coeficiente de determinación (R^2), que es calculado por estimación de mínimos cuadrados, elevando y sumando los errores de tal manera que estos se minimicen para obtener un buen ajuste de bondad.

La prueba de ajuste de Smirnov - Kolmogorov la bondad en el método Gumbel Tipo I se mantiene constante en todas las estaciones pluviográficas, en cambio el ajuste mediante coeficiente de determinación para Aparicio, (1997) presenta variación en cuanto al porcentaje de bondad en cada una de las estaciones pluviográficas, como se puede apreciar a continuación:

Cuadro 8. Porcentaje de bondad de ajuste en método Gumbel Tipo I y Aparicio, 1997 para cada estación

Método	Prueba de Bondad de Ajuste (%)	
	Smirnov - Kolmogorov	R^2
	Gumbel Tipo I	Aparicio , 1997
Nombre de las estaciones		
Aeropuerto Managua A.C.S	95	96
Masatepe (Campos Azules)	95	92
Carretera Vieja a León	95	94
Nandaime	95	91
Tola	95	94
Promedio	95	93.4

Como podemos notar en el cuadro 8. el ajuste de bondad para Aparicio, 1997 en las cinco estaciones pluviográficas presenta un porcentaje de confianza alto, mostrando variabilidad dentro de su datos, en cambio el método de Gumbel tipo I, presenta una estabilidad en todas las estaciones.

V. CONCLUSIONES

El estudio demostró la factibilidad de generar curvas IDF (Intensidad- Duración-Frecuencia), en la Cuenca N° 68 a partir de registros pluviográficos obtenidos en la zona de estudio que fueron analizados por los métodos estadísticos Gumbel Tipo I y Aparicio, (1997), así mismo las curvas IDF obtenidas no difieren en la forma y la tendencia entre sí, produciendo diferencia solo en relación a la escala de intensidad de precipitación entre ambos métodos.

En general, el comportamiento de las precipitaciones máximas en función de la duración y la frecuencia calculada con el método Gumbel tipo 1, no difieren significativamente con respecto a los datos del periodo analizado. Sin embargo el método Aparicio (1997), la variación entre las escalas de intensidades de precipitación calculadas con respecto a los datos del periodo analizado, varía significativamente entre un 7 – 54 % sobre estimando los datos calculados.

Gumbel Tipo I al ajustar sus datos mediante la prueba de bondad de Smirnov- Kolmogorov demostró que el ajuste de los datos al modelo estadístico es muy bueno y constante (95 %) para cada una de las estaciones pluviográficas seleccionadas. Con respecto al modelo estadístico Aparicio, (1997), posee un ajuste de los datos bueno pero variable para cada una de las cinco estaciones pluviográficas, con un porcentaje de bondad de ajuste promedio del 93.4 %.

En relación a la construcción de las curvas IDF, en general, no presentaron grandes problemas en el diseño para las distintas estaciones, a excepción de la estación de Masatepe (Campos Azules) para el método Gumbel Tipo I que presento variaciones para los periodos de retorno de 15, 20 y 30 años debido a irregularidad en los datos de intensidades de precipitación en el año 1988 que pudieron ser ocasionados por condiciones adversas como por ejemplo: datos faltantes, acumulación de los mismos , cambio de operador, obstrucción del sifón del pluviógrafo, obstrucción en la plumilla o varillas del flotador, falta de suministro de tinta.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el presente estudio en todas las cuencas existentes en Nicaragua con el fin de poder contar con una herramienta de uso eficiente en la gestión de recursos hídricos.
- Se recomienda el método de Gumbel tipo I ya que se obtuvieron excelentes niveles de ajuste para la zona en estudio con una duración y período de retorno determinado y un alto grado de precisión.
- Se recomienda que este estudio sea complementado y revisado en un plazo de 8 años, con la finalidad de añadir nueva información que podría modificar los resultados.
- Se recomienda el uso de los modelos ajustados para cada estación meteorológica, la cual pueden ser utilizada en área de influencia según el método de Thiessen.
- En general, mejorar el sistema de información hidrológico y meteorológico del país, añadiendo más estaciones hidrográficas que permitan desarrollar nuevos estudios.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aparicio, 1997.** Fundamentos de hidrología de superficie. Ed. Limusa, S.A. Balderas, MX. 302p.
- Bateman, A., 2007** Hidrología Básica y Aplicada (En línea), Caracas, VE. Consultado 20 Enero, 2016. Disponible en: <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf> .58p.
- Chow, V. t. (1994).** Hidrología Aplicada. Ed. Nomos, S.A. Bogotá, CO. 584p.
- Gámez, R., 2009.** Texto básico de hidrología. Managua, Nicaragua. Ed. Editronic, S.A. Managua, NI. 150 p.
- INETER 2015.** Instituto Nicaragüense de estudios territoriales. Departamento de meteorología. Managua, Nicaragua.
- López, I.; Ñamendy, S. 2010.** Intensidad - Duración - Frecuencia en la Región Central de Nicaragua. Ingeniero Agrícola para el Desarrollo Sostenible. Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. 51p.
- MARENA, 2010.** Caracterización de la Cuenca N°68 Entre Rio Brito y Rio Tamarindo (En línea) Managua, NI. Consultado 19 de Agosto, 2015. Disponible en www.sinia.net.ni/multisites/NodoBiodiversidad/index.../biblioteca?...id...31p.
- Monsalve, G., 1999.** Hidrología en la Ingeniería. Ed. AlfaOmega Grupo Editor, S.A Estado de México, MX. 359p.
- Pizarro, R. (2001).** Análisis Comparativo de las Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) en 6 Estaciones Pluviográficas (VII Región del Maule, Chile). Santiago, CL. 49p.
- Segerer y Villodas., 2006.** Hidrología 1.Unidad 5 Precipitaciones. (En línea). Cuyo, AR. Consultado 19 de Agosto, 2015 Disponible en <http://www.conosur-rirh.net/ADVf/documentos/hidro1.pdf>. 26p
- UNA, 2008.** Universidad Nacional Agraria. Guías y Normas metodológica de las formas de culminación de estudios (En línea). Managua, NI. Consultado 2 de Agosto 2015. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN371.422U58.pdf> 56p.
- Villon. B., 2006,** Hidrología Estadística. Ed. Tecnológico de Costa Rica Cartago, CR. 440p

VIII. ANEXOS

7.1 Determinación de los cuadros de uso práctico Gumbel Tipo I

Anexo 1 Estación Aeropuerto Managua, Intensidades máximas anuales de precipitación (mm)

INTENSIDADES MÁXIMAS ANUALES DE PRECIPITACION (mm).						
AÑOS	5	10	15	30	60	120
	minutos.	minutos	minutos	minutos	minutos	minutos
1975	126	125.4	118.4	100	90	65.6
1976	123.6	118.2	113.6	72.4	41.6	22.8
1977	187.2	142.2	118.4	79.2	52.1	29.2
1978	126	125.6	90.8	77	49	30.2
1979	121.2	111.6	92.8	57.8	42.4	26.8
1980	180	178.2	158.4	99	63.8	37.3
1981	153.6	109.2	104.8	59.6	36.7	23
1982	155.6	122.4	95.6	68	57.7	33.6
1983	133.2	102	80.8	55.8	35.4	18.1
1984	151.2	150	123.2	112.8	63.2	32.7
1985	150	134.4	109.6	106.4	77.3	67.9
1986	158.4	103.8	88	54.4	28.5	8.9
1987	200.4	151.8	119.2	84.4	47.1	17.4
1988	212.4	168.8	134.4	93.2	64.2	21.2
1989	150.1	120.7	98	36.4	25.2	14.8

Anexo 1.a Intensidades máximas, ordenadas de mayor a menor

m = orden asignado al número de observaciones

	5	10	15	30	60	120
m	minutos.	minutos	minutos	minutos	minutos	minutos
1	212.4	178.2	158.4	112.8	90	67.9
2	200.4	168.8	134.4	106.4	77.3	65.6
3	187.2	151.8	123.2	100	64.2	37.3
4	180	150	119.2	99	63.8	33.6
5	158.4	142.2	118.4	93.2	63.2	32.7
6	155.6	134.4	118.4	84.4	57.7	30.2
7	153.6	125.6	113.6	79.2	52.1	29.2
8	151.2	125.4	109.6	77	49	26.8
9	150.1	122.4	104.8	72.4	47.1	23
10	150	120.7	98	68	42.4	22.8
11	133.2	118.2	95.6	59.6	41.6	21.2
12	126	111.6	92.8	57.8	36.7	18.1
13	126	109.2	90.8	55.8	35.4	17.4
14	123.6	103.8	88	54.4	28.5	14.8
15	121.2	102	80.8	36.4	25.2	8.9

Anexo 1.b Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia

m = orden asignado al número de observaciones

n = número total de observaciones

m/(n+1)	(n+1)/m	1-[m/(n+1)]
0.06	16.00	0.94
0.13	8.00	0.88
0.19	5.33	0.81
0.25	4.00	0.75
0.31	3.20	0.69
0.38	2.67	0.63
0.44	2.29	0.56
0.50	2.00	0.50
0.56	1.78	0.44
0.63	1.60	0.38
0.69	1.45	0.31
0.75	1.33	0.25
0.81	1.23	0.19
0.88	1.14	0.13
0.94	1.07	0.06

Anexo 1.c Distribución teórica

Σxi = Sumatoria de datos de intensidades

x = Promedio del número de observaciones

Σxi^2 = Sumatoria de datos de intensidades al cuadrado

Sx = Desviación estándar o desviación típica

$\alpha = 1.2825/Sx$

$\beta = x - 0.4506 * Sx$

	5	10	15	30	60	120
	minutos.	minutos	minutos	minutos	minutos	minutos
P A R A M E T R O S	212.4	178.2	158.4	112.8	90.0	67.9
	200.4	168.8	134.4	106.4	77.3	65.6
	187.2	151.8	123.2	100.0	64.2	37.3
	180.0	150.0	119.2	99.0	63.8	33.6
	158.4	142.2	118.4	93.2	63.2	32.7
	155.6	134.4	118.4	84.4	57.7	30.2
	153.6	125.6	113.6	79.2	52.1	29.2
	151.2	125.4	109.6	77.0	49.0	26.8
	150.1	122.4	104.8	72.4	47.1	23.0
	150.0	120.7	98.0	68.0	42.4	22.8
	133.2	118.2	95.6	59.6	41.6	21.2
	126.0	111.6	92.8	57.8	36.7	18.1
	126.0	109.2	90.8	55.8	35.4	17.4
123.6	103.8	88.0	54.4	28.5	14.8	
121.2	102.0	80.8	36.4	25.2	8.9	
Σxi	2,328.9	1,964.3	1,646.0	1,156.4	774.2	449.5
<i>x</i>	155.3	131.0	109.7	77.1	51.6	30.0
Σxi^2	372,964.7	264,655.8	186,350.6	96,013.8	44,500.4	17,413.1
<i>Sx</i>	28.5	23.0	20.2	22.1	18.0	16.8
α	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
β	142.4	120.6	100.6	67.1	43.5	22.4

Anexo 1.d Cálculo de distribución empírica

5	10	15	30	60	120
minutos.	minutos	minutos	minutos	minutos	minutos
$e^{-(e)^{-\alpha(Xm-\beta)}}$					
0.958	0.960	0.975	0.932	0.964	0.970
0.929	0.934	0.889	0.902	0.914	0.964
0.875	0.839	0.787	0.862	0.795	0.726
0.832	0.823	0.735	0.854	0.790	0.654
0.614	0.741	0.723	0.802	0.782	0.634
0.575	0.629	0.723	0.692	0.695	0.576
0.546	0.470	0.645	0.609	0.582	0.552
0.510	0.466	0.568	0.569	0.509	0.489
0.493	0.405	0.464	0.479	0.461	0.385
0.491	0.370	0.307	0.387	0.339	0.379
0.220	0.319	0.253	0.213	0.318	0.334
0.123	0.192	0.194	0.180	0.197	0.249
0.123	0.152	0.155	0.146	0.169	0.231
0.097	0.078	0.108	0.124	0.055	0.167
0.075	0.060	0.030	0.003	0.025	0.060

Anexo 1.e Obtención de la desviación máxima entre la probabilidad de la distribución empírica y teórica

$\Delta_{\text{máx.}}$ = desviación máxima

Pe = probabilidad de distribución empírica

Pt = probabilidad de la distribución teórica

m = orden asignado al número de observaciones

n = número total de observaciones

1-[m/(n+1)]	m	$\Delta_{\text{máx}} = Pe(X \leq Xm) - Pt(X \leq Xm) $					
		Pe - Pt	Pe - Pt	Pe - Pt	Pe - Pt	Pe - Pt	Pe - Pt
0.938	1	0.020	0.022	0.037	0.006	0.026	0.032
0.875	2	0.054	0.059	0.014	0.027	0.039	0.089
0.813	3	0.062	0.026	0.026	0.049	0.018	0.087
0.75	4	0.082	0.073	0.015	0.104	0.040	0.096
0.688	5	0.074	0.053	0.035	0.114	0.094	0.054
0.625	6	0.050	0.004	0.098	0.067	0.070	0.049
0.563	7	0.017	0.093	0.082	0.046	0.019	0.011
0.5	8	0.010	0.034	0.068	0.069	0.009	0.011
0.438	9	0.055	0.033	0.026	0.041	0.023	0.053
0.375	10	0.116	0.005	0.068	0.012	0.036	0.004
0.313	11	0.093	0.006	0.060	0.100	0.005	0.021
0.25	12	0.127	0.058	0.056	0.070	0.053	0.001
0.188	13	0.065	0.036	0.033	0.042	0.019	0.043
0.125	14	0.028	0.047	0.017	0.001	0.070	0.042
0.063	15	0.012	0.003	0.033	0.060	0.038	0.003
max desv.		0.127	0.093	0.098	0.114	0.094	0.096

Anexo 2 Estación Masatepe, Intensidades máximas anuales de precipitación (mm)

Año	Duracion en Minutos					
	5	10	15	30	60	120
1975	120	93	76	64	32	16.2
1976	130.8	93	66	40.8	36.9	25.6
1977	120	106.8	86.4	58	38.3	24.7
1978	120	99	76.4	57.4	40.7	28.1
1979	120	78	52	42	24	21.5
1980	144	114	100	62.8	49..5	28.9
1981	126	107.4	78.4	48.8	33.8	21.7
1982	193.2	136.2	111.2	80.8	56.2	31.1
1983	117.6	86.4	70.4	63.2	55.1	42.4
1984	120	92.4	81.6	57.6	32.2	29.2
1985	123.6	105	90.8	84.8	51.8	17.32
1986	145.2	112.8	97.2	74.2	40.32	22.3
1987	150	114	108	74.2	43.8	22.6
1988	174	116.4	79.2	58.6	30.3	24
1989	120	120	120	85.6	73.3	38.6

Anexo 2.a Intensidades máximas, ordenadas de mayor a menor

m = orden asignado al número de observaciones

m	Duracion en Minutos					
	5	10	15	30	60	120
1	193.2	136.2	120.0	85.6	49.5	42.4
2	174.0	120.0	111.2	84.8	73.3	38.6
3	150.0	116.4	108.0	80.8	56.2	31.1
4	145.2	114.0	100.0	74.2	55.1	29.2
5	144.0	114.0	97.2	74.2	51.8	28.9
6	130.8	112.8	90.8	64.0	43.8	28.1
7	126.0	107.4	86.4	63.2	40.7	25.6
8	123.6	106.8	81.6	62.8	40.3	24.7
9	120.0	105.0	79.2	58.6	38.3	24.0
10	120.0	99.0	78.4	58.0	36.9	22.6
11	120.0	93.0	76.4	57.6	33.8	22.3
12	120.0	93.0	76.0	57.4	32.2	21.7
13	120.0	92.4	70.4	48.8	32.0	21.5
14	120.0	86.4	66.0	42.0	30.3	17.3
15	117.6	78.0	52.0	40.8	24.0	16.2

Anexo 2.b Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia

m = orden asignado al número de observaciones

n = número total de observaciones

m	m/(n+1)	(n+1)/m	1-[m/(n+1)]
1	0.06	16.0	0.94
2	0.13	8.0	0.88
3	0.19	5.3	0.81
4	0.25	4.0	0.75
5	0.31	3.2	0.69
6	0.38	2.7	0.63
7	0.44	2.3	0.56
8	0.50	2.0	0.50
9	0.56	1.8	0.44
10	0.63	1.6	0.38
11	0.69	1.5	0.31
12	0.75	1.3	0.25
13	0.81	1.2	0.19
14	0.88	1.1	0.13
15	0.94	1.1	0.06

Anexo 2.c Distribución teórica.

Σxi = Sumatoria de datos de intensidades

x = Promedio del número de observaciones.

Σxi^2 = Sumatoria de datos de intensidades al cuadrado.

Sx = Desviación estándar o desviación típica.

$\alpha = 1.2825/Sx$

$\beta = x - 0.4506*Sx$

	Duracion en minutos					
	5	10	15	30	60	120
	193.20	136.20	120.00	85.60	49.50	42.40
	174.00	120.00	111.20	84.80	73.30	38.60
P	150.00	116.40	108.00	80.80	56.20	31.10
A	145.20	114.00	100.00	74.20	55.10	29.20
R	144.00	114.00	97.20	74.20	51.80	28.90
A	130.80	112.80	90.80	64.00	43.80	28.10
M	126.00	107.40	86.40	63.20	40.70	25.60
E	123.60	106.80	81.60	62.80	40.32	24.70
T	120.00	105.00	79.20	58.60	38.30	24.00
R	120.00	99.00	78.40	58.00	36.90	22.60
O	120.00	93.00	76.40	57.60	33.80	22.30
S	120.00	93.00	76.00	57.40	32.20	21.70
	120.00	92.40	70.40	48.80	32.00	21.50
	120.00	86.40	66.00	42.00	30.30	17.32
	117.60	78.00	52.00	40.80	24.00	16.20
Σxi	2,024.40	1,574.40	1,293.60	952.80	638.22	394.22
x	134.96	104.96	86.24	63.52	42.55	26.28
Σxi^2	280,412.64	168,366.96	116,293.76	63,312.96	29,427.33	11,077.45
Sx	22.68	14.92	18.39	14.12	12.74	7.16
α	0.06	0.09	0.07	0.09	0.10	0.18
β	124.74	98.24	77.95	57.16	36.81	23.06

Anexo 2.d Cálculo de distribución empírica

	Pt=(X≤Xm)				
	e ^{-e} ·e ^{-α(Xm-β)}				
5	10	15	30	60	120
0.979	0.962	0.948	0.927	0.757	0.969
0.940	0.857	0.906	0.922	0.975	0.940
0.787	0.811	0.884	0.890	0.868	0.789
0.730	0.773	0.807	0.808	0.853	0.717
0.714	0.773	0.770	0.808	0.802	0.704
0.492	0.751	0.665	0.584	0.610	0.667
0.394	0.634	0.574	0.561	0.509	0.530
0.344	0.619	0.460	0.549	0.496	0.475
0.270	0.572	0.400	0.416	0.423	0.430
0.270	0.392	0.379	0.396	0.371	0.338
0.270	0.208	0.328	0.383	0.258	0.318
0.270	0.208	0.318	0.376	0.204	0.279
0.270	0.192	0.184	0.118	0.197	0.267
0.270	0.063	0.100	0.019	0.146	0.061
0.224	0.003	0.002	0.012	0.027	0.033

Anexo 2.e Obtención de la desviación máxima entre la probabilidad de la distribución empírica y teórica

Δ_{máx.} = desviación máxima

Pe = probabilidad de distribución empírica

Pt = probabilidad de la distribución teórica

m = orden asignado al número de observaciones

n = número total de observaciones

		Δ _{max} = Pe(X≤Xm) - Pt(X≤Xm)					
1-[m/(n+1)]	m	Pe-Pt	Pe-Pt	Pe-Pt	Pe-Pt	Pe-Pt	Pe-Pt
0.94	1	-0.042	-0.025	-0.011	0.010	0.181	-0.032
0.88	2	-0.065	0.018	-0.031	-0.047	-0.100	-0.065
0.81	3	0.026	0.002	-0.072	-0.077	-0.055	0.023
0.75	4	0.020	-0.023	-0.057	-0.058	-0.103	0.033
0.69	5	-0.027	-0.085	-0.083	-0.121	-0.114	-0.017
0.63	6	0.133	-0.126	-0.040	0.041	0.015	-0.042
0.56	7	0.168	-0.072	-0.012	0.001	0.054	0.032
0.50	8	0.156	-0.119	0.040	-0.049	0.004	0.025
0.44	9	0.167	-0.134	0.038	0.022	0.015	0.008
0.38	10	0.105	-0.017	-0.004	-0.021	0.004	0.037
0.31	11	0.042	0.104	-0.016	-0.070	0.054	-0.006
0.25	12	-0.020	0.042	-0.068	-0.126	0.046	-0.029
0.19	13	-0.083	-0.004	0.004	0.069	-0.010	-0.079
0.13	14	-0.145	0.062	0.025	0.106	-0.021	0.064
0.06	15	-0.161	0.059	0.060	0.050	0.036	0.030
Desv. Max		0.167	0.104	0.060	0.050	0.036	0.064

Anexo 3 Estación Carretera Vieja a León, Intensidades máximas anuales de precipitación (mm)

INTENSIDADES MAXIMAS ANUALES DE PRECIPITACION (mm).						
AÑOS	5	10	15	30	60	120
	minutos.	minutos	minutos	minutos	minutos	minutos
1975	124.8	108.6	84.8	62	32.8	24.1
1976	168	159	124	79	49.8	16.3
1977	212.4	118.8	118.8	78	51.3	29.7
1978	118.8	106.8	78.8	66	48	27
1979	99.6	79.2	75.6	70.8	55	35.4
1980	117.1	102	78	44	35.5	15
1981	205.2	123.6	118.4	78.8	46	27.7
1982	120	120	96	80.8	52.9	34.6
1983	204	130.8	91.6	75.2	52.9	31.3
1984	136.8	128.4	105.6	85	58.4	34.8
1985	149.6	121.2	98	68	51.6	44.8
1986	121.2	89.4	78	40.8	33.1	22.3
1987	129.6	118.2	104.8	88.6	50.1	27.6
1988	183.6	168	132	101.4	75.7	41.6
1989	168	144	120.8	104.4	61.2	38.6

Anexo 3.a Intensidades máximas, ordenadas de mayor a menor

m = orden asignado al número de observaciones

m	5	10	15	30	60	120
	minutos.	minutos	minutos.	minutos.	minutos.	minutos.
1	212.4	168	132	104.4	75.7	44.8
2	205.2	159	124	101.4	61.2	41.6
3	204	144	120.8	88.6	58.4	38.6
4	183.6	130.8	118.8	85	55	35.4
5	168	128.4	118.4	80.8	52.9	34.8
6	168	123.6	105.6	79	52.9	34.6
7	149.6	121.2	104.8	78.8	51.6	31.3
8	136.8	120	98	78	51.3	29.7
9	129.6	118.8	96	75.2	50.1	27.7
10	124.8	118.2	91.6	70.8	49.8	27.6
11	121.2	108.6	84.8	68	48	27
12	120	106.8	78.8	66	46	24.1
13	118.8	102	78	62	35.5	22.3
14	117.1	89.4	78	44	33.1	16.3
15	99.6	79.2	75.6	40.8	32.8	15

Anexo 3.b Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia

m = orden asignado al número de observaciones

n = número total de observaciones

m/(n+1)	(n+1)/m	1-[m/(n+1)]
0.06	16.00	0.94
0.13	8.00	0.88
0.19	5.33	0.81
0.25	4.00	0.75
0.31	3.20	0.69
0.38	2.67	0.63
0.44	2.29	0.56
0.50	2.00	0.50
0.56	1.78	0.44
0.63	1.60	0.38
0.69	1.45	0.31
0.75	1.33	0.25
0.81	1.23	0.19
0.88	1.14	0.13
0.94	1.07	0.06

Anexo 3.c Distribución teórica.

Σxi = Sumatoria de datos de intensidades

x = Promedio del número de observaciones.

Σxi² = Sumatoria de datos de intensidades al cuadrado.

Sx = Desviación estándar o desviación típica.

α = 1.2825/Sx

*β = x - 0.4506*Sx*

	5	10	15	30	60	120
	minutos.	minutos	minutos	minutos	minutos	minutos
P A R A M E T R O S	212.40	168.00	132.00	104.40	75.70	44.80
	205.20	159.00	124.00	101.40	61.20	41.60
	204.00	144.00	120.80	88.60	58.40	38.60
	183.60	130.80	118.80	85.00	55.00	35.40
	168.00	128.40	118.40	80.80	52.90	34.80
	168.00	123.60	105.60	79.00	52.90	34.60
	149.60	121.20	104.80	78.80	51.60	31.30
	136.80	120.00	98.00	78.00	51.30	29.70
	129.60	118.80	96.00	75.20	50.10	27.70
	124.80	118.20	91.60	70.80	49.80	27.60
	121.20	108.60	84.80	68.00	48.00	27.00
	120.00	106.80	78.80	66.00	46.00	24.10
	118.80	102.00	78.00	62.00	35.50	22.30
117.10	89.40	78.00	44.00	33.10	16.30	
99.60	79.20	75.60	40.80	32.80	15.00	
Σxi	1,557.20	1,213.80	1,018.40	1,082.00	721.50	435.80
x	150.58	121.20	100.35	74.85	50.29	30.05
Σxi²	2,789,902.09	1,393,438.59	926,213.76	873,477.16	326,795.15	101,595.18
Sx	37.01	23.63	19.11	17.66	11.06	8.58
α	0.03	0.05	0.07	0.07	0.12	0.15
β	133.90	110.55	91.74	66.90	45.30	26.19

Anexo 3.d Cálculo de distribución empírica

DURACION EN MINUTOS.					
5	10	15	30	60	120
minutos.	minutos	minutos	minutos	minutos	minutos
$e^{-(e)^{-\alpha(Xm-\beta)}}$					
0.936	0.957	0.935	0.936	0.971	0.940
0.919	0.930	0.892	0.922	0.854	0.905
0.916	0.850	0.867	0.813	0.803	0.855
0.836	0.717	0.850	0.764	0.723	0.777
0.736	0.684	0.846	0.695	0.661	0.759
0.736	0.611	0.674	0.660	0.661	0.753
0.560	0.571	0.660	0.656	0.618	0.628
0.405	0.549	0.519	0.640	0.607	0.553
0.313	0.528	0.472	0.579	0.564	0.450
0.254	0.517	0.365	0.471	0.552	0.445
0.212	0.329	0.203	0.397	0.481	0.412
0.198	0.293	0.092	0.344	0.398	0.255
0.185	0.204	0.081	0.240	0.044	0.167
0.167	0.043	0.081	0.005	0.016	0.012
0.038	0.004	0.052	0.001	0.014	0.005

Anexo 3.e Obtención de la desviación máxima entre la probabilidad de la distribución empírica y teórica.

$\Delta_{\text{máx.}}$ = desviación máxima

Pe = probabilidad de distribución empírica

Pt = probabilidad de la distribución teórica

m = orden asignado al número de observaciones

n = número total de observaciones

$\Delta_{\text{máx}} = Pe(X \leq Xm) - Pt(X \leq Xm) $							
$1-[m/(n+1)]$	m	$ Pe - Pt $	$ Pe - Pt $	$ Pe - Pt $	$ Pe - Pt $	$ Pe - Pt $	$ Pe - Pt $
0.938	1	0.001	0.019	0.002	0.001	0.033	0.003
0.875	2	0.044	0.055	0.017	0.047	0.021	0.030
0.813	3	0.103	0.037	0.055	0.001	0.009	0.043
0.750	4	0.086	0.033	0.100	0.014	0.027	0.027
0.688	5	0.048	0.003	0.159	0.007	0.027	0.071
0.625	6	0.111	0.014	0.049	0.035	0.036	0.128
0.563	7	0.003	0.008	0.097	0.094	0.055	0.065
0.500	8	0.095	0.049	0.019	0.140	0.107	0.053
0.438	9	0.124	0.090	0.034	0.141	0.126	0.013
0.375	10	0.121	0.142	0.010	0.096	0.177	0.070
0.313	11	0.101	0.016	0.109	0.085	0.169	0.100
0.250	12	0.052	0.043	0.158	0.094	0.148	0.005
0.188	13	0.003	0.016	0.107	0.053	0.143	0.020
0.125	14	0.042	0.082	0.044	0.120	0.109	0.113
0.063	15	0.025	0.058	0.010	0.061	0.048	0.058
Max Dev		0.124	0.142	0.159	0.141	0.177	0.128

Anexo 4 Estación Nandaime, Intensidades máximas anuales de precipitación (mm)

Años	Duración en Minutos.					
	5	10	15	30	60	120
1975	135.6	106.2	86.1	77.4	66.6	43.4
1976	100.8	81.0	66.0	54.8	28.9	15.4
1977	166.6	115.2	112.8	93.2	90.9	12.5
1978	118.8	109.8	89.2	56.4	32.3	19.4
1979	187.0	168.6	149.6	81.4	49.7	31.2
1980	156.0	126.0	104.8	74.4	44.2	38.2
1981	120.0	118.0	116.2	72.4	47.5	29.7
1982	117.0	112.8	88.4	65.0	48.5	25.8
1983	129.6	92.0	78.4	55.4	31.7	29.4
1984	122.4	89.0	80.0	77.0	54.8	34.2
1985	166.8	98.4	89.6	67.7	40.0	22.6
1986	120.0	116.4	92.4	90.0	55.8	32.2
1987	236.4	142.2	104.8	73.4	48.5	48.0
1988	124.8	102.0	83.2	71.0	48.4	37.5
1989	120.0	99.2	93.6	59.8	31.6	29.4

Anexo 4.a Intensidades máximas, ordenadas de mayor a menor

m = orden asignado al número de observaciones

m	Duración en minutos.					
	5	10	15	30	60	120
1	236.4	168.6	149.6	93.2	90.9	48
2	187	142.2	116.2	90	66.6	43.4
3	166.8	126	112.8	81.4	55.8	38.2
4	166.6	118	104.8	77.4	54.8	37.5
5	156	116.4	104.8	77	49.7	34.2
6	135.6	115.2	93.6	74.4	48.5	32.2
7	129.6	112.8	92.4	73.4	48.5	31.2
8	124.8	109.8	89.6	72.4	48.4	29.7
9	122.4	106.2	89.2	71	47.5	29.4
10	120	102	88.4	67.7	44.2	29.4
11	120	99.2	86.1	65	40	25.8
12	120	98.4	83.2	59.8	32.3	22.6
13	118.8	92	80	56.4	31.7	19.4
14	117	89	78.4	55.4	31.6	15.4
15	100.8	81	66	54.8	28.9	12.5

Anexo 4.b Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia

m = orden asignado al número de observaciones

n = número total de observaciones

m	m/(n+1)	(n+1)/m	1-[m/(n+1)]
1	0.06	16.00	0.94
2	0.13	8.00	0.88
3	0.19	5.33	0.81
4	0.25	4.00	0.75
5	0.31	3.20	0.69
6	0.38	2.67	0.63
7	0.44	2.29	0.56
8	0.50	2.00	0.50
9	0.56	1.78	0.44
10	0.63	1.60	0.38
11	0.69	1.45	0.31
12	0.75	1.33	0.25
13	0.81	1.23	0.19
14	0.88	1.14	0.13
15	0.94	1.07	0.06

Anexo 4.c Distribución teórica.

Σx_i = Sumatoria de datos de intensidades

x = Promedio del número de observaciones.

Σx_i^2 = Sumatoria de datos de intensidades al cuadrado.

S_x = Desviación estándar o desviación típica.

$\alpha = 1.2825/S_x$

$\beta = x - 0.4506 * S_x$

	Duración en minutos.					
	5	10	15	30	60	120
	236.40	168.60	149.60	93.20	90.90	48.00
	187.00	142.20	116.20	90.00	66.60	43.40
P	166.80	126.00	112.80	81.40	55.80	38.20
A	166.60	118.00	104.80	77.40	54.80	37.50
R	156.00	116.40	104.80	77.00	49.70	34.20
A	135.60	115.20	93.60	74.40	48.50	32.20
M	129.60	112.80	92.40	73.40	48.50	31.20
E	124.80	109.80	89.60	72.40	48.40	29.70
T	122.40	106.20	89.20	71.00	47.50	29.40
R	120.00	102.00	88.40	67.70	44.20	29.40
O	120.00	99.20	86.10	65.00	40.00	25.80
S	120.00	98.40	83.20	59.80	32.30	22.60
	118.80	92.00	80.00	56.40	31.70	19.40
	117.00	89.00	78.40	55.40	31.60	15.40
	100.80	81.00	66.00	54.80	28.90	12.50
Σx_i	2,121.80	1,676.80	1,435.10	1,069.30	719.40	448.90
x	141.45	111.79	95.67	71.29	47.96	29.93
Σx_i^2	317,671.16	194,198.32	142,908.61	78,175.13	38,024.04	14,789.95
S_x	35.39	21.96	20.01	11.80	15.86	9.84
α	0.04	0.06	0.06	0.11	0.08	0.13
β	125.51	101.89	86.66	65.97	40.81	25.49

Anexo 4.d Cálculo de distribución empírica

	Pt=(X≤Xm)				
	e ^{-e} ·α(Xm-β)				
5	10	15	30	60	120
0.982	0.980	0.982	0.950	0.983	0.948
0.8979	0.909	0.860	0.929	0.883	0.908
0.799	0.783	0.829	0.830	0.743	0.826
0.798	0.677	0.732	0.749	0.724	0.811
0.718	0.651	0.732	0.740	0.614	0.725
0.500	0.631	0.527	0.670	0.584	0.659
0.422	0.589	0.501	0.640	0.584	0.622
0.358	0.533	0.437	0.608	0.582	0.561
0.327	0.460	0.428	0.561	0.559	0.548
0.295	0.370	0.409	0.437	0.467	0.548
0.295	0.310	0.355	0.329	0.344	0.383
0.295	0.293	0.287	0.141	0.137	0.233
0.279	0.168	0.216	0.059	0.124	0.109
0.256	0.120	0.183	0.043	0.122	0.024
0.086	0.034	0.023	0.034	0.073	0.004

Anexo 4.e Obtención de la desviación máxima entre la probabilidad de la distribución empírica y teórica.

Δmáx.= desviación máxima

Pe= probabilidad de distribución empírica

Pt= probabilidad de la distribución teórica

m= orden asignado al número de observaciones

n= número total de observaciones

		Δmax= Pe(X≤Xm)-Pt(X≤Xm)					
1-[m/(n+1)]	m	Pe-Pt	Pe-Pt	Pe-Pt	Pe-Pt	Pe-Pt	Pe-Pt
0.94	1	-0.045	-0.042	-0.045	-0.012	-0.045	-0.011
0.88	2	-0.023	-0.034	0.015	-0.054	-0.008	-0.033
0.81	3	0.013	0.030	-0.017	-0.017	0.070	-0.014
0.75	4	-0.048	0.073	0.018	0.001	0.026	-0.061
0.69	5	-0.031	0.036	-0.044	-0.052	0.073	-0.038
0.63	6	0.125	-0.006	0.098	-0.045	0.041	-0.034
0.56	7	0.140	-0.027	0.062	-0.078	-0.022	-0.059
0.50	8	0.142	-0.033	0.063	-0.108	-0.082	-0.061
0.44	9	0.111	-0.022	0.010	-0.123	-0.121	-0.111
0.38	10	0.080	0.005	-0.034	-0.062	-0.092	-0.173
0.31	11	0.018	0.002	-0.042	-0.017	-0.031	-0.070
0.25	12	-0.045	-0.043	-0.037	0.109	0.113	0.017
0.19	13	-0.092	0.019	-0.029	0.129	0.064	0.078
0.13	14	-0.131	0.005	-0.058	0.082	0.003	0.101
0.06	15	-0.024	0.029	0.039	0.028	-0.010	0.058
Desv. Max		0.142	0.073	0.098	0.129	0.113	0.101

Anexo 5 Estación Tola, Intensidades máximas anuales de precipitación (mm)

AÑOS	Duración en minutos.					
	5	10	15	30	60	120
1975	117.6	111.6	111.6	83.4	70.9	45.0
1976	135.6	98.4	74.4	48.4	25.6	13.8
1977	134.0	105.0	88.0	53.6	33.3	20.7
1978	114.0	105.0	78.0	58.8	43.5	25.6
1979	216.0	171.6	134.0	88.4	57.2	31.1
1980	122.4	120.0	96.0	66.0	41.0	25.0
1981	151.2	123.0	110.4	74.8	41.1	25.6
1982	116.4	94.8	90.0	71.4	45.0	33.6
1983	156.0	102.0	92.4	62.8	37.2	22.0
1984	120.0	114.0	108.0	87.6	66.5	51.0
1985	121.2	98.4	81.2	66.8	58.1	34.6
1986	124.8	116.4	88.4	67.4	35.4	15.0
1987	86.4	76.8	69.2	39.4	21.4	12.4
1988	190.8	160.2	140.4	123.6	98.0	88.7
1989	136.2	114.1	97.3	70.9	48.2	31.7

Anexo 5.a Intensidades máximas, ordenadas de mayor a menor

m = orden asignado al número de observaciones

m	Duración en minutos.					
	5	10	15	30	60	120
1	216	171.6	140.4	123.6	98	88.7
2	190.8	160.2	134	88.4	70.9	51
3	156	123	111.6	87.6	66.5	45
4	151.2	120	110.4	83.4	58.1	34.6
5	136.2	116.4	108	74.8	57.2	33.6
6	135.6	114.1	97.3	71.4	48.2	31.7
7	134	114	96	70.9	45	31.1
8	124.8	111.6	92.4	67.4	43.5	25.6
9	122.4	105	90	66.8	41.1	25.6
10	121.2	105	88.4	66	41	25
11	120	102	88	62.8	37.2	22
12	117.6	98.4	81.2	58.8	35.4	20.7
13	116.4	98.4	78	53.6	33.3	15
14	114	94.8	74.4	48.4	25.6	13.8
15	86.4	76.8	69.2	39.4	21.4	12.4

Anexo 5.b Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia

m = orden asignado al número de observaciones

n = número total de observaciones

m	m/(n+1)	(n+1)/m	1-[m/(n+1)]
1	0.06	16.0	0.94
2	0.13	8.0	0.88
3	0.19	5.3	0.81
4	0.25	4.0	0.75
5	0.31	3.2	0.69
6	0.38	2.7	0.63
7	0.44	2.3	0.56
8	0.50	2.0	0.50
9	0.56	1.8	0.44
10	0.63	1.6	0.38
11	0.69	1.5	0.31
12	0.75	1.3	0.25
13	0.81	1.2	0.19
14	0.88	1.1	0.13
15	0.94	1.1	0.06

Anexo 5.c Distribución teórica.

Σxi = Sumatoria de datos de intensidades

x = Promedio del número de observaciones.

Σxi^2 = Sumatoria de datos de intensidades al cuadrado.

Sx = Desviación estándar o desviación típica.

$\alpha = 1.2825/Sx$

*$\beta = x - 0.4506*Sx$*

	Duración en minutos.					
	5	10	15	30	60	120
	216.00	171.60	140.40	123.60	98.00	88.70
	190.80	160.20	134.00	88.40	70.90	51.00
P	156.00	123.00	111.60	87.60	66.50	45.00
A	151.20	120.00	110.40	83.40	58.10	34.60
R	136.17	116.40	108.00	74.80	57.20	33.60
A	135.60	114.09	97.29	71.40	48.16	31.72
M	134.00	114.00	96.00	70.89	45.00	31.10
E	124.80	111.60	92.40	67.40	43.50	25.60
T	122.40	105.00	90.00	66.80	41.10	25.60
R	121.20	105.00	88.40	66.00	41.00	25.00
O	120.00	102.00	88.00	62.80	37.20	22.00
S	117.60	98.40	81.20	58.80	35.40	20.70
	116.40	98.40	78.00	53.60	33.30	15.00
	114.00	94.80	74.40	48.40	25.60	13.80
	86.40	76.80	69.20	39.40	21.40	12.40
Σxi	2,042.57	1,711.29	1,459.29	1,063.29	722.36	475.82
x	136.17	114.09	97.29	70.89	48.16	31.72
Σxi^2	292,630.02	203,359.07	147,853.15	80,968.78	40,166.29	20,210.68
Sx	32.17	24.09	20.50	19.99	19.60	19.12
α	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07
β	121.67	103.23	88.05	61.88	39.32	23.11

Anexo 5.d Cálculo de distribución empírica

	Pt=(X≤Xm)				
	e ^{-(e)^{-α(Xm-β)}}				
5	10	15	30	60	120
0.977	0.974	0.963	0.981	0.979	0.988
0.938	0.953	0.945	0.833	0.881	0.857
0.775	0.705	0.795	0.825	0.845	0.794
0.735	0.664	0.781	0.778	0.746	0.630
0.571	0.609	0.750	0.646	0.733	0.610
0.563	0.571	0.571	0.581	0.571	0.571
0.542	0.569	0.544	0.571	0.502	0.557
0.414	0.527	0.467	0.496	0.467	0.429
0.379	0.402	0.413	0.482	0.411	0.429
0.361	0.402	0.376	0.464	0.408	0.414
0.343	0.344	0.367	0.390	0.317	0.341
0.308	0.274	0.216	0.296	0.275	0.309
0.291	0.274	0.153	0.183	0.227	0.179
0.257	0.209	0.096	0.093	0.086	0.155
0.017	0.017	0.039	0.015	0.040	0.129

Anexo 5.e Obtención de la desviación máxima entre la probabilidad de la distribución empírica y teórica.

Δ_{máx.} = desviación máxima

Pe = probabilidad de distribución empírica

Pt = probabilidad de la distribución teórica

m = orden asignado al número de observaciones

n = número total de observaciones

		Δ _{máx.} = Pe(X≤Xm) - Pt(X≤Xm)					
1-[m/(n+1)]	m	 Pe-Pt 	 Pe-Pt 	 Pe-Pt 	 Pe-Pt 	 Pe-Pt 	 Pe-Pt
0.94	1	-0.039	-0.037	-0.025	-0.044	-0.041	-0.050
0.88	2	-0.063	-0.078	-0.070	0.042	-0.006	0.018
0.81	3	0.037	0.107	0.017	-0.013	-0.032	0.018
0.75	4	0.015	0.086	-0.031	-0.028	0.004	0.120
0.69	5	0.117	0.079	-0.063	0.041	-0.046	0.078
0.63	6	0.062	0.054	0.054	0.044	0.054	0.054
0.56	7	0.020	-0.007	0.018	-0.008	0.061	0.005
0.50	8	0.086	-0.027	0.033	0.004	0.033	0.071
0.44	9	0.059	0.035	0.025	-0.045	0.027	0.008
0.38	10	0.014	-0.027	-0.001	-0.089	-0.033	-0.039
0.31	11	-0.031	-0.031	-0.054	-0.077	-0.004	-0.028
0.25	12	-0.058	-0.024	0.034	-0.046	-0.025	-0.059
0.19	13	-0.104	-0.087	0.034	0.005	-0.039	0.009
0.13	14	-0.132	-0.084	0.029	0.032	0.039	-0.030
0.06	15	0.046	0.046	0.024	0.048	0.023	-0.066
Desv. Máx		0.117	0.107	0.054	0.048	0.061	0.120

7.2. Determinación de los cuadros de uso práctico Aparicio, 1997

Anexo 6. Estación Aeropuerto Managua, cálculo de los periodos de retorno

m = orden asignado al número de observaciones

T = período de retorno

m	T	Duración en minutos.					
		5	10	15	30	60	120
1	16.0	212.4	178.2	158.4	112.8	90.0	67.9
2	8.0	200.4	168.8	134.4	106.4	77.3	65.6
3	5.3	187.2	151.8	123.2	100.0	64.2	37.3
4	4.0	180.0	150.0	119.2	99.0	63.8	33.6
5	3.2	158.4	142.2	118.4	93.2	63.2	32.7
6	2.7	155.6	134.4	118.4	84.4	57.7	30.2
7	2.3	153.6	125.6	113.6	79.2	52.1	29.2
8	2.0	151.2	125.4	109.6	77.0	49.0	26.8
9	1.8	150.1	122.4	104.8	72.4	47.1	23.0
10	1.6	150.0	120.7	98.0	68.0	42.4	22.8
11	1.5	133.2	118.2	95.6	59.6	41.6	21.2
12	1.3	126.0	111.6	92.8	57.8	36.7	18.1
13	1.2	126.0	109.2	90.8	55.8	35.4	17.4
14	1.1	123.6	103.8	88.0	54.4	28.5	14.8
15	1.1	121.2	102.0	80.8	36.4	25.2	8.9

Anexo6.a.Cálculo de los parámetros Aparicio, 1997

x_2	x_1	y	x_1y	x_2y	$(x_1)^2$	$(x_2)^2$	x_1x_2
0.70	1.20	2.33	2.80	1.63	1.45	0.49	0.84
0.70	0.90	2.30	2.08	1.61	0.82	0.49	0.63
0.70	0.73	2.27	1.65	1.59	0.53	0.49	0.51
0.70	0.60	2.26	1.36	1.58	0.36	0.49	0.42
0.70	0.51	2.20	1.11	1.54	0.26	0.49	0.35
0.70	0.43	2.19	0.93	1.53	0.18	0.49	0.30
0.70	0.36	2.19	0.78	1.53	0.13	0.49	0.25
0.70	0.30	2.18	0.66	1.52	0.09	0.49	0.21
0.70	0.25	2.18	0.54	1.52	0.06	0.49	0.17
0.70	0.20	2.18	0.44	1.52	0.04	0.49	0.14
0.70	0.16	2.12	0.35	1.48	0.03	0.49	0.11
0.70	0.12	2.10	0.26	1.47	0.02	0.49	0.09
0.70	0.09	2.10	0.19	1.47	0.01	0.49	0.06

0.70	0.06	2.09	0.12	1.46	0.00	0.49	0.04	
0.70	0.03	2.08	0.06	1.46	0.00	0.49	0.02	5
1	1.20	2.25	2.71	2.25	1.45	1.00	1.20	
1	0.90	2.23	2.01	2.23	0.82	1.00	0.90	
1	0.73	2.18	1.59	2.18	0.53	1.00	0.73	
1	0.60	2.18	1.31	2.18	0.36	1.00	0.60	
1	0.51	2.15	1.09	2.15	0.26	1.00	0.51	
1	0.43	2.13	0.91	2.13	0.18	1.00	0.43	
1	0.36	2.10	0.75	2.10	0.13	1.00	0.36	
1	0.30	2.10	0.63	2.10	0.09	1.00	0.30	
1	0.25	2.09	0.52	2.09	0.06	1.00	0.25	
1	0.20	2.08	0.42	2.08	0.04	1.00	0.20	
1	0.16	2.07	0.34	2.07	0.03	1.00	0.16	
1	0.12	2.05	0.26	2.05	0.02	1.00	0.12	
1	0.09	2.04	0.18	2.04	0.01	1.00	0.09	
1	0.06	2.02	0.12	2.02	0.00	1.00	0.06	
1	0.03	2.01	0.06	2.01	0.00	1.00	0.03	10
1.18	1.20	2.20	2.65	2.59	1.45	1.38	1.42	
1.18	0.90	2.13	1.92	2.50	0.82	1.38	1.06	
1.18	0.73	2.09	1.52	2.46	0.53	1.38	0.86	
1.18	0.60	2.08	1.25	2.44	0.36	1.38	0.71	
1.18	0.51	2.07	1.05	2.44	0.26	1.38	0.59	
1.18	0.43	2.07	0.88	2.44	0.18	1.38	0.50	
1.18	0.36	2.06	0.74	2.42	0.13	1.38	0.42	
1.18	0.30	2.04	0.61	2.40	0.09	1.38	0.35	
1.18	0.25	2.02	0.50	2.38	0.06	1.38	0.29	
1.18	0.20	1.99	0.41	2.34	0.04	1.38	0.24	
1.18	0.16	1.98	0.32	2.33	0.03	1.38	0.19	
1.18	0.12	1.97	0.25	2.31	0.02	1.38	0.15	
1.18	0.09	1.96	0.18	2.30	0.01	1.38	0.11	
1.18	0.06	1.94	0.11	2.29	0.00	1.38	0.07	
1.18	0.03	1.91	0.05	2.24	0.00	1.38	0.03	15

1.48	1.20	2.05	2.47	3.03	1.45	2.18	1.78
1.48	0.90	2.03	1.83	2.99	0.82	2.18	1.33
1.48	0.73	2.00	1.45	2.95	0.53	2.18	1.07
1.48	0.60	2.00	1.20	2.95	0.36	2.18	0.89
1.48	0.51	1.97	0.99	2.91	0.26	2.18	0.75
1.48	0.43	1.93	0.82	2.85	0.18	2.18	0.63
1.48	0.36	1.90	0.68	2.80	0.13	2.18	0.53
1.48	0.30	1.89	0.57	2.79	0.09	2.18	0.44
1.48	0.25	1.86	0.46	2.75	0.06	2.18	0.37
1.48	0.20	1.83	0.37	2.71	0.04	2.18	0.30
1.48	0.16	1.78	0.29	2.62	0.03	2.18	0.24
1.48	0.12	1.76	0.22	2.60	0.02	2.18	0.18
1.48	0.09	1.75	0.16	2.58	0.01	2.18	0.13
1.48	0.06	1.74	0.10	2.56	0.00	2.18	0.09
1.48	0.03	1.56	0.04	2.31	0.00	2.18	0.04
1.78	1.20	1.95	2.35	3.47	1.45	3.16	2.14
1.78	0.90	1.89	1.71	3.36	0.82	3.16	1.61
1.78	0.73	1.81	1.31	3.21	0.53	3.16	1.29
1.78	0.60	1.80	1.09	3.21	0.36	3.16	1.07
1.78	0.51	1.80	0.91	3.20	0.26	3.16	0.90
1.78	0.43	1.76	0.75	3.13	0.18	3.16	0.76
1.78	0.36	1.72	0.62	3.05	0.13	3.16	0.64
1.78	0.30	1.69	0.51	3.01	0.09	3.16	0.54
1.78	0.25	1.67	0.42	2.97	0.06	3.16	0.44
1.78	0.20	1.63	0.33	2.89	0.04	3.16	0.36
1.78	0.16	1.62	0.26	2.88	0.03	3.16	0.29
1.78	0.12	1.56	0.20	2.78	0.02	3.16	0.22
1.78	0.09	1.55	0.14	2.75	0.01	3.16	0.16
1.78	0.06	1.45	0.08	2.59	0.00	3.16	0.10
1.78	0.03	1.40	0.04	2.49	0.00	3.16	0.05
2.08	1.20	1.83	2.21	3.81	1.45	4.32	2.50
2.08	0.90	1.82	1.64	3.78	0.82	4.32	1.88

30

60

2.08	0.73	1.57	1.14	3.27	0.53	4.32	1.51	
2.08	0.60	1.53	0.92	3.17	0.36	4.32	1.25	
2.08	0.51	1.51	0.77	3.15	0.26	4.32	1.05	
2.08	0.43	1.48	0.63	3.08	0.18	4.32	0.89	
2.08	0.36	1.47	0.53	3.05	0.13	4.32	0.75	
2.08	0.30	1.43	0.43	2.97	0.09	4.32	0.63	
2.08	0.25	1.36	0.34	2.83	0.06	4.32	0.52	
2.08	0.20	1.36	0.28	2.82	0.04	4.32	0.42	
2.08	0.16	1.33	0.22	2.76	0.03	4.32	0.34	
2.08	0.12	1.26	0.16	2.61	0.02	4.32	0.26	
2.08	0.09	1.24	0.11	2.58	0.01	4.32	0.19	
2.08	0.06	1.17	0.07	2.43	0.00	4.32	0.12	
2.08	0.03	0.95	0.03	1.97	0.00	4.32	0.06	120
Σ	123.14	35.67	169.58	70.53	221.15	23.83	188.08	48.81

Anexo 7. Estación Masatepe, cálculo de los periodos de retorno

m= orden asignado al número de observaciones

T= período de retorno

m	T	Duracion en Minutos					
		5	10	15	30	60	120
1	16.0	193.2	136.2	120.0	85.6	49.5	42.4
2	8.0	174.0	120.0	111.2	84.8	73.3	38.6
3	5.3	150.0	116.4	108.0	80.8	56.2	31.1
4	4.0	145.2	114.0	100.0	74.2	55.1	29.2
5	3.2	144.0	114.0	97.2	74.2	51.8	28.9
6	2.7	130.8	112.8	90.8	64.0	43.8	28.1
7	2.3	126.0	107.4	86.4	63.2	40.7	25.6
8	2.0	123.6	106.8	81.6	62.8	40.3	24.7
9	1.8	120.0	105.0	79.2	58.6	38.3	24.0
10	1.6	120.0	99.0	78.4	58.0	36.9	22.6
11	1.5	120.0	93.0	76.4	57.6	33.8	22.3
12	1.3	120.0	93.0	76.0	57.4	32.2	21.7
13	1.2	120.0	92.4	70.4	48.8	32.0	21.5
14	1.1	120.0	86.4	66.0	42.0	30.3	17.3
15	1.1	117.6	78.0	52.0	40.8	24.0	16.2

Anexo 7.a. Cálculo de los parámetros Aparicio, 1997

x ₂	x ₁	y	x ₁ y	x ₂ y	(x ₁) ²	(x ₂) ²	x ₁ x ₂
0.70	1.20	2.29	2.75	1.60	1.45	0.49	0.84
0.70	0.90	2.24	2.02	1.57	0.82	0.49	0.63
0.70	0.73	2.18	1.58	1.52	0.53	0.49	0.51
0.70	0.60	2.16	1.30	1.51	0.36	0.49	0.42
0.70	0.51	2.16	1.09	1.51	0.26	0.49	0.35
0.70	0.43	2.12	0.90	1.48	0.18	0.49	0.30
0.70	0.36	2.10	0.75	1.47	0.13	0.49	0.25
0.70	0.30	2.09	0.63	1.46	0.09	0.49	0.21
0.70	0.25	2.08	0.52	1.45	0.06	0.49	0.17
0.70	0.20	2.08	0.42	1.45	0.04	0.49	0.14
0.70	0.16	2.08	0.34	1.45	0.03	0.49	0.11
0.70	0.12	2.08	0.26	1.45	0.02	0.49	0.09
0.70	0.09	2.08	0.19	1.45	0.01	0.49	0.06
0.70	0.06	2.08	0.12	1.45	0.00	0.49	0.04
0.70	0.03	2.07	0.06	1.45	0.00	0.49	0.02
1	1.20	2.13	2.57	2.13	1.45	1.00	1.20
1	0.90	2.08	1.88	2.08	0.82	1.00	0.90
1	0.73	2.07	1.50	2.07	0.53	1.00	0.73
1	0.60	2.06	1.24	2.06	0.36	1.00	0.60
1	0.51	2.06	1.04	2.06	0.26	1.00	0.51
1	0.43	2.05	0.87	2.05	0.18	1.00	0.43
1	0.36	2.03	0.73	2.03	0.13	1.00	0.36
1	0.30	2.03	0.61	2.03	0.09	1.00	0.30
1	0.25	2.02	0.51	2.02	0.06	1.00	0.25
1	0.20	2.00	0.41	2.00	0.04	1.00	0.20

5

1	0.16	1.97	0.32	1.97	0.03	1.00	0.16	
1	0.12	1.97	0.25	1.97	0.02	1.00	0.12	
1	0.09	1.97	0.18	1.97	0.01	1.00	0.09	
1	0.06	1.94	0.11	1.94	0.00	1.00	0.06	
1	0.03	1.89	0.05	1.89	0.00	1.00	0.03	10
1.18	1.20	2.08	2.50	2.45	1.45	1.38	1.42	
1.18	0.90	2.05	1.85	2.41	0.82	1.38	1.06	
1.18	0.73	2.03	1.48	2.39	0.53	1.38	0.86	
1.18	0.60	2.00	1.20	2.35	0.36	1.38	0.71	
1.18	0.51	1.99	1.00	2.34	0.26	1.38	0.59	
1.18	0.43	1.96	0.83	2.30	0.18	1.38	0.50	
1.18	0.36	1.94	0.70	2.28	0.13	1.38	0.42	
1.18	0.30	1.91	0.58	2.25	0.09	1.38	0.35	
1.18	0.25	1.90	0.47	2.23	0.06	1.38	0.29	
1.18	0.20	1.89	0.39	2.23	0.04	1.38	0.24	
1.18	0.16	1.88	0.31	2.21	0.03	1.38	0.19	
1.18	0.12	1.88	0.23	2.21	0.02	1.38	0.15	
1.18	0.09	1.85	0.17	2.17	0.01	1.38	0.11	
1.18	0.06	1.82	0.11	2.14	0.00	1.38	0.07	
1.18	0.03	1.72	0.05	2.02	0.00	1.38	0.03	15
1.48	1.20	1.93	2.33	2.85	1.45	2.18	1.78	
1.48	0.90	1.93	1.74	2.85	0.82	2.18	1.33	
1.48	0.73	1.91	1.39	2.82	0.53	2.18	1.07	
1.48	0.60	1.87	1.13	2.76	0.36	2.18	0.89	
1.48	0.51	1.87	0.94	2.76	0.26	2.18	0.75	
1.48	0.43	1.81	0.77	2.67	0.18	2.18	0.63	
1.48	0.36	1.80	0.65	2.66	0.13	2.18	0.53	
1.48	0.30	1.80	0.54	2.66	0.09	2.18	0.44	
1.48	0.25	1.77	0.44	2.61	0.06	2.18	0.37	
1.48	0.20	1.76	0.36	2.60	0.04	2.18	0.30	
1.48	0.16	1.76	0.29	2.60	0.03	2.18	0.24	
1.48	0.12	1.76	0.22	2.60	0.02	2.18	0.18	
1.48	0.09	1.69	0.15	2.49	0.01	2.18	0.13	
1.48	0.06	1.62	0.09	2.40	0.00	2.18	0.09	
1.48	0.03	1.61	0.05	2.38	0.00	2.18	0.04	30
1.78	1.20	1.69	2.04	3.01	1.45	3.16	2.14	
1.78	0.90	1.87	1.68	3.32	0.82	3.16	1.61	
1.78	0.73	1.75	1.27	3.11	0.53	3.16	1.29	
1.78	0.60	1.74	1.05	3.10	0.36	3.16	1.07	
1.78	0.51	1.71	0.87	3.05	0.26	3.16	0.90	
1.78	0.43	1.64	0.70	2.92	0.18	3.16	0.76	
1.78	0.36	1.61	0.58	2.86	0.13	3.16	0.64	
1.78	0.30	1.61	0.48	2.85	0.09	3.16	0.54	
1.78	0.25	1.58	0.40	2.82	0.06	3.16	0.44	
1.78	0.20	1.57	0.32	2.79	0.04	3.16	0.36	
1.78	0.16	1.53	0.25	2.72	0.03	3.16	0.29	
1.78	0.12	1.51	0.19	2.68	0.02	3.16	0.22	
1.78	0.09	1.51	0.14	2.68	0.01	3.16	0.16	
1.78	0.06	1.48	0.09	2.63	0.00	3.16	0.10	

	1.78	0.03	1.38	0.04	2.45	0.00	3.16	0.05	60
	2.08	1.20	1.63	1.96	3.38	1.45	4.32	2.50	
	2.08	0.90	1.59	1.43	3.30	0.82	4.32	1.88	
	2.08	0.73	1.49	1.09	3.10	0.53	4.32	1.51	
	2.08	0.60	1.47	0.88	3.05	0.36	4.32	1.25	
	2.08	0.51	1.46	0.74	3.04	0.26	4.32	1.05	
	2.08	0.43	1.45	0.62	3.01	0.18	4.32	0.89	
	2.08	0.36	1.41	0.51	2.93	0.13	4.32	0.75	
	2.08	0.30	1.39	0.42	2.90	0.09	4.32	0.63	
	2.08	0.25	1.38	0.34	2.87	0.06	4.32	0.52	
	2.08	0.20	1.35	0.28	2.82	0.04	4.32	0.42	
	2.08	0.16	1.35	0.22	2.80	0.03	4.32	0.34	
	2.08	0.12	1.34	0.17	2.78	0.02	4.32	0.26	
	2.08	0.09	1.33	0.12	2.77	0.01	4.32	0.19	
	2.08	0.06	1.24	0.07	2.58	0.00	4.32	0.12	
	2.08	0.03	1.21	0.03	2.51	0.00	4.32	0.06	120
Σ	123.14	35.67	163.17	67.11	213.05	23.83	188.08	48.81	

Anexo 8. Estación Carretera Vieja A León, cálculo de los periodos de retorno

m= orden asignado al número de observaciones

T= período de retorno

m	T	Duracion en Minutos					
		5	10	15	30	60	120
1	16.0	212.4	168.0	132.0	104.4	75.7	44.8
2	8.0	205.2	159.0	124.0	101.4	61.2	41.6
3	5.3	204.0	144.0	120.8	88.6	58.4	38.6
4	4.0	183.6	130.8	118.8	85.0	55.0	35.4
5	3.2	168.0	128.4	118.4	80.8	52.9	34.8
6	2.7	168.0	123.6	105.6	79.0	52.9	34.6
7	2.3	149.6	121.2	104.8	78.8	51.6	31.3
8	2.0	136.8	120.0	98.0	78.0	51.3	29.7
9	1.8	129.6	118.8	96.0	75.2	50.1	27.7
10	1.6	124.8	118.2	91.6	70.8	49.8	27.6
11	1.5	121.2	108.6	84.8	68.0	48.0	27.0
12	1.3	120.0	106.8	78.8	66.0	46.0	24.1
13	1.2	118.8	102.0	78.0	62.0	35.5	22.3
14	1.1	117.1	89.4	78.0	44.0	33.1	16.3
15	1.1	99.6	79.2	75.6	40.8	32.8	15.0

Anexo 8.a.Cálculo de los parámetros Aparicio, 1997

x ₂	x ₁	y	x ₁ y	x ₂ y	(x ₁) ²	(x ₂) ²	x ₁ x ₂
0.70	1.20	2.33	2.80	1.63	1.45	0.49	0.84
0.70	0.90	2.31	2.09	1.62	0.82	0.49	0.63
0.70	0.73	2.31	1.68	1.61	0.53	0.49	0.51
0.70	0.60	2.26	1.36	1.58	0.36	0.49	0.42
0.70	0.51	2.23	1.12	1.56	0.26	0.49	0.35
0.70	0.43	2.23	0.95	1.56	0.18	0.49	0.30
0.70	0.36	2.17	0.78	1.52	0.13	0.49	0.25
0.70	0.30	2.14	0.64	1.49	0.09	0.49	0.21
0.70	0.25	2.11	0.53	1.48	0.06	0.49	0.17
0.70	0.20	2.10	0.43	1.47	0.04	0.49	0.14
0.70	0.16	2.08	0.34	1.46	0.03	0.49	0.11
0.70	0.12	2.08	0.26	1.45	0.02	0.49	0.09
0.70	0.09	2.07	0.19	1.45	0.01	0.49	0.06
0.70	0.06	2.07	0.12	1.45	0.00	0.49	0.04
0.70	0.03	2.00	0.06	1.40	0.00	0.49	0.02
1	1.20	2.23	2.68	2.23	1.45	1.00	1.20

1	0.90	2.20	1.99	2.20	0.82	1.00	0.90	
1	0.73	2.16	1.57	2.16	0.53	1.00	0.73	
1	0.60	2.12	1.27	2.12	0.36	1.00	0.60	
1	0.51	2.11	1.07	2.11	0.26	1.00	0.51	
1	0.43	2.09	0.89	2.09	0.18	1.00	0.43	
1	0.36	2.08	0.75	2.08	0.13	1.00	0.36	
1	0.30	2.08	0.63	2.08	0.09	1.00	0.30	
1	0.25	2.07	0.52	2.07	0.06	1.00	0.25	
1	0.20	2.07	0.42	2.07	0.04	1.00	0.20	
1	0.16	2.04	0.33	2.04	0.03	1.00	0.16	
1	0.12	2.03	0.25	2.03	0.02	1.00	0.12	
1	0.09	2.01	0.18	2.01	0.01	1.00	0.09	
1	0.06	1.95	0.11	1.95	0.00	1.00	0.06	
1	0.03	1.90	0.05	1.90	0.00	1.00	0.03	10
1.18	1.20	2.12	2.55	2.49	1.45	1.38	1.42	
1.18	0.90	2.09	1.89	2.46	0.82	1.38	1.06	
1.18	0.73	2.08	1.51	2.45	0.53	1.38	0.86	
1.18	0.60	2.07	1.25	2.44	0.36	1.38	0.71	
1.18	0.51	2.07	1.05	2.44	0.26	1.38	0.59	
1.18	0.43	2.02	0.86	2.38	0.18	1.38	0.50	
1.18	0.36	2.02	0.73	2.38	0.13	1.38	0.42	
1.18	0.30	1.99	0.60	2.34	0.09	1.38	0.35	
1.18	0.25	1.98	0.50	2.33	0.06	1.38	0.29	
1.18	0.20	1.96	0.40	2.31	0.04	1.38	0.24	
1.18	0.16	1.93	0.31	2.27	0.03	1.38	0.19	
1.18	0.12	1.90	0.24	2.23	0.02	1.38	0.15	
1.18	0.09	1.89	0.17	2.23	0.01	1.38	0.11	
1.18	0.06	1.89	0.11	2.23	0.00	1.38	0.07	
1.18	0.03	1.88	0.05		0.00	1.38	0.03	15
1.48	1.20	2.02	2.43	2.98	1.45	2.18	1.78	
1.48	0.90	2.01	1.81	2.96	0.82	2.18	1.33	
1.48	0.73	1.95	1.42	2.88	0.53	2.18	1.07	

1.48	0.60	1.93	1.16	2.85	0.36	2.18	0.89	
1.48	0.51	1.91	0.96	2.82	0.26	2.18	0.75	
1.48	0.43	1.90	0.81	2.80	0.18	2.18	0.63	
1.48	0.36	1.90	0.68	2.80	0.13	2.18	0.53	
1.48	0.30	1.89	0.57	2.79	0.09	2.18	0.44	
1.48	0.25	1.88	0.47	2.77	0.06	2.18	0.37	
1.48	0.20	1.85	0.38	2.73	0.04	2.18	0.30	
1.48	0.16	1.83	0.30	2.71	0.03	2.18	0.24	
1.48	0.12	1.82	0.23	2.69	0.02	2.18	0.18	
1.48	0.09	1.79	0.16	2.65	0.01	2.18	0.13	
1.48	0.06	1.64	0.10	2.43	0.00	2.18	0.09	
1.48	0.03	1.61	0.05	2.38	0.00	2.18	0.04	30
1.78	1.20	1.88	2.26	3.34	1.45	3.16	2.14	
1.78	0.90	1.79	1.61	3.18	0.82	3.16	1.61	
1.78	0.73	1.77	1.28	3.14	0.53	3.16	1.29	
1.78	0.60	1.74	1.05	3.09	0.36	3.16	1.07	
1.78	0.51	1.72	0.87	3.06	0.26	3.16	0.90	
1.78	0.43	1.72	0.73	3.06	0.18	3.16	0.76	
1.78	0.36	1.71	0.61	3.05	0.13	3.16	0.64	
1.78	0.30	1.71	0.51	3.04	0.09	3.16	0.54	
1.78	0.25	1.70	0.42	3.02	0.06	3.16	0.44	
1.78	0.20	1.70	0.35	3.02	0.04	3.16	0.36	
1.78	0.16	1.68	0.27	2.99	0.03	3.16	0.29	
1.78	0.12	1.66	0.21	2.96	0.02	3.16	0.22	
1.78	0.09	1.55	0.14	2.76	0.01	3.16	0.16	
1.78	0.06	1.52	0.09	2.70	0.00	3.16	0.10	
1.78	0.03	1.52	0.04	2.70	0.00	3.16	0.05	60
2.08	1.20	1.65	1.99	3.43	1.45	4.32	2.50	
2.08	0.90	1.62	1.46	3.37	0.82	4.32	1.88	
2.08	0.73	1.59	1.15	3.30	0.53	4.32	1.51	
2.08	0.60	1.55	0.93	3.22	0.36	4.32	1.25	
2.08	0.51	1.54	0.78	3.21	0.26	4.32	1.05	

	2.08	0.43	1.54	0.66	3.20	0.18	4.32	0.89	
	2.08	0.36	1.50	0.54	3.11	0.13	4.32	0.75	
	2.08	0.30	1.47	0.44	3.06	0.09	4.32	0.63	
	2.08	0.25	1.44	0.36	3.00	0.06	4.32	0.52	
	2.08	0.20	1.44	0.29	3.00	0.04	4.32	0.42	
	2.08	0.16	1.43	0.23	2.98	0.03	4.32	0.34	
	2.08	0.12	1.38	0.17	2.87	0.02	4.32	0.26	
	2.08	0.09	1.35	0.12	2.80	0.01	4.32	0.19	
	2.08	0.06	1.21	0.07	2.52	0.00	4.32	0.12	
	2.08	0.03	1.18	0.03	2.45	0.00	4.32	0.06	120
Σ	123.14	35.67	168.71	69.50	218.67	23.83	188.08	48.81	

Anexo 9. Estación Nandaime, cálculo de los periodos de retorno

m= orden asignado al número de observaciones

T= período de retorno

m	T	Duración en minutos.					
		5	10	15	30	60	120
1	16.0	236.4	168.6	149.6	93.2	90.9	48
2	8.0	187	142.2	116.2	90	66.6	43.4
3	5.3	166.8	126	112.8	81.4	55.8	38.2
4	4.0	166.6	118	104.8	77.4	54.8	37.5
5	3.2	156	116.4	104.8	77	49.7	34.2
6	2.7	135.6	115.2	93.6	74.4	48.5	32.2
7	2.3	129.6	112.8	92.4	73.4	48.5	31.2
8	2.0	124.8	109.8	89.6	72.4	48.4	29.7
9	1.8	122.4	106.2	89.2	71	47.5	29.4
10	1.6	120	102	88.4	67.7	44.2	29.4
11	1.5	120	99.2	86.1	65	40	25.8
12	1.3	120	98.4	83.2	59.8	32.3	22.6
13	1.2	118.8	92	80	56.4	31.7	19.4
14	1.1	117	89	78.4	55.4	31.6	15.4
15	1.1	100.8	81	66	54.8	28.9	12.5

Anexo 9.a. Cálculo de los parámetros Aparicio, 1997

x ₂	x ₁	y	x ₁ y	x ₂ y	(x ₁) ²	(x ₂) ²	x ₁ x ₂
0.70	1.20	2.37	2.86	1.66	1.45	0.49	0.84
0.70	0.90	2.27	2.05	1.59	0.82	0.49	0.63
0.70	0.73	2.22	1.62	1.55	0.53	0.49	0.51
0.70	0.60	2.22	1.34	1.55	0.36	0.49	0.42
0.70	0.51	2.19	1.11	1.53	0.26	0.49	0.35
0.70	0.43	2.13	0.91	1.49	0.18	0.49	0.30
0.70	0.36	2.11	0.76	1.48	0.13	0.49	0.25
0.70	0.30	2.10	0.63	1.47	0.09	0.49	0.21
0.70	0.25	2.09	0.52	1.46	0.06	0.49	0.17
0.70	0.20	2.08	0.42	1.45	0.04	0.49	0.14
0.70	0.16	2.08	0.34	1.45	0.03	0.49	0.11
0.70	0.12	2.08	0.26	1.45	0.02	0.49	0.09
0.70	0.09	2.07	0.19	1.45	0.01	0.49	0.06
0.70	0.06	2.07	0.12	1.45	0.00	0.49	0.04
0.70	0.03	2.00	0.06	1.40	0.00	0.49	0.02
1	1.20	2.23	2.68	2.23	1.45	1.00	1.20
1	0.90	2.15	1.94	2.15	0.82	1.00	0.90
1	0.73	2.10	1.53	2.10	0.53	1.00	0.73
1	0.60	2.07	1.25	2.07	0.36	1.00	0.60
1	0.51	2.07	1.04	2.07	0.26	1.00	0.51
1	0.43	2.06	0.88	2.06	0.18	1.00	0.43
1	0.36	2.05	0.74	2.05	0.13	1.00	0.36
1	0.30	2.04	0.61	2.04	0.09	1.00	0.30

5

1	0.25	2.03	0.51	2.03	0.06	1.00	0.25	
1	0.20	2.01	0.41	2.01	0.04	1.00	0.20	
1	0.16	2.00	0.32	2.00	0.03	1.00	0.16	
1	0.12	1.99	0.25	1.99	0.02	1.00	0.12	
1	0.09	1.96	0.18	1.96	0.01	1.00	0.09	
1	0.06	1.95	0.11	1.95	0.00	1.00	0.06	
1	0.03	1.91	0.05	1.91	0.00	1.00	0.03	10
1.18	1.20	2.17	2.62	2.56	1.45	1.38	1.42	
1.18	0.90	2.07	1.87	2.43	0.82	1.38	1.06	
1.18	0.73	2.05	1.49	2.41	0.53	1.38	0.86	
1.18	0.60	2.02	1.22	2.38	0.36	1.38	0.71	
1.18	0.51	2.02	1.02	2.38	0.26	1.38	0.59	
1.18	0.43	1.97	0.84	2.32	0.18	1.38	0.50	
1.18	0.36	1.97	0.71	2.31	0.13	1.38	0.42	
1.18	0.30	1.95	0.59	2.30	0.09	1.38	0.35	
1.18	0.25	1.95	0.49	2.29	0.06	1.38	0.29	
1.18	0.20	1.95	0.40	2.29	0.04	1.38	0.24	
1.18	0.16	1.94	0.31	2.28	0.03	1.38	0.19	
1.18	0.12	1.92	0.24	2.26	0.02	1.38	0.15	
1.18	0.09	1.90	0.17	2.24	0.01	1.38	0.11	
1.18	0.06	1.89	0.11	2.23	0.00	1.38	0.07	
1.18	0.03	1.82	0.05	2.14	0.00	1.38	0.03	15
1.48	1.20	1.97	2.37	2.91	1.45	2.18	1.78	
1.48	0.90	1.95	1.76	2.89	0.82	2.18	1.33	
1.48	0.73	1.91	1.39	2.82	0.53	2.18	1.07	
1.48	0.60	1.89	1.14	2.79	0.36	2.18	0.89	
1.48	0.51	1.89	0.95	2.79	0.26	2.18	0.75	
1.48	0.43	1.87	0.80	2.76	0.18	2.18	0.63	
1.48	0.36	1.87	0.67	2.76	0.13	2.18	0.53	
1.48	0.30	1.86	0.56	2.75	0.09	2.18	0.44	
1.48	0.25	1.85	0.46	2.73	0.06	2.18	0.37	
1.48	0.20	1.83	0.37	2.70	0.04	2.18	0.30	
1.48	0.16	1.81	0.30	2.68	0.03	2.18	0.24	
1.48	0.12	1.78	0.22	2.62	0.02	2.18	0.18	
1.48	0.09	1.75	0.16	2.59	0.01	2.18	0.13	
1.48	0.06	1.74	0.10	2.58	0.00	2.18	0.09	
1.48	0.03	1.74	0.05	2.57	0.00	2.18	0.04	30
1.78	1.20	1.96	2.36	3.48	1.45	3.16	2.14	
1.78	0.90	1.82	1.65	3.24	0.82	3.16	1.61	
1.78	0.73	1.75	1.27	3.11	0.53	3.16	1.29	
1.78	0.60	1.74	1.05	3.09	0.36	3.16	1.07	
1.78	0.51	1.70	0.86	3.02	0.26	3.16	0.90	
1.78	0.43	1.69	0.72	3.00	0.18	3.16	0.76	
1.78	0.36	1.69	0.61	3.00	0.13	3.16	0.64	
1.78	0.30	1.68	0.51	3.00	0.09	3.16	0.54	
1.78	0.25	1.68	0.42	2.98	0.06	3.16	0.44	
1.78	0.20	1.65	0.34	2.93	0.04	3.16	0.36	
1.78	0.16	1.60	0.26	2.85	0.03	3.16	0.29	
1.78	0.12	1.51	0.19	2.68	0.02	3.16	0.22	

1.78	0.09	1.50	0.14	2.67	0.01	3.16	0.16	
1.78	0.06	1.50	0.09	2.67	0.00	3.16	0.10	
1.78	0.03	1.46	0.04	2.60	0.00	3.16	0.05	60
2.08	1.20	1.68	2.02	3.50	1.45	4.32	2.50	
2.08	0.90	1.64	1.48	3.40	0.82	4.32	1.88	
2.08	0.73	1.58	1.15	3.29	0.53	4.32	1.51	
2.08	0.60	1.57	0.95	3.27	0.36	4.32	1.25	
2.08	0.51	1.53	0.77	3.19	0.26	4.32	1.05	
2.08	0.43	1.51	0.64	3.14	0.18	4.32	0.89	
2.08	0.36	1.49	0.54	3.11	0.13	4.32	0.75	
2.08	0.30	1.47	0.44	3.06	0.09	4.32	0.63	
2.08	0.25	1.47	0.37	3.05	0.06	4.32	0.52	
2.08	0.20	1.47	0.30	3.05	0.04	4.32	0.42	
2.08	0.16	1.41	0.23	2.94	0.03	4.32	0.34	
2.08	0.12	1.35	0.17	2.82	0.02	4.32	0.26	
2.08	0.09	1.29	0.12	2.68	0.01	4.32	0.19	
2.08	0.06	1.19	0.07	2.47	0.00	4.32	0.12	
2.08	0.03	1.10	0.03	2.28	0.00	4.32	0.06	120
Σ	123.14	35.67	166.69	68.86	218.33	23.83	188.08	48.81

Anexo 10. Estación Tola, cálculo de los periodos de retorno

m= orden asignado al número de observaciones

T= período de retorno

m	T	Duración en minutos.					
		5	10	15	30	60	120
1	16.0	216.0	171.6	140.4	123.6	98.0	88.7
2	8.0	190.8	160.2	134.0	88.4	70.9	51.0
3	5.3	156.0	123.0	111.6	87.6	66.5	45.0
4	4.0	151.2	120.0	110.4	83.4	58.1	34.6
5	3.2	136.2	116.4	108.0	74.8	57.2	33.6
6	2.7	135.6	114.1	97.3	71.4	48.2	31.7
7	2.3	134.0	114.0	96.0	70.9	45.0	31.1
8	2.0	124.8	111.6	92.4	67.4	43.5	25.6
9	1.8	122.4	105.0	90.0	66.8	41.1	25.6
10	1.6	121.2	105.0	88.4	66.0	41.0	25.0
11	1.5	120.0	102.0	88.0	62.8	37.2	22.0
12	1.3	117.6	98.4	81.2	58.8	35.4	20.7
13	1.2	116.4	98.4	78.0	53.6	33.3	15.0
14	1.1	114.0	94.8	74.4	48.4	25.6	13.8
15	1.1	86.4	76.8	69.2	39.4	21.4	12.4

Anexo 10.a. Cálculo de los parámetros Aparicio, 1997

x_2	x_1	y	x_1y	x_2y	$(x_1)^2$	$(x_2)^2$	x_1x_2	
0.70	1.20	2.33	2.81	1.63	1.45	0.49	0.84	
0.70	0.90	2.28	2.06	1.59	0.82	0.49	0.63	
0.70	0.73	2.19	1.59	1.53	0.53	0.49	0.51	
0.70	0.60	2.18	1.31	1.52	0.36	0.49	0.42	
0.70	0.51	2.13	1.08	1.49	0.26	0.49	0.35	
0.70	0.43	2.13	0.91	1.49	0.18	0.49	0.30	
0.70	0.36	2.13	0.76	1.49	0.13	0.49	0.25	
0.70	0.30	2.10	0.63	1.47	0.09	0.49	0.21	
0.70	0.25	2.09	0.52	1.46	0.06	0.49	0.17	
0.70	0.20	2.08	0.43	1.46	0.04	0.49	0.14	
0.70	0.16	2.08	0.34	1.45	0.03	0.49	0.11	
0.70	0.12	2.07	0.26	1.45	0.02	0.49	0.09	
0.70	0.09	2.07	0.19	1.44	0.01	0.49	0.06	
0.70	0.06	2.06	0.12	1.44	0.00	0.49	0.04	
0.70	0.03	1.94	0.05	1.35	0.00	0.49	0.02	5

1	1.20	2.23	2.69	2.23	1.45	1.00	1.20
1	0.90	2.20	1.99	2.20	0.82	1.00	0.90
1	0.73	2.09	1.52	2.09	0.53	1.00	0.73
1	0.60	2.08	1.25	2.08	0.36	1.00	0.60
1	0.51	2.07	1.04	2.07	0.26	1.00	0.51
1	0.43	2.06	0.88	2.06	0.18	1.00	0.43
1	0.36	2.06	0.74	2.06	0.13	1.00	0.36
1	0.30	2.05	0.62	2.05	0.09	1.00	0.30
1	0.25	2.02	0.51	2.02	0.06	1.00	0.25
1	0.20	2.02	0.41	2.02	0.04	1.00	0.20
1	0.16	2.01	0.33	2.01	0.03	1.00	0.16
1	0.12	1.99	0.25	1.99	0.02	1.00	0.12
1	0.09	1.99	0.18	1.99	0.01	1.00	0.09
1	0.06	1.98	0.11	1.98	0.00	1.00	0.06
1	0.03	1.89	0.05	1.89	0.00	1.00	0.03
1.18	1.20	2.15	2.59	2.53	1.45	1.38	1.42
1.18	0.90	2.13	1.92	2.50	0.82	1.38	1.06
1.18	0.73	2.05	1.49	2.41	0.53	1.38	0.86
1.18	0.60	2.04	1.23	2.40	0.36	1.38	0.71
1.18	0.51	2.03	1.03	2.39	0.26	1.38	0.59
1.18	0.43	1.99	0.85	2.34	0.18	1.38	0.50
1.18	0.36	1.98	0.71	2.33	0.13	1.38	0.42
1.18	0.30	1.97	0.59	2.31	0.09	1.38	0.35
1.18	0.25	1.95	0.49	2.30	0.06	1.38	0.29
1.18	0.20	1.95	0.40	2.29	0.04	1.38	0.24
1.18	0.16	1.94	0.32	2.29	0.03	1.38	0.19
1.18	0.12	1.91	0.24	2.25	0.02	1.38	0.15
1.18	0.09	1.89	0.17	2.23	0.01	1.38	0.11
1.18	0.06	1.87	0.11	2.20	0.00	1.38	0.07
1.18	0.03	1.84	0.05	2.16	0.00	1.38	0.03
1.48	1.20	2.09	2.52	3.09	1.45	2.18	1.78
1.48	0.90	1.95	1.76	2.88	0.82	2.18	1.33
1.48	0.73	1.94	1.41	2.87	0.53	2.18	1.07

10

15

1.48	0.60	1.92	1.16	2.84	0.36	2.18	0.89	
1.48	0.51	1.87	0.95	2.77	0.26	2.18	0.75	
1.48	0.43	1.85	0.79	2.74	0.18	2.18	0.63	
1.48	0.36	1.85	0.66	2.73	0.13	2.18	0.53	
1.48	0.30	1.83	0.55	2.70	0.09	2.18	0.44	
1.48	0.25	1.82	0.46	2.70	0.06	2.18	0.37	
1.48	0.20	1.82	0.37	2.69	0.04	2.18	0.30	
1.48	0.16	1.80	0.29	2.66	0.03	2.18	0.24	
1.48	0.12	1.77	0.22	2.61	0.02	2.18	0.18	
1.48	0.09	1.73	0.16	2.55	0.01	2.18	0.13	
1.48	0.06	1.68	0.10	2.49	0.00	2.18	0.09	
1.48	0.03	1.60	0.04	2.36	0.00	2.18	0.04	30
1.78	1.20	1.99	2.40	3.54	1.45	3.16	2.14	
1.78	0.90	1.85	1.67	3.29	0.82	3.16	1.61	
1.78	0.73	1.82	1.33	3.24	0.53	3.16	1.29	
1.78	0.60	1.76	1.06	3.14	0.36	3.16	1.07	
1.78	0.51	1.76	0.89	3.12	0.26	3.16	0.90	
1.78	0.43	1.68	0.72	2.99	0.18	3.16	0.76	
1.78	0.36	1.65	0.59	2.94	0.13	3.16	0.64	
1.78	0.30	1.64	0.49	2.91	0.09	3.16	0.54	
1.78	0.25	1.61	0.40	2.87	0.06	3.16	0.44	
1.78	0.20	1.61	0.33	2.87	0.04	3.16	0.36	
1.78	0.16	1.57	0.26	2.79	0.03	3.16	0.29	
1.78	0.12	1.55	0.19	2.75	0.02	3.16	0.22	
1.78	0.09	1.52	0.14	2.71	0.01	3.16	0.16	
1.78	0.06	1.41	0.08	2.50	0.00	3.16	0.10	
1.78	0.03	1.33	0.04	2.37	0.00	3.16	0.05	60
2.08	1.20	1.95	2.35	4.05	1.45	4.32	2.50	
2.08	0.90	1.71	1.54	3.55	0.82	4.32	1.88	
2.08	0.73	1.65	1.20	3.44	0.53	4.32	1.51	
2.08	0.60	1.54	0.93	3.20	0.36	4.32	1.25	
2.08	0.51	1.53	0.77	3.17	0.26	4.32	1.05	
2.08	0.43	1.50	0.64	3.12	0.18	4.32	0.89	

	2.08	0.36	1.49	0.54	3.10	0.13	4.32	0.75	
	2.08	0.30	1.41	0.42	2.93	0.09	4.32	0.63	
	2.08	0.25	1.41	0.35	2.93	0.06	4.32	0.52	
	2.08	0.20	1.40	0.29	2.91	0.04	4.32	0.42	
	2.08	0.16	1.34	0.22	2.79	0.03	4.32	0.34	
	2.08	0.12	1.32	0.16	2.74	0.02	4.32	0.26	
	2.08	0.09	1.18	0.11	2.45	0.01	4.32	0.19	
	2.08	0.06	1.14	0.07	2.37	0.00	4.32	0.12	
	2.08	0.03	1.09	0.03	2.27	0.00	4.32	0.06	120
Σ	123.14	35.67	166.23	69.44	217.65	23.83	188.08	48.81	

7.3 Determinación de la precipitación media de la cuenca por el método de los polígonos de Thiessen (Gumbel Tipo I)

Anexo 11. Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (5 años

5 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	151.26	1,853.58	280,379.33
Tola	159.30	1,040.32	165,724.00
San Antonio Carretera Vieja a León	138.19	1,280.08	176,889.18
Aeropuerto Managua	175.76	1,082.79	190,308.25
Nandaime	166.90	2,100.77	350,613.45
Σ		7,357.54	1163,914.22
Pm	158.19		

Anexo 11.a Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (5 años)

10 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	115.69	1,853.58	214,439.06
Tola	131.41	1,040.32	136,704.68
San Antonio Carretera Vieja a León	138.19	1,280.08	176,889.18
Aeropuerto Managua	147.51	1,082.79	159,721.57
Nandaime	127.58	2,100.77	268,012.55
Σ		7,357.54	955,767.05
Pm	129.90		

Anexo 11.b Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (5 años)

15 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	99.46	1,853.58	184,357.05
Tola	112.03	1,040.32	116,543.48
San Antonio Carretera Vieja a León	114.08	1,280.08	146,036.99
Aeropuerto Managua	124.28	1,082.79	134,566.44
Nandaime	110.06	2,100.77	231,215.44
Σ		7,357.54	812,719.40
Pm	110.46		

Anexo 11.c Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (5 años)

30 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	73.67	1,853.58	136,555.53
Tola	85.26	1,040.32	88,698.48
San Antonio Carretera Vieja a León	87.55	1,280.08	112,071.04
Aeropuerto Managua	93.01	1,082.79	100,711.76
Nandaime	79.77	2,100.77	167,573.99
Σ		7,357.54	605,610.79
Pm	82.31		

Anexo 11.d Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (5 años)

60 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	51.71	1,853.58	95,843.85
Tola	62.25	1,040.32	64,760.20
San Antonio Carretera Vieja a León	58.24	1,280.08	74,551.16
Aeropuerto Managua	64.56	1,082.79	69,907.02
Nandaime	59.36	2,100.77	124,707.06
Σ		7,357.54	429,769.30
Pm	58.41		

Anexo 11.e Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (5 años)

120 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	31.43	1,853.58	58,250.17
Tola	45.47	1,040.32	47,299.36
San Antonio Carretera Vieja a León	36.22	1,280.08	46,362.55
Aeropuerto Managua	42.03	1,082.79	45,512.17
Nandaime	37.00	2,100.77	77,732.45
Σ		7,357.54	275,156.70
Pm	37.40		

Anexo 12 Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años)

5 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	164.53	1,853.58	304,974.69
Tola	178.13	1,040.32	185,307.52
San Antonio Carretera Vieja a León	198.85	1,280.08	254,541.35
Aeropuerto Managua	192.44	1,082.79	208,371.55
Nandaiame	187.61	2,100.77	394,116.98
Σ		7,357.54	1347,312.10
Pm	183.12		

Anexo 12.a Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años)

10 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	124.42	1,853.58	230,624.79
Tola	145.50	1,040.32	151,369.87
San Antonio Carretera Vieja a León	152.01	1,280.08	194,585.61
Aeropuerto Managua	160.98	1,082.79	174,311.54
Nandaiame	140.43	2,100.77	295,012.34
Σ		7,357.54	1045,904.15
Pm	142.15		

Anexo 12. b Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años)

15 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	110.22	1,853.58	204,300.43
Tola	124.02	1,040.32	129,024.37
San Antonio Carretera Vieja a León	125.26	1,280.08	160,349.13
Aeropuerto Managua	136.11	1,082.79	147,383.54
Nandaiame	121.77	2,100.77	255,816.98
Σ		7,357.54	896,874.45
Pm	121.90		

Anexo 12.c Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años)

30 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	81.93	1,853.58	151,869.46
Tola	96.96	1,040.32	100,869.65
San Antonio Carretera Vieja a León	97.88	1,280.08	125,298.73
Aeropuerto Managua	105.97	1,082.79	114,739.55
Nandaime	86.67	2,100.77	182,074.84
Σ		7,357.54	674,852.23
Pm	91.72		

Anexo 12.d Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años)

60 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	59.16	1,853.58	109,661.56
Tola	73.72	1,040.32	76,692.68
San Antonio Carretera Vieja a León	64.71	1,280.08	82,836.55
Aeropuerto Managua	75.10	1,082.79	81,318.01
Nandaime	68.64	2,100.77	144,202.67
Σ		7,357.54	494,711.47
Pm	67.24		

Anexo 12.e Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (10 años)

120 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	35.61	1,853.58	66,010.95
Tola	56.65	1,040.32	58,936.85
San Antonio Carretera Vieja a León	41.24	1,280.08	52,785.54
Aeropuerto Managua	51.85	1,082.79	56,145.05
Nandaime	42.76	2,100.77	89,829.37
Σ		7,357.54	323,707.76
Pm	44.00		

Anexo 13 Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años)

5 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	172.02	1,853.58	318,851.19
Tola	188.75	1,040.32	196,356.37
San Antonio Carretera Vieja a León	211.07	1,280.08	270,182.64
Aeropuerto Managua	201.85	1,082.79	218,562.72
Nandaime	199.29	2,100.77	418,661.31
Σ		7,357.54	1422,614.23
Pm	193.35		

Anexo 13.a Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años)

10 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	129.35	1,853.58	239,756.64
Tola	153.46	1,040.32	159,643.85
San Antonio Carretera Vieja a León	159.81	1,280.08	204,569.78
Aeropuerto Managua	142.79	1,082.79	154,614.83
Nandaime	147.68	2,100.77	310,245.39
Σ		7,357.54	1068,830.49
Pm	145.27		

Anexo 13.b Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años)

15 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	116.29	1,853.58	215,552.32
Tola	130.79	1,040.32	136,065.99
San Antonio Carretera Vieja a León	131.57	1,280.08	168,423.91
Aeropuerto Managua	142.79	1,082.79	154,614.83
Nandaime	128.38	2,100.77	269,696.97
Σ		7,357.54	944,354.01
Pm	128.35		

Anexo 13.c Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años)

30 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	86.59	1,853.58	160,509.45
Tola	103.56	1,040.32	107,736.52
San Antonio Carretera Vieja a León	103.71	1,280.08	132,761.68
Aeropuerto Managua	113.28	1,082.79	122,653.92
Nandaime	90.56	2,100.77	190,256.10
Σ		7,357.54	713,917.66
Pm	97.03		

Anexo 13.d Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años)

60 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	63.37	1,853.58	117,457.40
Tola	80.19	1,040.32	83,424.88
San Antonio Carretera Vieja a León	68.36	1,280.08	87,511.10
Aeropuerto Managua	81.05	1,082.79	87,755.99
Nandaime	73.88	2,100.77	155,201.93
Σ		7,357.54	531,351.29
Pm	72.22		

Anexo 13.e Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (15 años)

120 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	37.97	1,853.58	70,389.52
Tola	62.96	1,040.32	65,502.63
San Antonio Carretera Vieja a León	44.07	1,280.08	56,409.34
Aeropuerto Managua	57.39	1,082.79	62,144.04
Nandaime	46.01	2,100.77	96,654.35
Σ		7,357.54	351,099.86
Pm	47.72		

Anexo 14 Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (20 años)

5 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	177.26	1,853.58	328,567.16
Tola	196.18	1,040.32	204,092.50
San Antonio Carretera Vieja a León	219.62	1,280.08	281,134.27
Aeropuerto Managua	208.44	1,082.79	225,698.31
Nandaime	207.47	2,100.77	435,846.62
Σ		7,357.54	1475,338.85
Pm	200.52		

Anexo 14.a Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (20 años)

10 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	132.80	1,853.58	246,150.52
Tola	159.03	1,040.32	165,437.08
San Antonio Carretera Vieja a León	165.27	1,280.08	211,560.44
Aeropuerto Managua	173.91	1,082.79	188,306.60
Nandaime	152.76	2,100.77	320,911.18
Σ		7,357.54	1132,365.82
Pm	153.91		

Anexo

14.b Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (20 años)

15 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	120.54	1,853.58	223,430.60
Tola	135.53	1,040.32	140,996.35
San Antonio Carretera Vieja a León	135.99	1,280.08	174,077.67
Aeropuerto Managua	147.47	1,082.79	159,678.00
Nandaime	133.01	2,100.77	279,415.37
Σ		7,357.54	977,597.99
Pm	132.87		

Anexo 14.c Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (20 años)

30 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	89.86	1,853.58	166,558.95
Tola	108.18	1,040.32	112,544.53
San Antonio Carretera Vieja a León	107.80	1,280.08	137,987.04
Aeropuerto Managua	118.39	1,082.79	128,195.35
Nandaime	93.29	2,100.77	195,984.40
Σ		7,357.54	741,270.28
Pm	100.75		

Anexo 14.d Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (20 años)

60 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	66.31	1,853.58	122,915.84
Tola	84.72	1,040.32	88,138.59
San Antonio Carretera Vieja a León	70.92	1,280.08	90,784.09
Aeropuerto Managua	85.21	1,082.79	92,263.70
Nandaime	77.54	2,100.77	162,903.32
Σ		7,357.54	557,005.55
Pm	75.71		

Anexo 14.e Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (20 años)

120 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	39.63	1,853.58	73,455.27
Tola	67.38	1,040.32	70,099.82
San Antonio Carretera Vieja a León	46.05	1,280.08	58,946.62
Aeropuerto Managua	61.27	1,082.79	66,344.37
Nandaime	48.28	2,100.77	101,433.02
Σ		7,357.54	370,279.11
Pm	50.33		

Anexo 15 Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años)

5 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	184.58	1,853.58	342,139.32
Tola	206.57	1,040.32	214,899.03
San Antonio Carretera Vieja a León	231.57	1,280.08	296,432.52
Aeropuerto Managua	217.65	1,082.79	235,665.96
Nandaime	218.90	2,100.77	459,852.65
Σ		7,357.54	1548,989.48
Pm	210.53		

Anexo 15.a Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años)

10 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	137.62	1,853.58	255,082.10
Tola	166.80	1,040.32	173,529.59
San Antonio Carretera Vieja a León	172.90	1,280.08	221,325.65
Aeropuerto Managua	181.34	1,082.79	196,357.60
Nandaime	159.85	2,100.77	335,810.15
Σ		7,357.54	1182,105.09
Pm	160.67		

Anexo 15.b Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años)

15 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	126.48	1,853.58	234,435.71
Tola	142.15	1,040.32	147,883.53
San Antonio Carretera Vieja a León	142.16	1,280.08	181,975.36
Aeropuerto Managua	154.00	1,082.79	166,750.70
Nandaime	139.47	2,100.77	292,990.95
Σ		7,357.54	1024,036.26
Pm	139.18		

Anexo 15.c Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años)

30 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	94.42	1,853.58	175,009.45
Tola	114.64	1,040.32	119,260.81
San Antonio Carretera Vieja a León	113.50	1,280.08	145,286.32
Aeropuerto Managua	125.54	1,082.79	135,936.14
Nandaime	97.10	2,100.77	203,986.23
Σ		7,357.54	779,478.94
Pm	105.94		

Anexo

15.d Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años)

60 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	70.43	1,853.58	130,540.70
Tola	91.05	1,040.32	94,723.15
San Antonio Carretera Vieja a León	74.49	1,280.08	95,356.12
Aeropuerto Managua	91.02	1,082.79	98,560.49
Nandaime	82.67	2,100.77	173,661.35
Σ		7,357.54	592,841.81
Pm	80.58		

Anexo

15.e Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Gumbel Tipo I (30 años)

120 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	41.94	1,853.58	77,737.81
Tola	73.56	1,040.32	76,521.59
San Antonio Carretera Vieja a León	48.82	1,280.08	62,490.94
Aeropuerto Managua	66.69	1,082.79	72,211.79
Nandaime	51.46	2,100.77	108,108.32
Σ		7,357.54	397,070.45
Pm	53.97		

7.4 Determinación de la precipitación media de la cuenca por el método de los polígonos de Thiessen (Aparicio, 1997)

Anexo 16 Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(5 años)

5 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	172.92	1,853.58	320,514.53
Tola	196.29	1,040.32	204,203.67
San Antonio Carretera Vieja a León	177.49	1,280.08	227,200.62
Aeropuerto Managua	228.91	1,082.79	247,857.09
Nandaime	187.19	2,100.77	393,236.55
Σ		7,357.54	1393,012.46
Pm	189.33		

Anexo 16.a Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(5 años)

10 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	120.51	1,853.58	223,374.93
Tola	138.74	1,040.32	144,336.36
San Antonio Carretera Vieja a León	122.38	1,280.08	156,652.25
Aeropuerto Managua	155.73	1,082.79	168,617.63
Nandaime	132.59	2,100.77	278,543.11
Σ		7,357.54	971,524.28
Pm	132.04		

Anexo 16.b Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(5 años)

15 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	97.56	1,853.58	180,841.12
Tola	113.26	1,040.32	117,822.72
San Antonio Carretera Vieja a León	98.46	1,280.08	126,032.07
Aeropuerto Managua	124.31	1,082.79	134,598.35
Nandaime	108.37	2,100.77	227,660.45
Σ		7,357.54	786,954.70
Pm	106.96		

Anexo 16.c Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(5 años)

30 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	67.99	1,853.58	126,031.55
Tola	80.05	1,040.32	83,280.10
San Antonio Carretera Vieja a León	67.88	1,280.08	86,897.68
Aeropuerto Managua	84.57	1,082.79	91,567.50
Nandaime	76.76	2,100.77	161,259.81
Σ		7,357.54	549,036.63
Pm	74.62		

Anexo 16.d Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(5 años)

60 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	47.39	1,853.58	87,833.73
Tola	56.58	1,040.32	58,864.49
San Antonio Carretera Vieja a León	46.81	1,280.08	59,914.96
Aeropuerto Managua	57.53	1,082.79	62,293.54
Nandaime	54.37	2,100.77	114,225.92
Σ		7,357.54	383,132.66
Pm	52.07		

Anexo 16.e Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(5 años)

120 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	33.02	1,853.58	61,212.97
Tola	39.99	1,040.32	41,606.92
San Antonio Carretera Vieja a León	32.27	1,280.08	41,310.69
Aeropuerto Managua	39.14	1,082.79	42,378.41
Nandaime	38.51	2,100.77	80,910.19
Σ		7,357.54	267,419.18
Pm	36.35		

Anexo 17 Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(10 años)

5 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	205.89	1,853.58	381,640.89
Tola	253.01	1,040.32	263,212.33
San Antonio Carretera Vieja a León	231.13	1,280.08	295,864.72
Aeropuerto Managua	290.12	1,082.79	314,137.85
Nandaime	228.57	2,100.77	480,171.51
Σ		7,357.54	1735,027.30
Pm	235.82		

Anexo 17.a Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(10 años)

10 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	143.49	1,853.58	265,972.65
Tola	178.83	1,040.32	186,045.18
San Antonio Carretera Vieja a León	159.36	1,280.08	203,995.36
Aeropuerto Managua	197.37	1,082.79	213,708.56
Nandaime	161.90	2,100.77	340,122.16
Σ		7,357.54	1209,843.91
Pm	164.44		

Anexo 17.b Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(10 años)

15 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	116.17	1,853.58	215,329.92
Tola	169.35	1,040.32	176,181.20
San Antonio Carretera Vieja a León	128.21	1,280.08	164,121.21
Aeropuerto Managua	157.55	1,082.79	170,592.00
Nandaime	132.33	2,100.77	277,990.59
Σ		7,357.54	1004,214.91
Pm	136.49		

Anexo 17.c Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(10 años)

30 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	80.96	1,853.58	150,067.43
Tola	103.19	1,040.32	107,345.52
San Antonio Carretera Vieja a León	88.40	1,280.08	113,159.71
Aeropuerto Managua	107.18	1,082.79	116,054.05
Nandaime	93.73	2,100.77	196,910.39
Σ		7,357.54	683,537.10
Pm	92.90		

Anexo 17.d Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(10 años)

60 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	56.42	1,853.58	104,584.79
Tola	72.93	1,040.32	75,874.55
San Antonio Carretera Vieja a León	60.95	1,280.08	78,022.34
Aeropuerto Managua	72.92	1,082.79	78,951.78
Nandaime	66.39	2,100.77	139,478.47
Σ		7,357.54	476,911.93
Pm	64.82		

Anexo 17.e Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(10 años)

120 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	39.32	1,853.58	72,887.09
Tola	51.55	1,040.32	53,630.06
San Antonio Carretera Vieja a León	42.03	1,280.08	53,795.52
Aeropuerto Managua	49.60	1,082.79	53,711.04
Nandaime	47.03	2,100.77	98,797.45
Σ		7,357.54	332,821.16
Pm	45.24		

Anexo 18 Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(15 años)

5 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	228.03	1,853.58	422,667.90
Tola	293.51	1,040.32	305,347.29
San Antonio Carretera Vieja a León	269.74	1,280.08	345,285.88
Aeropuerto Managua	333.26	1,082.79	360,847.73
Nandaime	256.90	2,100.77	539,681.46
Σ		7,357.54	1973,830.26
Pm	268.27		

Anexo 18.a Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(15 años)

10 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	158.92	1,853.58	294,565.13
Tola	207.46	1,040.32	215,827.25
San Antonio Carretera Vieja a León	185.98	1,280.08	238,070.69
Aeropuerto Managua	226.72	1,082.79	245,485.37
Nandaime	181.97	2,100.77	382,275.13
Σ		7,357.54	1376,223.58
Pm	187.05		

Anexo 18.b Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(15 años)

15 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	128.66	1,853.58	238,478.23
Tola	169.35	1,040.32	176,181.20
San Antonio Carretera Vieja a León	149.63	1,280.08	191,535.98
Aeropuerto Managua	180.97	1,082.79	195,957.71
Nandaime	148.73	2,100.77	312,443.29
Σ		7,357.54	1114,596.40
Pm	151.49		

Anexo 18.c Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(15 años)

30 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	89.66	1,853.58	166,199.92
Tola	119.70	1,040.32	124,529.36
San Antonio Carretera Vieja a León	103.17	1,280.08	132,061.88
Aeropuerto Managua	123.12	1,082.79	133,310.39
Nandaime	105.35	2,100.77	221,314.44
Σ		7,357.54	777,415.99
Pm	105.66		

Anexo 18.d Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(15 años)

60 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	62.49	1,853.58	115,827.82
Tola	84.61	1,040.32	88,020.52
San Antonio Carretera Vieja a León	71.13	1,280.08	91,055.17
Aeropuerto Managua	83.76	1,082.79	90,691.31
Nandaime	74.62	2,100.77	156,764.71
Σ		7,357.54	542,359.52
Pm	73.71		

Anexo 18.e Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(15 años)

120 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	43.55	1,853.58	80,722.57
Tola	59.80	1,040.32	62,215.15
San Antonio Carretera Vieja a León	49.04	1,280.08	62,781.50
Aeropuerto Managua	56.98	1,082.79	61,697.46
Nandaime	52.86	2,100.77	111,041.89
Σ		7,357.54	378,458.57
Pm	51.44		

Anexo 19 Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(20 años)

5 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	245.16	1,853.58	454,424.86
Tola	326.12	1,040.32	339,272.71
San Antonio Carretera Vieja a León	300.98	1,280.08	385,280.33
Aeropuerto Managua	367.70	1,082.79	398,143.09
Nandaime	279.10	2,100.77	586,325.65
Σ		7,357.54	2163,446.64
Pm	294.04		

Anexo 19.a Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(20 años)

10 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	170.86	1,853.58	316,697.15
Tola	230.51	1,040.32	239,806.60
San Antonio Carretera Vieja a León	207.52	1,280.08	265,646.41
Aeropuerto Managua	250.15	1,082.79	270,857.48
Nandaime	197.70	2,100.77	415,314.83
Σ		7,357.54	1508,322.47
Pm	205.00		

Anexo 19.b Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(20 años)

15 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	138.32	1,853.58	256,396.18
Tola	188.17	1,040.32	195,755.70
San Antonio Carretera Vieja a León	166.96	1,280.08	213,721.58
Aeropuerto Managua	199.68	1,082.79	216,210.89
Nandaime	161.58	2,100.77	339,447.49
Σ		7,357.54	1221,531.84
Pm	166.02		

Anexo 19.c Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(20 años)

30 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	89.66	1,853.58	166,199.92
Tola	133.00	1,040.32	138,365.11
San Antonio Carretera Vieja a León	115.12	1,280.08	147,358.60
Aeropuerto Managua	135.84	1,082.79	147,088.67
Nandaime	114.45	2,100.77	240,442.45
Σ		7,357.54	839,454.76
Pm	114.09		

Anexo 19.d Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(20 años)

60 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	67.18	1,853.58	124,530.49
Tola	94.01	1,040.32	97,799.99
San Antonio Carretera Vieja a León	79.37	1,280.08	101,602.08
Aeropuerto Managua	92.41	1,082.79	100,064.69
Nandaime	81.07	2,100.77	170,313.74
Σ		7,357.54	594,311.00
Pm	80.78		

Anexo 19.e Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(20 años)

120 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	46.82	1,853.58	86,787.62
Tola	66.45	1,040.32	69,127.52
San Antonio Carretera Vieja a León	54.73	1,280.08	70,053.48
Aeropuerto Managua	62.87	1,082.79	68,074.19
Nandaime	57.43	2,100.77	120,639.14
Σ		7,357.54	414,681.96
Pm	56.36		

Anexo 20 Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(30 años)

5 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	271.52	1,853.58	503,276.26
Tola	378.33	1,040.32	393,583.39
San Antonio Carretera Vieja a León	351.26	1,280.08	449,637.45
Aeropuerto Managua	422.38	1,082.79	457,343.91
Nandaime	313.69	2,100.77	658,991.79
Σ		7,357.54	2462,832.80
Pm	334.74		

Anexo 20.a Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(30 años)

10 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	189.22	1,853.58	350,742.60
Tola	267.41	1,040.32	278,194.77
San Antonio Carretera Vieja a León	242.19	1,280.08	310,019.92
Aeropuerto Managua	287.34	1,082.79	311,131.90
Nandaime	222.20	2,100.77	466,786.78
Σ		7,357.54	1716,875.98
Pm	233.35		

Anexo 20.b Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(30 años)

15 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	153.19	1,853.58	283,959.18
Tola	218.29	1,040.32	227,092.22
San Antonio Carretera Vieja a León	194.85	1,280.08	249,421.58
Aeropuerto Managua	229.37	1,082.79	248,359.79
Nandaime	181.61	2,100.77	381,516.84
Σ		7,357.54	1390,349.60
Pm	188.97		

Anexo 20.c Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(30 años)

30 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	106.76	1,853.58	197,896.44
Tola	154.29	1,040.32	160,514.57
San Antonio Carretera Vieja a León	134.35	1,280.08	171,973.35
Aeropuerto Managua	156.04	1,082.79	168,959.62
Nandaime	128.64	2,100.77	270,241.63
Σ		7,357.54	969,585.61
Pm	131.78		

Anexo 20.d Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(30 años)

60 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	74.41	1,853.58	137,917.72
Tola	109.06	1,040.32	113,455.78
San Antonio Carretera Vieja a León	92.63	1,280.08	118,573.67
Aeropuerto Managua	106.15	1,082.79	114,943.54
Nandaime	91.12	2,100.77	191,421.54
Σ		7,357.54	676,312.25
Pm	91.92		

Anexo 20.e Cálculo de la precipitación media de la cuenca con datos Aparicio, 1997(30 años)

120 minutos			
Estación	Precipitación	ai(Km 2)	ai * Pi
Masatepe (Campos Azules)	51.86	1,853.58	96,117.43
Tola	77.09	1,040.32	80,193.44
San Antonio Carretera Vieja a León	63.87	1,280.08	81,755.20
Aeropuerto Managua	72.22	1,082.79	78,196.30
Nandaime	64.54	2,100.77	135,590.53
Σ		7,357.54	471,852.90
Pm	64.13		

7.5 Ejercicio Práctico: Cálculo de escurrimiento máximo.

Determinar el escurrimiento máximo para un periodo de retorno para 5 años en una cuenca de 50 ha, 20 ha de bosque, terreno escarpado $c= 0.50$ y suelo de textura media, 10 ha de pasto, ondulado, media $c= 0.36$, 20ha de cultivo, plano y textura media $c=0.50$. con una longitud de cauce de 500 m y el desnivel desde el punto mas lejano hasta el punto más bajo es de 50 m.

Cuadro 9. Valores del coeficiente de escurrimiento(c)

Topografía	Textura del Suelo		
	Francoarenoso grueso	Arcillas franco limosas (media)	Arcillas compactas (finas)
Bosques			
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (5-10% pendiente)	0.25	0.35	0.50
Escarpado (10-30% pendiente)	0.30	0.50	0.60
Pastizales			
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (5-10% pendiente)	0.16	0.36	0.55
Escarpado (10-30% pendiente)	0.22	0.42	0.60
Terrenos cultivados			
Plano (0-5% pendiente)	0.30	0.50	0.60
Ondulado (5-10% pendiente)	0.40	0.60	0.70
Escarpado (10-30% pendiente)	0.52	0.72	0.82

Datos	Fórmula
L = 500	$Tc = \frac{(0.02 \times L)^{1.15}}{H^{0.385}}$
H = 50	$C = \frac{(a1+c1) + (a2+c2) + (a3+c3)}{a1+a2+a3}$
Q = ?	$Q = 0.028 \times c \times I \times A$

ha= 20
 ha= 10
 ha= 20
 ha total= 50
 I= 114.08 mm/h o 11.4 cm/h. Cuadro 3.c

Solución

$$C = \frac{(20 + 0.50) + (10 + 0.36) + (20 + 0.50)}{50}$$

$$C = 0.47$$

$$Tc = 0.02(500)^{1.15} / (50)^{0.385}$$

$$Tc = 5.63$$

$$Q = 0.28 * 0.47 * 11.4 * 50$$

$$Q = 7.50 \text{ m}^3/\text{s}$$

7.6 Ejercicio Práctico: Cálculo de escurrimiento superficial

Determinar el volumen medio anual escurrido en una cuenca de 50ha, donde los terrenos son planos de textura franco limosa con cultivo de alfalfa y precipitación media anual de 110.46mm.

Datos	Fórmula	Solución
ha = 50	$Vm = A * c * Pm$	$Vm = 0.5 \text{ Km} * 0.30 * 110.46 \text{ mm}$
$Pm = 110.46 \text{ mm}$		$Vm = 16.57 \text{ mmc}$

Convertir

50 ha a Km

0.5 Km

c = 0.30 Ver Cuadro 9 valores del coeficiente del escurrimiento.