



Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables

ANALISIS Y PREPARACION DEL
ATLAS DE TORMENTAS DE VENEZUELA
METODOLOGIA



Caracas, Marzo de 1.983
Serie Informes Técnicos DGSIIA/IT/124

I N D I C E

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. DESCRIPCION, USO Y CONTENIDO DEL ATLAS	1
3. SELECCION DE TORMENTAS EXTRAORDINARIAS	3
4. INFORMACION DISPONIBLE	4
a) Cartográfica	4
b) Pluviométrica	4
c) Meteorológica	5
5. CURVAS DE MASA	6
6. MAPA ISOYETICO	9
7. CALCULO DE LAS CURVAS DE PRECIPITACION-AREA DURACION (P.A.D.)	9
8. TORMENTA DEL DIA 18/09/80; EJEMPLO	14
9. DESCRIPCION DEL ANALISIS DE PRECIPITACION-AREA- DURACION POR EL METODO DE LOS MAPAS ISOYETICOS	14
10. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL METODO	30
11. RESUMEN	31
12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	32

INDICE DE TABLAS

TABLA		Pág.
1	DISTRIBUCION HORARIA DE LA TORMENTA	7
2	ESTACIONES CONSIDERADAS EN EL ANALISIS DE LA TORMENTA DEL DIA 18/09/80	18
3	CALCULO DE LA PRECIPITACION PROMEDIO DE LA TORMENTA DEL DIA 18/09/80	24
4	CALCULO DE LAS CURVAS DE PROFUNDIDAD-AREA- DURACION DE LA TORMENTA DEL DIA 18/09/80	25

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO		Pág.
1	DIAGRAMA DE LOS PASOS SEGUIDOS EN LA ELABORACION DEL ATLAS DE TORMENTAS	2
2	CURVA DE MASA	8
3	PATRON ISOYETICO DE UNA TORMENTA (ESQUEMATICO)	10
4	CURVAS DE PROFUNDIDAD-AREA-DURACION	13
5	PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA PRECIPITACION PROMEDIO IMPLEMENTADO PARA HP-34C	15
6	PROGRAMA PARA CALCULO DE LAS CURVAS DE MASA AJUSTADAS UTILIZANDO POLIGONOS DE THIESSEN IMPLEMENTADO PARA HP-34C	16
7	PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LAS CURVAS DE MASA AJUSTADAS UTILIZANDO EL PROMEDIO ARITMETICO DE LA LLUVIA DE LAS ESTACIONES QUE ENTRAN EN EL ANALISIS	17
8	RESULTADOS, DISEÑO Y DIAGRAMACION DEL ATLAS DE TORMENTAS	29

1. INTRODUCCION

En la actualidad el Departamento de Investigaciones Hidrológicas de la División de Aguas Superficiales adelanta el proyecto "Atlas de Tormentas", por tal motivo se ha preparado el siguiente informe con el objeto de entrenar al personal de las diferentes Zonas Administrativas sobre la recopilación de la información y la preparación de los análisis de tormentas, lo cual permitirá en un futuro dar continuidad y hacer más eficiente el proceso de evaluación de éste aspecto hidrometeorológico.

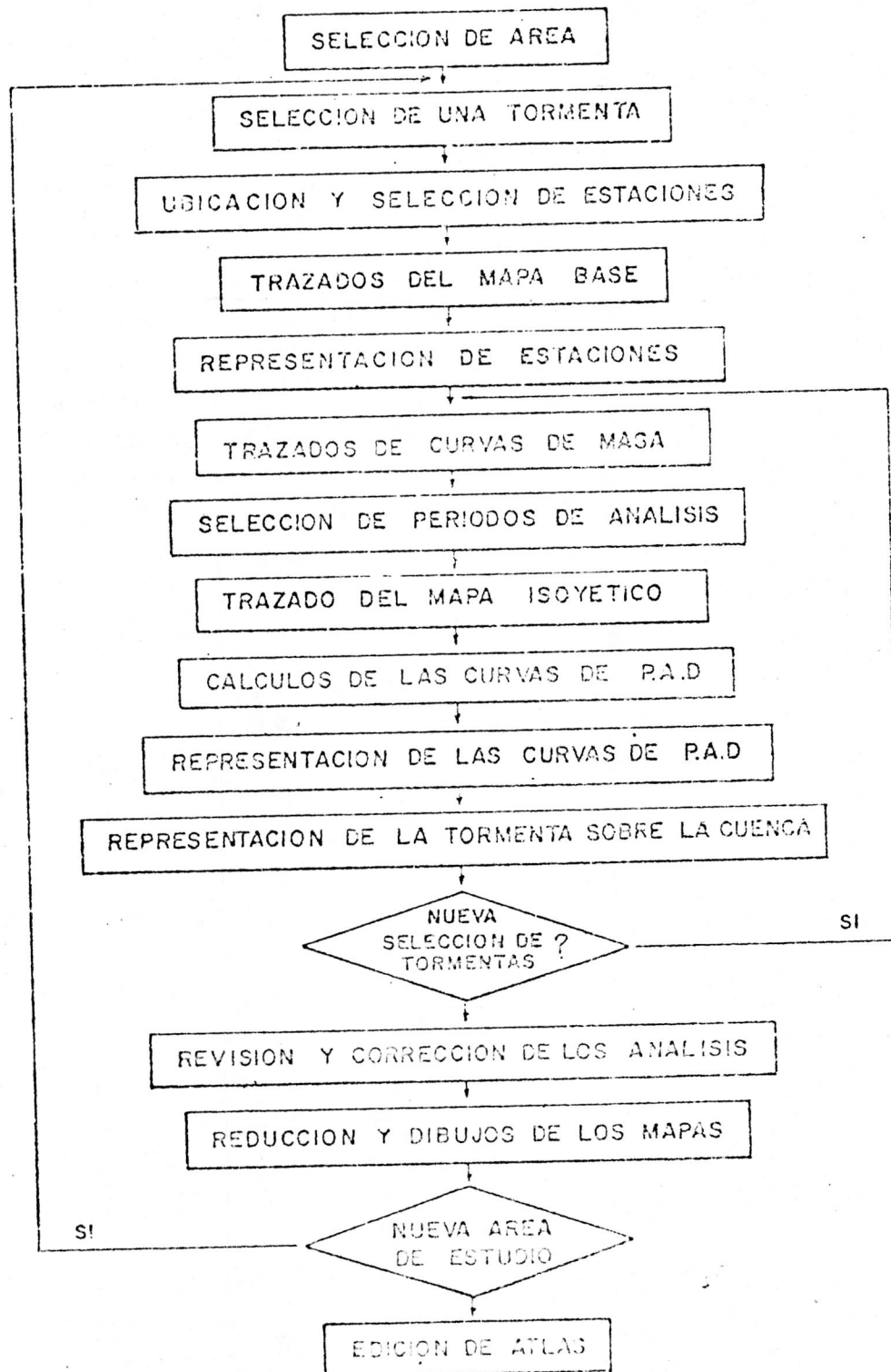
Se describen los análisis de precipitación y se explica el método recomendado por el "Manual For Depth-Area-Duration Analysis of Storm Precipitation" de la O.M.M.* El informe ha sido preparado en el Departamento de Investigaciones Hidrológicas por el Ing. Carmen Fermín, con la colaboración de la Ing. Dexsy Corro y bajo la supervisión técnica del Ing. David Pérez Hernández.

2. DESCRIPCION, USO Y CONTENIDO DEL ATLAS

Se considera "Atlas de Tormentas" una recopilación de datos de precipitación en forma gráfica, que permita un rápido acceso a los mismos y que sirva como herramienta de apoyo a la elaboración de estudios donde se requiera de la Precipitación Máxima Probable, Maximización y Transposición de Tormentas, Creciente Máxima Probable, los cuales son de suma importancia para el diseño de obras hidráulicas tales como: vertederos, adimensionado de embalses, obras de drenaje, regularización de cauces, análisis climato-

* O.M.M. - Organización Meteorológica Mundial

PASOS SEGUIDOS PARA LA ELABORACION DEL ATLAS DE TORMENTAS



lógicos (modelos de precipitación), etc.

En el gráfico N° 1 se presenta el diagrama de los pasos seguidos en la elaboración del "Atlas de Tormentas".

Cada tormenta presentará la siguiente información:

- a) Mapa isoyético de la duración total de la tormenta.
- b) Curva de Precipitación-Area-Duración para cada hora hasta el final de la tormenta.
- c) Histogramas de lluvias extremas para la estación donde ocurrió la máxima precipitación.
- d) Tabla de Area-Precipitación-Promedio.
- e) Selección de curvas de masa
- f) Mapa de localización.

3. SELECCION DE TORMENTAS EXTRAORDINARIAS

Dentro de un área específica la selección de la información pluviométrica contempla las siguientes fases:

- a) Revisión de la información de "Lluvias Extremas".

Con ésta información se elaboran los histogramas y se escogen las estaciones donde los valores son máximos en determinado tiempo, los cuales serán los centros de la tormenta.

- b) Preparación de la información acerca del tipo de estación: ubicación, elevación, etc., tanto de la estación donde ocurrió la máxima precipitación, como de las estaciones adyacentes afectadas por la lluvia, dentro del área de influencia de la tormenta.

4. INFORMACION DISPONIBLE

a) Cartográfica:

- a.1 Se debe revisar la información cartográfica existente. Se escogen las escalas adecuadas según el tamaño de la zona a estudiar y la distribución espacial de la tormenta. Las escalas más frecuentemente utilizadas son: 1:100.000; 1:250.000 y 1:500.000.
- a.2 Se realiza un mapa base de la zona con sus respectivos cauces, ubicando las estaciones que tengan instrumentos registradores de precipitación, ya que es necesario obtener la distribución horaria de la misma. La simbología utilizada es la siguiente:

- ⊙ PR Estación Pluviográfica
- ⊙ PE Estación Pluvioevaporimétrica
- ⊙ C1 Estación Climatológica de Primer Orden
- ⊙ C2 y C3 Estación Climatológica de Segundo Orden

Se coloca además el nombre de la estación y el serial. Para agilizar el trabajo se diseñó la Planilla H-34, en la cual se colocan los datos ya descritos, la ubicación de la estación (longitud y latitud), fecha de instalación y mapa utilizado, anexo N° 1.

b) Pluviométrica:

- b.1 Se localizan los formatos H-7 (Resumen Mensual del Pluviógrafo), para el mes y las estaciones que van a entrar en el análisis.

- b.2 Se localiza la fecha de la tormenta en el formato M-7* así como el día anterior y posterior de la misma, debido a que la tormenta puede comenzar al final de un día y terminar al siguiente.
- b.3 En caso de no encontrarse procesado el formato M-7, deberá procederse a la evaluación de las bandas del pluviógrafo para las fechas mencionadas, haciéndose las observaciones necesarias en cada caso, como por ejemplo: valores englobados, deficiencias en las observaciones, cambios en la estación, etc.

c) Meteorológica:

La información meteorológica se obtiene de las estaciones climatológicas de Primero, Segundo y Tercer Orden.

- Temperatura	Media diaria (°C)
	Máxima diaria (°C)
	Mínima diaria (°C)
- Humedad Relativa	Máxima diaria (%)
	Mínima diaria (%)
- Viento Máximo Instantáneo	(Km/h)
- Nubosidad Media diaria	(Octavos)
- Presión Media diaria	(mb)
- Punto de Rocío	(mm)

Con el fin de facilitar el análisis además en la información meteorológica se incluye:

- Cartas Sinópticas
- Imágenes de satélite o indicación de su existencia.
- Cualquier otro tipo de información que de acuerdo a las características de la tormenta, se considere útil para ulteriores estudios o fines de diseño.

5. CURVAS DE MASA

Para cada estación es necesario el trazado de curvas de masa, graficando la precipitación acumulada contra el tiempo, en papel aritmético. Para ello se requiere la precipitación horaria acumulada desde el inicio de la lluvia, donde se denominará la hora anterior al inicio como hora cero, hasta el final de la tormenta.

En la Tabla N° 1, se muestra un ejemplo con la estación Tumuza (0571) donde se ha tomado el inicio de la tormenta a la hora 20 del día 25 de Noviembre de 1973, y el final a la hora 13 del día 26 de Noviembre del mismo año. Si antes del inicio de la tormenta se registró precipitación, el último valor se le resta a cada uno de los valores de lluvia de la tormenta en sí, para obtener las precipitaciones horarias y acumuladas.

Si la precipitación continúa de un día para otro, el último valor de la precipitación acumulada se le suma a cada uno de los siguientes valores horarios hasta el final de la tormenta. El gráfico N° 2 representa la curva de masa de la estación Tumuza (0571) para las fechas antes mencionadas.

HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
ESTACION		SERIAL																								
		FECHA																								
5 -																										
10 -																										
15 -																										
30 -																										
5 -																										
10 -																										
15 -																										
30 -																										

ESTACION TUMUZA		SERIAL 0571												FECHA 25/11/73												
5 -																										
10 -																										
15 -																										
30 -																										
5 -		13.2	22.8	24.9	25.2	28.6	29.0	29.6	30.4	33.7	35.5	35.8														
10 -		13.2	9.6	2.1	0.3	3.4	0.4	0.6	0.8	3.3	1.8	0.3														
15 -																										
30 -																										
5 -		17.0	32.7	45.9	46.6	49.8	50.0	52.4	53.3	57.7																
10 -		17.6	15.1	13.2	0.7	3.2	0.2	2.4	0.9	4.4																
15 -																										
30 -		32.4	47.5	60.7	61.4	64.6	64.8	67.2	68.1	72.5																

ESTACION		SERIAL												FECHA												
5 -																										
10 -																										
15 -																										
30 -																										
5 -																										
10 -																										
15 -																										
30 -																										
5 -																										
10 -																										
15 -																										
30 -																										

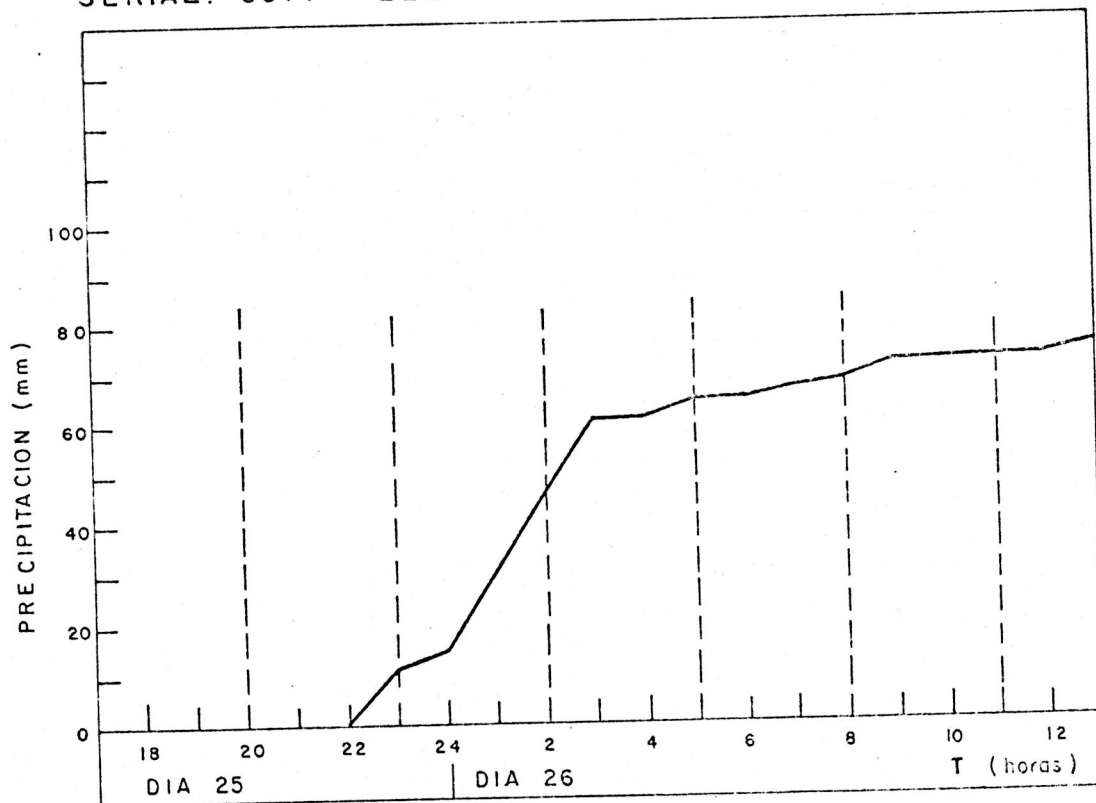
GRAFICO N° 2

CURVA DE MASA

Fecha: 25-26/11/73

ESTACION: TUMUZA

SERIAL: 0571 - ELEVACION: 200 msnm



6. MAPA ISOYETICO

Dibujados los mapas base a la escalas de trabajo apropiadas, se grafican los valores de precipitación para cada estación y se elabora un mapa isoyético de la tormenta para su máxima duración.

El trazado de las isoyetas se realiza interpolando los valores de precipitación de cada estación en toda el área de estudio.

Las reglas utilizadas para el trazado de isoyetas son bastante generales y no deben tomarse de manera estricta, por lo que es recomendable hacer un análisis cuidadoso de las condiciones fisiográficas y meteorológicas de la región en estudio, además de utilizar y apoyarse en cartas con curvas de nivel que permitan controlar e inferir patrones dudosos o de difícil trazado.

Es recomendable ubicar estaciones adyacentes al área de interés para mejorar la calidad del trazado de las isoyetas.

El análisis y trazado del mapa se realiza en forma global donde se considera toda el área de desarrollo de la tormenta. En el Gráfico N° 3, se muestra un patrón isoyético (esquemático) de una tormenta.

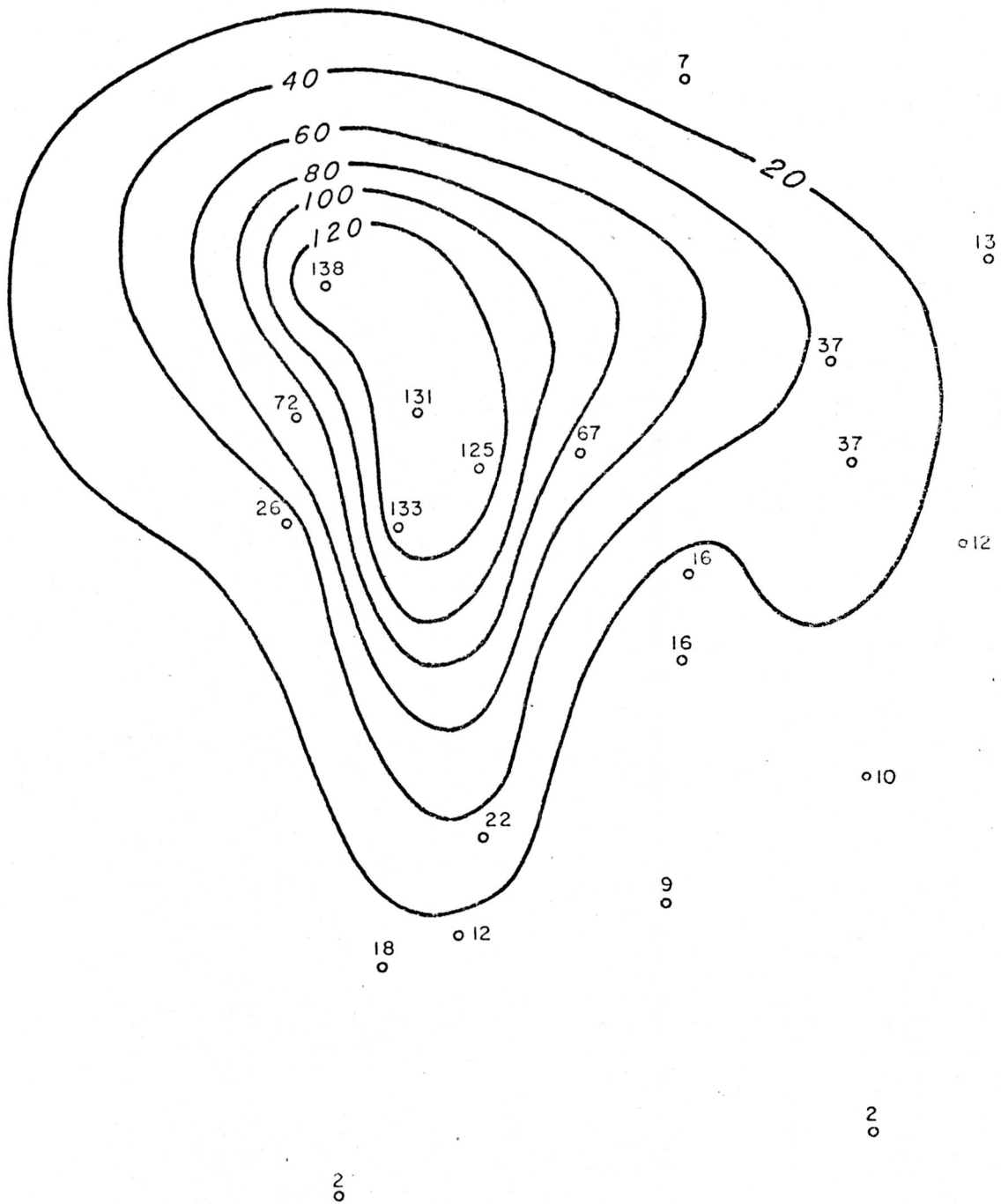
7. CALCULO DE LAS CURVAS DE PRECIPITACION-AREA-DURACION (P.A.D.)

El procedimiento consiste en:

- a) Cálculo de la precipitación media de la cuenca, por el método isoyético, para la duración total de la tormenta utilizando la secuencia del cálculo del Anexo N° 3.

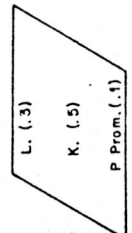
Para la estimación del valor de precipitación promedio entre isoyetas (columna 6, Anexo N° 3), en el área que envuelve la isoyeta central,

PATRON ISOYETICO DE UNA TORMENTA
(ESQUEMATICO)

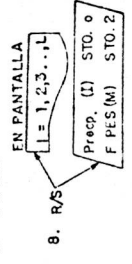


P PROM.- PRECIPITACION PROMEDIO EN EL AREA QUE ENCIERRA CADA ISOYETA STO.1
 L.- PERIODO DE ANALISIS DE LA TORMENTA STO.3 L MAX-9
 K.- NUMERO DE ESTACIONES CUYOS POLIGONOS DE THIESEN ESTEN INCLUIDOS EN LA ISOYETA STO.5
 M- 1, 2, 3, 4,K STO.0
 I- 1, 2, 3, 4,L STO.1
 PRECIP(I).- PRECIPITACION HORARIA
 PRECPR.MED.COMP.(I).- PRECIPITACION HORARIA MEDIA COMPENSADA
 PRECPR.MED.AJ.(I).- PRECIPITACION HORARIA MEDIA AJUSTADA
 F PES(M).- FACTOR DE PESO DE CADA ESTACION
 FAJ.- FACTOR DE AJUSTE

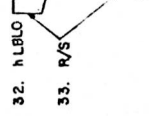
INSTRUCCIONES



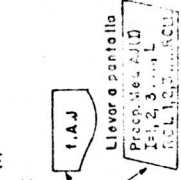
1. hLBLA
2. 1
3. STO.0
4. hLBL7
5. 1
6. STO f I
7. hLBL5



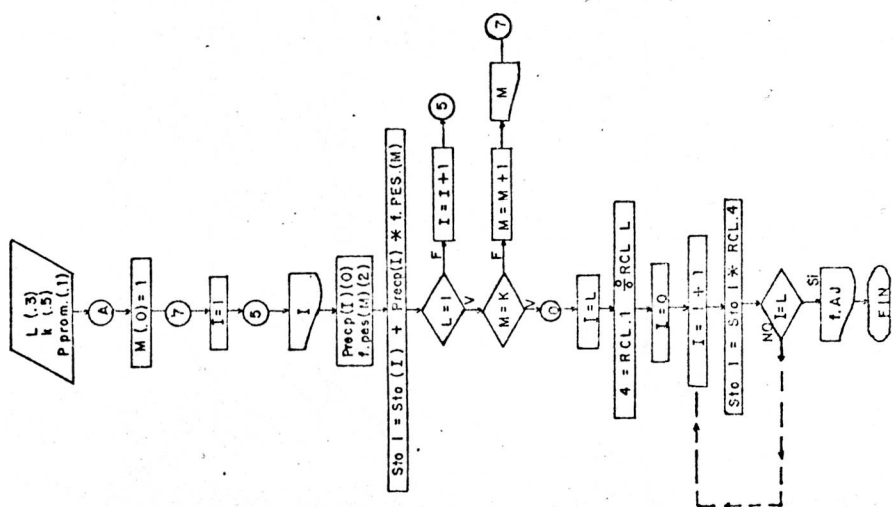
9. RCL 0
10. RCL.2
11. X
12. STO+ f (I)
13. RCL.3 L



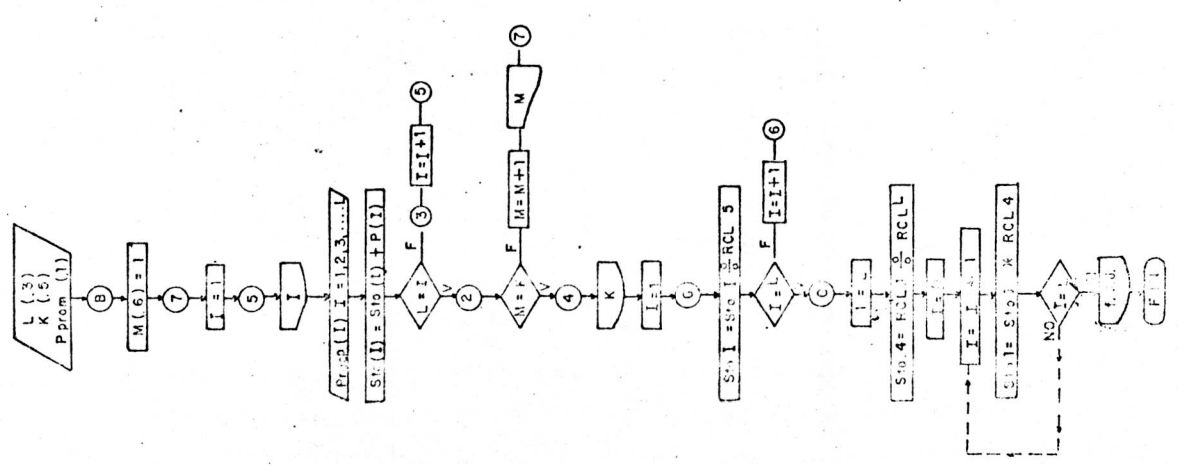
32. hLBLO
33. R/S
34. RCL.3
35. STO f (I)
36. RCL.1
37. RCL f (I)
38. 0
39. hLBL1
40. STO x f (I)
41. qDSE
42. GTO1
43. R/S



44. hRTN



PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LAS CURVAS DE MARRAMBA UTILIZANDO LOS POLIGONOS DE THIESEN



- PROM.- PRECIPITACION PROMEDIO EN EL AREA QUE ENCIERRA CADA ISOYETA STO1 25. STO6
 L.- PERIODO DE ANALISIS DE LA TORMENA STO.3 MAX+9
 K.- NUMERO DE ESTACIONES CUYOS POLIGONOS DE THILSEN ESTEN INCLUIDOS EN LA ISOYETA STO.5
 M= 1,2,3,4,5....., K STO. 6
 I = 1,2,3,4,5..... L STO I
 PRECP (I) - PRECIPITACION HORARIA
 Σ PRECP(I) - Σ de la precipitacion (I) de las estaciones incluidas dentro de cada isoyeta.
 PRECP.MED. AJ(I) - PRECIPITACION HORARIA MEDIA AJUSTADA
 F AJ.- FACTOR DE AJUSTE PARA CADA ISOYETA
 10. RCL0
 11. STO+1 (I).
 12. RCL.3
 13. RCL f I
 14. F X=Y
 15. GTO 2
 16. GTO 3
 17. HLBL2
 18. RCL.5
 19. RCL6
 20. f
 21. GTO.4
 22. RCL.6
 23. 1
 24. +
- INSTRUCCIONES
 L STO.3
 K S.O.5
 P PROM. STO.1
1. HLBLB
 2. 1
 3. STO.6
 4. HLBL7
 5. 1
 6. STO.f I
 7. HLBL5
 8. RCL f I
 9. R/S
 En Pantalla
 I = 1,2,3....., L
 PRECP(I) STO.0
26. R/S I
 27. GTO 7
 28. RLBL3
 29. RCL f I
 30. 1
 31. +
 32. STO1 I
 33. GTO5
 34. HLAB
 35. R/S
 En Pantalla
 LLEVAR A PANTALLA
 Precip. (I) Media
 I = 1,2,3.....L
 RCL1,2,3.....RCLL
36. 1
 37. STO1 I
 38. HLBL6
 39. RCL5
 40. STO.0 f (I)
 41. RCL.3
 42. RCL f I
 43. FX=Y
 44. GTO 0
 45. RCL f I
 46. 1
47. +
 48. STO f I
 49. GTO 6
 50. HLBL0
 51. RCL.3
 52. STO1 I
 53. RCL.1
 54. RCL f (I)
 55. -
 56. HLBL1
 57. STO* f (I)
 58. G DSE
 59. GTO1
 60. R/S
 En Pantalla
 LLEVAR A PANTALLA
 Precip. (I) Media
 I = 1,2,3.....L
 RCL1,2,3.....RCLL
61. h RTM

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LAS CURVAS DE ISOCALAS UTILIZANDO EL METODO DE THILSEN DE LA LLUVIA DE LAS ESTACIONES QUE ENTORNO EN EL ANALISIS

GRAFICO 197

MARNR
 Dirección General de Información
 e Investigación del Ambiente
DIRECCION DE HIDROLOGIA
 DIVISION DE AGUAS SUPERFICIALES
 DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES HIDROLOGICAS

DATOS PARA ANALISIS DE TORMENTAS

CUENCA: RIO GUAIRE AREA _____ km ZONA ADMINISTRATIVA _____

ESTACIONES METEOROLOGICAS PLOTEADAS EN EL MAPA

SERIAL	ESTACION	TIPO DE EST.	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION (m.s.n.m)	FECHA INST.	MAPA 1:100.000
1458	EL ENCANTO	PR	10-19	67-04	1145	09-52	6746
1438	EL ARADO	PR	10-23	67-09	2103	09-54	6747
1448	LOS TEQUES	PR	10-20	67-02	1090	10-48	6747
1442	EL ROBLE	PR	10-21	67-12	1678	03-48	6747
1436	AGUA FRIA	C1	10-25	67-11	1741	10-48	6747
9343	EL JABILLO	PR	10-23-00	67-09-17	1767	11-48	6747
1447	POZO DE ROSAS	PR	10-21	67-06	1554	09-48	6747
5001	CARABALLEDA	PR	10-36	66-51	74	05-58	6747
1425	ALTOS DE ÑO LEON	PR	10-26	67-09	2101	05-48	6747
1434	BUENA VISTA	PR	10-25	67-20	2192	02-48	6747
1427	SABANETA	PR	10-25	67-02	1640	08-49	6747
9344	LA LAGUNITA	PR	10-23-18	67-19-45	2080	01-49	6747
5003	CORRALITO	PR	10-28	67-12	1473	05-56	6747
9361	PETAQUIRE	C1	10-28	67-09	1307	02-71	6747
1423	COLONIA TOVAR	PR	10-12	67-17	1787	01-51	6747

MARNR
 Dirección General de Información
 e Investigación del Ambiente
DIRECCION DE HIDROLOGIA
 DIVISION DE AGUAS SUPERFICIALES
 DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES HIDROLOGICAS

DATOS PARA ANALISIS DE TORMENTAS

CUENCA: _____ AREA _____ km _____ ZONA ADMINISTRATIVA _____

ESTACIONES METEOROLOGICAS PLOTEADAS EN EL MAPA

SERIAL	ESTACION	TIPO DE EST.	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION (m.s.n.m.)	FECHA INST.	MAPA 1:100.000
9311	CARAYACA	C1	10-32	67-07	972	01-56	6747
1413	LA PEÑITA	PR	10-28	67-14	644	01-51	6747
5027	CAURIMARE	PR	10-30	66-47	961	01-49	6847
1504	CHUSPA	PR	10-37	66-18	3	08-54	6947
5062	LA PEREZA	C1	10-27	66-44	1083	10-70	6847
5012	ORITAPO	PR	10-37	66-29	15	12-68	6947
1414	LAS MERCEDES	PR	10-29	67-11	1537	02-49	6747
9212	PTO. CHICHIRIVICHE	PR	10-30	67-14	22	06-51	6747
9213	HDA. NARANJAL	PR	10-29-43	67-14-27	408	07-51	6747
5011	LOS CARACAS	C1	10-38	66-34	15	05-54	6847
5005	NAIGUATA	PR	10-37-30	66-44	49	05-51	6847
5000	MACUTO	PR	10-36	66-53	53	09-51	6847
1410	LAS TEJERIAS	PR	10-15-21	67-10-18	484	06-56	6746
1415	EL CONSEJO	PR	10-14-20	67-16-10	559	05-67	6746
1416	LA VERDEPA	PR	10-14-07	67-20-20	599	11-48	6746

MARNR
 Dirección General de Información
 e Investigación del Ambiente
 DIRECCION DE HIDROLOGIA
 DIVISION DE AGUAS SUPERFICIALES
 DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES HIDROLOGICAS

DATOS PARA ANALISIS DE TORMENTAS

AREA _____ Km ZONA ADMINISTRATIVA _____

CUENCA:

ESTACIONES METEOROLOGICAS PLOTEADAS EN EL MAPA

SERIAL	ESTACION	TIPO DE EST.	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION (m.s.n.m)	FECHA INST.	MAPA 1:100.000
1444	PIE DEL CERRO	PR	10-19-24	67-19-15	800	10-39	6746
1455	URB-QDA. SECA	PR	10-16-53	67-15-40	600	01-40	6746
1457	BUEN PASO	PR	10-17-30	67-13-40	650	01-41	6746
3020	MARIA ISABEL	PR	10-35-54	66-40-53		09-69	6847
3070	OJO DE AGUA	C2	10-25	66-52	608	07-73	6847
3573	STA. TERESA	C2	10-14	66-39	158	01-54	6846
3574	TUNUZA	PR	10-16	66-45	130	01-61	6846
3549	STA. EPIFANIA	PR	10-18	66-40	170	01-54	6846
3517	FILA DEL INDI0	PR	10-36	66-37		06-61	6847
3025	LA CEIBA	C2	10-15	66-49	340	08-70	6846
3547	STA. LUCIA	PR	10-19	66-40	170	07-53	6846
3034	CATTANAL	C2	10-16	66-42	180	08-70	6846
3513	GUARENAS	PR	10-28-02	66-37-00	385	02-50	6847
3546	EL ALBERD0	PR	10-21	66-54	1278	09-58	6847
3548	LA GUAYUBANA	PR	10-23-18	67-03-24	1600	12-48	6747

se utiliza el método recomendado por la O.M.M.

$$P_{pc} = I + \frac{MAX - I}{3} \dots\dots\dots (1)$$

donde:

P_{pc} = Precipitación promedio en el núcleo de la tormenta (mm)

I = Isoyeta de máximo valor, (mm)

MAX = Máximo valor de precipitación en el núcleo, (mm)

Como un ejemplo ilustrativo, en el gráfico N° 3 se muestra el patrón isoyético de una zona donde:

$$I = 120 \text{ mm}$$

$$MAX = 138 \text{ mm}$$

Aplicando la ecuación (1)

$$P_{pc} = 120 \text{ mm} + \frac{138 \text{ mm} - 120 \text{ mm}}{3}$$

$$P_{pc} = 126 \text{ mm}$$

- b) Construcción de los polígonos de Thiessen para las estaciones que se encuentran en el análisis de la tormenta.
- c) Se calcula el factor de peso en las estaciones cuyos polígonos sean abarcados por la isoyeta, calculando el porcentaje de área del polígono con respecto al área total de la isoyeta. Los factores de peso que abarcan la isoyeta considerada deben sumar 1.000, (Anexo N° 4).

- d) Se calcula la precipitación media compensada según Thiessen, multiplicando el factor de peso por la precipitación para cada intervalo de tiempo elegido, y sumando verticalmente los valores obtenidos.
- e) El procedimiento del punto 7.d se realiza cuando dentro de la isoyeta que se está analizando existen 5 o menos estaciones, debido a que los factores de peso se hacen muy pequeños al pasar ese límite.
- f) Cuando hay más de 5 estaciones se utiliza el promedio aritmético de la lluvia de las estaciones que entran en el análisis.
- g) Se calcula el factor de ajuste mediante la relación de precipitación media calculada por el método isoyético y la obtenida por el método de Thiessen.
- h) Se determinan las precipitaciones máximas para cada duración considerada, seleccionando los mayores incrementos horarios consecutivos.
- i) En papel semilogarítmico se grafican los valores de los incrementos horarios consecutivos, en mm, en la escala aritmética y el área acumulada, en Km^2 , en la escala logarítmica usando la duración, en horas, como parámetro de relación entre ambas.
- j) Una vez presentados los puntos sobre el gráfico se dibujan líneas envolventes de máximas precipitaciones para obtener las curvas de P.A.D. para la tormenta analizada, Gráfico N° 4.
Con el objeto de agilizar este cálculo se han realizado los siguientes programas para calculadora HP-34C:

- Programa para el cálculo de la precipitación promedio , gráfico N° 5.
- Programa para el cálculo de las curvas de masa ajustada utilizando los polígonos de Thiessen, Gráfico N° 6.
- Programa para el cálculo de curvas de masa ajustadas utilizando el promedio aritmético de la lluvia de las estaciones que entran en el análisis, Gráfico N° 7.

8. TORMENTA DEL DIA 18/09/80: Ejemplo.

El ejemplo muestra los cálculos y resultados del análisis de la tormenta del día 18/09/80, en la cuenca del río Guaire, la cual tuvo una duración de 5 horas.

Las estaciones consideradas en el análisis aparecen en la Tabla N° 2.

La Tormenta se inicio a las 14:00 HLV y finalizó a las 19:00 HLV.

Los intervalos de tiempo elegidos fueron de cada hora, es decir: 0-1, 0-2, 0-3, 0-4, 0-5 horas.

Los cálculos de las curvas de Profundidad-Area-Duración aparecen en las Tablas N°s 3 y 4.

Los resultados, diseño y diagramación de la tormenta se presentan en el Gráfico N° 7.

9. DESCRIPCION DEL ANALISIS DE PRECIPITACION-AREA-DURACION POR EL METODO DE LOS MAPAS ISOYETICOS.

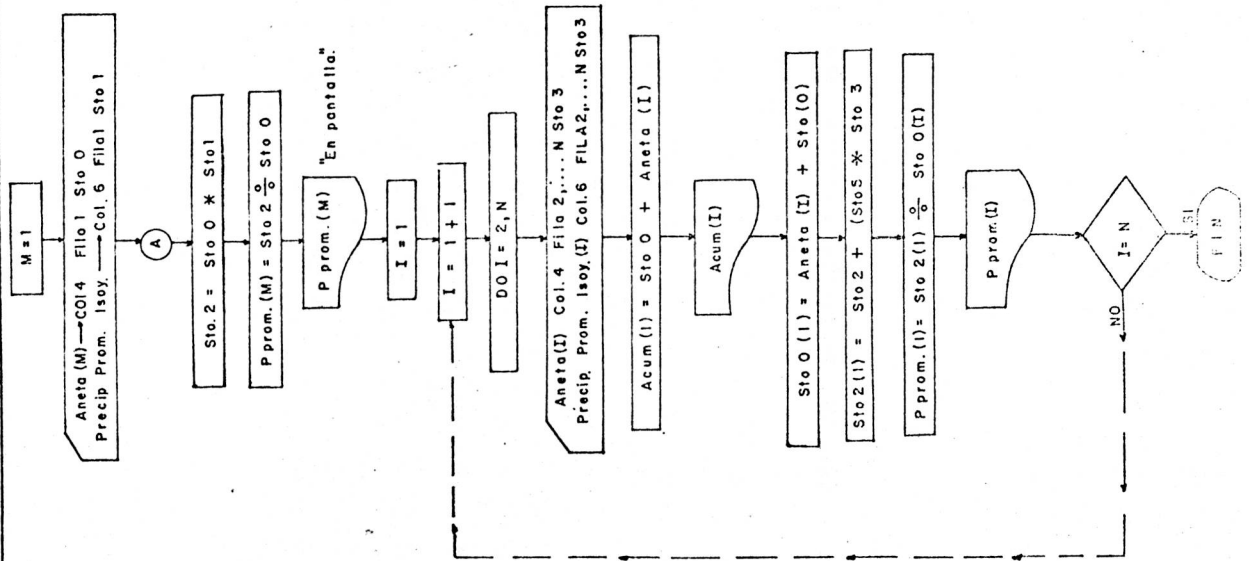
Este método no es utilizado en la elaboración del "Atlas de Tormentas" y se menciona a manera de información complementaria.

AREA: AREA ENTRE ISOYETAS
 PRECIPITACION PROMEDIO 1604- PRECIPITACION PROMEDIO ENTRE ISOYETAS
 P. PROMEDIO- PRECIPITACION PROMEDIO HASTA LA ISOYETA CONSIDERADA
 A ACUR- AREA ACUMULADA HASTA LA ISOYETA CONSIDERADA
 M.- ISOYETA DE MAXIMO VALOR
 I. - ISOYETAS
 I = 4, 5, 6,M.

INSTRUCCIONES

ANETA.1 Sto. 0 Aneta 2 Sto. 3
 Prom. Isoy. 1 Sto. 1 P Prom. Isoy 2. Sto. 5

1. h.LBLA
2. RCL0
3. RCL1
4. X
5. STO2
6. RCL 2
7. RCL0
8. $\frac{0}{0}$
9. R/S \rightarrow P Prom. (1)
10. RCL3
11. STO + 0
12. RCL0
13. R/S \rightarrow A Acum (2)
14. RCL5
15. RCL3
16. X
17. STO6
18. STO+2
19. RCL 2
20. RCL0
21. $\frac{0}{0}$
22. R/S \rightarrow P Prom. (2)
23. h.LBLB
24. RCL3
25. STO+ 0
26. RCL0
27. R/S \rightarrow A Acum (1)
28. RCL 3
29. RCL5
30. X
31. STO+2
32. RCL 2
33. RCL0
34. $\frac{0}{0}$
35. R/S \rightarrow P Prom. (1)
36. GT0B.



PROGRAMA PARA EL CALCULO
 DE LA PRECIPITACION PROMEDIO

GRAFICO N° 5

MARNR

Dirección General de Información
e Investigación del Ambiente

DIRECCION DE HIDROLOGIA

DIVISION DE AGUAS SUPERFICIALES

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES HIDROLOGICAS

TABLA Nº 23

DATOS PARA ANALISIS DE TORMENTAS

CUENCA:

AREA

Km

ZONA ADMINISTRATIVA

ESTACIONES METEOROLOGICAS PLOTEADAS EN EL MAPA

SERIAL	ESTACION	TIPO DE EST.	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION (m.s.n.m.)	FECHA INST.	MAPA
0565	T.V.J.C.	C2	10-23-56	66-59-08	1747	01-56	6847
0550	LA GUAIRITA	PR	10-27	66-51	1044	09-58	6847
0564	SAN DIEGO	PR	10-21	66-57	1300	06-51	6847
0573	CARRIZAL	PR	10-21-07	66-59-35	1282	09-58	6847
0563	DIQUE LA MARIPOZA	C2	10-24-41	66-55-44	980	08-49	6847
4507	HDA. EL AGUILA	PR	10-25	66-42	1051	10-65	6847
0540	EL HATILLO	PR	10-26	66-49	1132	05-56	6847
0520	LA SALLE	PR	10-33	66-51	1007	05-60	6847
5016	LOS CARACAS-EL LIMON	PR	10-36	66-36	145	07-61	6847
0607	SAN JOSE DEL AVILA	PR	10-31-21	66-54-57	1000	01-66	6847
2169	ALTO EL LAGUNAZO	PR	40-24	67-13	2272	09-54	6747
4445	TOPO DE LOS ESPEJOS	PR	10-23-13	67-06-55	1680	12-48	6747
5026	SAN FERNARDINO	C1	10-31	66-53	930	06-69	6847
4501	TODASANA	PR	10-38	66-27	44	09-54	6947
6794	EL LA PAZ	PR	10-30-29	66-53-59	900	04-47	6847

MARNR

Dirección General de Información
e Investigación del Ambiente

DIRECCION DE HIDROLOGIA

DIVISION DE AGUAS SUPERFICIALES

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES HIDROLOGICAS

TABLA Nº 2e

DATOS PARA ANALISIS DE TORMENTAS

CUENCA: _____ AREA _____ Km ZONA ADMINISTRATIVA _____

ESTACIONES METEOROLOGICAS PLOTEADAS EN EL MAPA

SERIAL	ESTACION	TIPO DE EST.	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION (m.s.n.m)	FECHA INST.	MAPA
0539	U.C.V.	PR	10-29-34	66-53-20	874	10-48	6847
0623	LA TRINIDAD	PR	10-27	66-52	962	02-68	6847
0624	URB. MIRANDA	PR	10-30	66-46	1000	02-68	6847
0568	LECHERITO	PR	10-25	66-54	1365	09-58	6847
1510	FILA DE TURGUÁ	PR	10-22	66-47	1107	11-65	6847
5057	U.S.B.	C1	10-24	66-53	1225	04-71	6847
0559	GUATIRE	PR	10-28-02	66-31-24	363	08-41	6847
1441	INST. PIGNATELLI	PR	10-21	67-02	1240.	12-58	6747
5018	EL LAUREL	C1	10-22-49	66-54-19	1246	09-68	6847
1426	MACARAO	C2	10-25-55	67-02-16	1000	01-47	6747
1439	EL CARITE	C2	10-29	67-01	1021	11-48	6747
1437	LLANO DE CURA	PR	10-25	67-03	1270	06-49	6747
0537	LA RINCONADA	PR	10-26-02	66-56-41	990	01-65	6847
5051	CARICUAO	PR	10-25-13	66-59-29	1005	02-53	6847
		PR	10-27	67-00	990	03-68	6847

MARNR
HIDROLOGIA

ANALISIS DE PRECIPITACION - AREA - DURACION

Centro de lluvia	Estación y Descripción del Cálculo	ISOYETA			Duración 5 horas, de 14:00a 19:00	Ubicación Cuenca Rio Guaire	Precipitación Media/Compensada/Ajustada/ Máxima (mm)					Factor de Ajuste
		Valor mm	Lluvia Media mm	Area Abarcada Km ²			Tiempo en horas					
							Area efectiva controlada por la Estación	15	16	17	18	
	Los Chorros	80	82,1	28,26	9,22	0,326	0	12,9	24,4	26,1	26,2	
	La Salle				9,42	0,333	0	2,0	8,3	27,3	28,7	
	S. Bernardino				3,07	0,108	3,3	6,3	7,5	7,6	7,6	
	U.C.V.				0,33	0,015	0	0,3	0,6	0,6	0,6	
	Catia				0,08	0,002	0	0	0,1	0,1	0,1	
	S.J. del Avila				6,14	0,217	0,2	8,1	13,2	14,3	14,3	
	Curva de Masa						3,5	29,6	54,4	76,0	77,5	1,059
	Curva Masa Ajuste						3,7	31,3	57,2	80,4	82,1	
	Increment. Horario						3,7	27,6	25,9	23,2	1,7	
	Curvas P.A.D.						27,6	53,5	76,7	80,4	82,1	
	Los Chorros	70	78,4	53,25	18,44	0,346	0	13,7	25,9	27,7	27,8	
	La Salle				15,16	0,284	0	1,7	7,1	23,2	24,4	
	S. Bernardino				6,14	0,115	3,5	6,7	8,0	8,0	8,0	
	U.C.V.				2,25	0,042	0	1,2	2,3	2,5	2,5	

MARNR
HIDROLOGIA

ANALISIS DE PRECIPITACION - AREA - DURACION

Fecha de la Tormenta: 18/09/80 Duración 5 horas, 44:00 a 19:00 Ubicación CUENCA RIO GUAYRE

Centro de lluvia	Estación y Descripción del Cálculo	ISOYETA			Area efectiva controlada por la Estación		Precipitación Media/Compensada/Ajustada/ Máxima (mm)					Factor de Ajuste
		Valor mm	Lluvia Media mm	Area Abarcada Km ²	Area Km ²	Fact. Peso	Tiempo en horas					
							15	16	17	18	19	
	Catía	70	78,4	53,25	7,37	0,138	2,8	6,7	9,5	9,6	9,7	
	S.J. Avila				3,89	0,073	0	2,7	4,4	4,8	4,8	
	Curvas de Masa						6,3	32,7	57,2	75,8	77,2	1,017
	C. Masa Ajust.						6,3	33,1	58,0	76,9	78,4	
	Increment. Horarios						6,3	26,8	24,9	18,9	1,5	
	Curvas P.A.D.						26,8	51,7	70,6	76,9	78,4	
	C. Masa Prom.	60	71,3	116,79			12,3	30,9	50,8	59,6	60,7	1,1746
	C. Masa Ajust.						14,4	36,2	59,6	70,0	71,3	
	Increment. Horarios						14,4	21,8	23,4	10,4	1,3	
	Curvas P.A.D.						23,4	45,2	59,6	70,0	71,3	

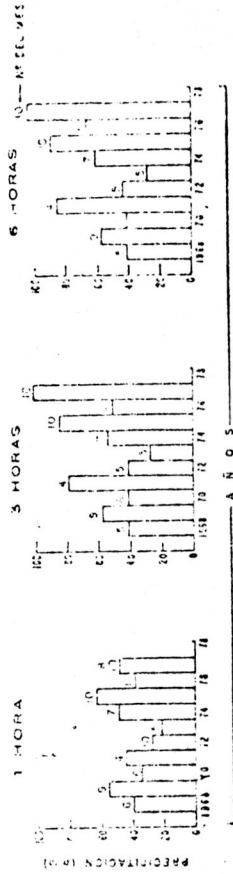
MARNR
HIDROLOGIA

ANALISIS DE PRECIPITACION - AREA - DURACION

Fecha de la Tormenta: 18/09/80 Duración 5 horas, de 14:00 a 19:00 Ubicación Cuenca Río Guaire

Centro de lluvia	Estación y Descripción del Cálculo	ISOYETA			Area efectiva controlada por la Estación		Precipitación Media/Compensada/Ajustada/ Máxima (mm) : Tiempo en horas			Factor de Ajuste		
		Valor mm	Lluvia Media mm	Area Abarcada Km ²	Area Km ²	Fact. Peso						
	Curvas de Masa promedio.	50	63,4	237,81			12,4	28,9	45,0	52,5	54,6	1,1612
	Curvas de Masa Ajustadas.						14,4	33,6	52,3	61,0	63,4	
	Incrementos horarios						14,4	19,2	18,7	8,7	2,4	
	Curvas P.A.D.						19,2	37,9	52,3	61,0	63,4	
	Curvas de Masa promedio.	40	54,3	456,23			10,7	23,7	35,3	41,4	43,1	1,2599
	Curva de Masa Ajust.						13,5	29,9	44,5	52,2	54,3	
	Incrementos Horarios						13,5	16,4	14,6	7,7	2,1	
	Curvas P.A.D.						16,4	31,0	44,5	52,2	54,3	
	Curvas de Masa promedio.	30	45,2	866,53			9,2	20,2	30,1	36,1	37,6	1,2021
	Curvas de Masa Ajust						11,1	24,3	36,2	43,4	45,2	
	Incrementos Horarios						11,1	13,2	11,9	7,2	1,8	
	Curvas P.A.D.						13,2	25,1	36,2	43,4	45,2	

HISTOGRAMAS DE LLUVIAS EXTREMAS
ESTACION: LOS CHORROS
SERIAL 0026



DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA TORMENTA

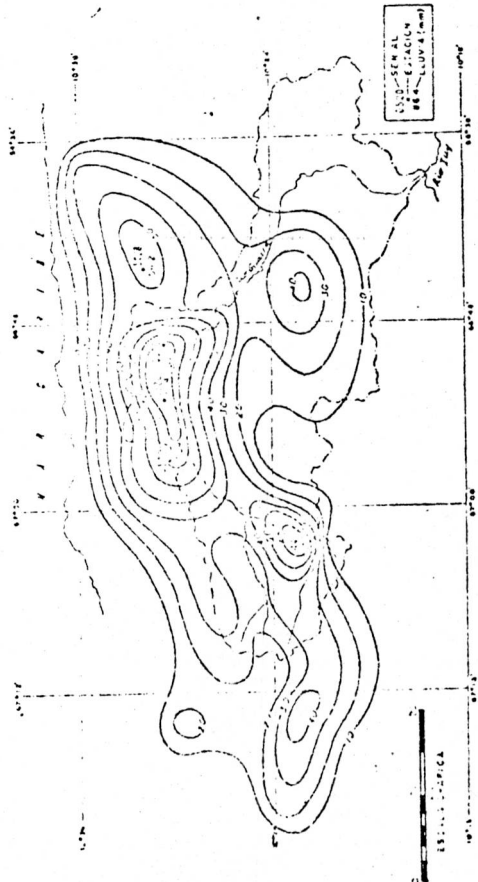


TABLA AREA-PRECIPITACION PROMEDIO

ISOYETA (mm)	AREA ACUMULADA (km ²)	PRECIPITACION PROMEDIO (mm)
80	28.3	37.1
70	53.3	75.8
60	118.8	71.3
50	237.8	63.0
40	456.2	54.3
30	665.5	45.2
20	1431.2	37.2
10	2093.5	30.5



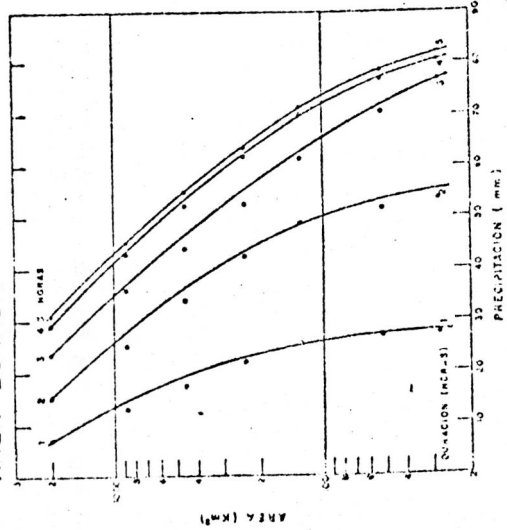
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION E INVESTIGACION DEL AMBIENTE
DIRECCION DE HIDROLOGIA
DIVISION DE HIDROLOGIA

MARN

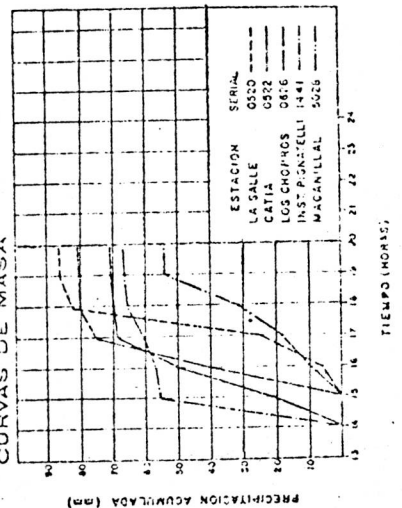
FECHA: _____
CALCULO: _____
REVISO: _____
APROBADO: _____
Escala: FPP

ANALISIS DE LA TORMENTA
DEL 12-03-60
PERIODO DE ANALISIS:
DE LAS 18:00 A LAS 12:00 HORAS
CUENCA DEL RIO CHORRO

CURVAS DE PRECIPITACION MAXIMA-AREA-DURACION



CURVAS DE MASA



El procedimiento aplicado en éste análisis consiste en:

- a) Selección de curvas de masa a partir de la información horaria.
- b) Trazado de los mapas isoyéticos para cada uno de los períodos de tiempo elegidos.
- c) Cálculo de la precipitación promedio para cada intervalo.
- d) Representación y trazado de las curvas de precipitación-área-duración para cada intervalo de tiempo elegido.

10. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL METODO

El método presenta ciertas desventajas ya que se hace necesario manejar gran cantidad de información, muchas veces no disponible porque las bandas no han sido evaluadas, hay englobe en los registros, etc.

Los resultados obtenidos por el método isoyético definen correctamente la distribución espacial, además de que muestra la evolución y desplazamiento de la tormenta, presentando la desventaja de que no se obtienen las precipitaciones máximas para los períodos de tiempo considerados.

11. RESUMEN

En esta publicación se ha descrito la metodología recomendada por la Organización Meteorológica Mundial en el "Manual for Depth-Area-Duration Analysis of Storm Precipitation", utilizada en los análisis de tormentas, que formarán parte del "Atlas de Tormentas" y consiste en una recopilación de datos de precipitación en forma gráfica, con el fin de permitir un medio práctico de suministro de información de utilidad en los diseños hidrometeorológicos.

En este informe se han presentado los procedimientos para obtener: información básica de precipitación que permite el trazado de el mapa isoyético de cada tormenta, cálculo de las curvas de precipitación máxima-área-duración, y un ejemplo ilustrativo de estos procedimientos, utilizando la tormenta del día 18/09/80 en la cuenca del Río Guaire.

Una de las tareas más largas y que ocupa la mayor parte del tiempo son los cálculos de: la precipitación promedio, curvas de masa ajustadas utilizando polígonos de Thiessen y utilizando promedios aritméticos de las lluvias correspondientes a estaciones que se utilizan en el análisis, con la finalidad de agilizar este proceso, se han preparado los programas para realizar dichos cálculos, utilizando minicomputadora e ilustrándose los diagramas de flujo y listado del programa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Organización Meteorológica Mundial. Manual on Depth-Area-Duration Analysis of Storm Rainfall.

Braceras, R. "Atlas de Tormentas: Avance de las tareas preparatorias" (Informe preliminar) MARNR-DGIIA. Dirección de Hidrología, Div. Hidrometeorología. DPTO. de Inv. Hidrológicas, Caracas, 1979.

"Preparación del Atlas de Tormentas: Método de la Organización Meteorológica (Resumen) MARNR-DGIIA. Dirección de Hidrología. División de Hidrometeorología, Dpto. de Inv. Hidrológicas. Caracas, 1979.

"Trazado de Isolíneas-Isoyetas" (Informe) MARNR-DGIIA. Dirección de Hidrología División de Hidrometeorología. Dpto. de Inv. Hidroclimáticas, Caracas, 1979.

MARNR-DGIIA "Isoyetas". Información básica sobre inundaciones XIII Curso de Observadores Hidrometeorológicos.

Dirección de Hidrología, División de Hidrometeorología, Caracas 1978.

Guilarte, R.J. "Análisis de altura-área-duración de lluvias"
EL AGUA N° 10 año 3 Revista Hidráulica. Caracas junio de 1978.

Guilarte, R.J. Hidrología Básica (Edición) U.C.V. Facultad de Ingeniería. Dpto. de Meteorología e Hidrología. Caracas, septiembre 1978.





**Ministerio del Ambiente
y de los Recursos
Naturales Renovables**

ANALISIS Y PREPARACION DEL
ATLAS DE TORMENTAS DE VENEZUELA
METODOLOGIA



Caracas, Marzo de 1983
Serie Informes Técnicos
DGSIIA/IT/124