

PERIODOS DE RETORNO DE TORMENTAS OBSERVADAS EN ALGUNAS ESTACIONES PLUVIOGRAFICAS DE LA REPUBLICA MEXICANA

JOSÉ ARROYO G. y
SERGIO SERRA C.*

RESUMEN

Con datos de estaciones pluviográficas, proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad, se elaboró un primer programa para máquina computadora para determinar la intensidad en mm/hr y el máximo de precipitación acumulada en mm para intervalos de 5 minutos a 24 horas durante el periodo de registro correspondiente a cada estación. Las estaciones utilizadas se localizan en los estados de Michoacán y Guerrero. Sus tiempos de registro varían de 72 a 138 meses.

Los resultados obtenidos con el primer programa se dan como datos a un segundo programa que calcula la intensidad y precipitación mencionadas que se esperaba ocurrieran en un tiempo de retorno dado. Los valores que proporcionan las curvas obtenidas pueden aplicarse en los cálculos para diseño de obras hidrológicas.

Sabido es que en las estaciones meteorológicas de las diferentes redes que operan en nuestro país bajo control de dependencias gubernamentales, descentralizadas o particulares, sistemáticamente se anotan los resultados de las observaciones que los encargados hacen de los elementos y fenómenos meteorológicos. De la gama de registros hechos se considera que aparte de la aplicación rutinaria que de algunos de ellos se hace en la previsión del tiempo y en la Climatología, otros, como la lluvia en nuestro país, son muy importantes porque, adecuadamente analizados o procesados, tienen aplicaciones de utilidad práctica. Con base en tal aseveración, podemos mencionar que en el Departamento de Meteorología del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., se hizo, a petición del Departamento de Geotecnia de la Secretaría de Obras Públicas, un estudio

* Departamento de Ciencias Atmosféricas, Instituto de Geofísica, U. N. A. M.

pluviométrico que abarcó parte de la región sur de la República Mexicana en el año de 1970.

Con miras a obtener una aplicación específica de los datos de precipitación en nuestro suelo y considerando que existen dos modelos para determinar tormentas de diseño, el físico y el estadístico, mediante este último modelo se planeó por primera vez en nuestro país calcular con máquina computadora la intensidad media de la precipitación en milímetros por hora y la precipitación acumulada en milímetros, para diferentes intervalos del día y para un tiempo de retorno dado, en las estaciones de la República Mexicana que tienen registros pluviográficos. En este caso se hizo, específicamente, para algunos de los estados de Michoacán y Guerrero, porque estas entidades son frecuentemente afectadas, directa o indirectamente, por los ciclones tropicales en el litoral del Océano Pacífico, como se recalca en el trabajo de Serra (1970).

Para llevar a la práctica la planeación anterior, la Comisión Federal de Electricidad proporcionó amablemente datos de precipitación en 22 estaciones que se localizan en los estados de Michoacán y Guerrero. Los registros pluviográficos de las estaciones variaron de 15 a 138 meses, utilizándose para determinar la intensidad media de la precipitación y la lluvia acumulada solamente las que tuvieron 60 o más meses de información. Con el material obtenido se "alimentó" un primer programa, en lenguaje Fortran IV, para máquina computadora.

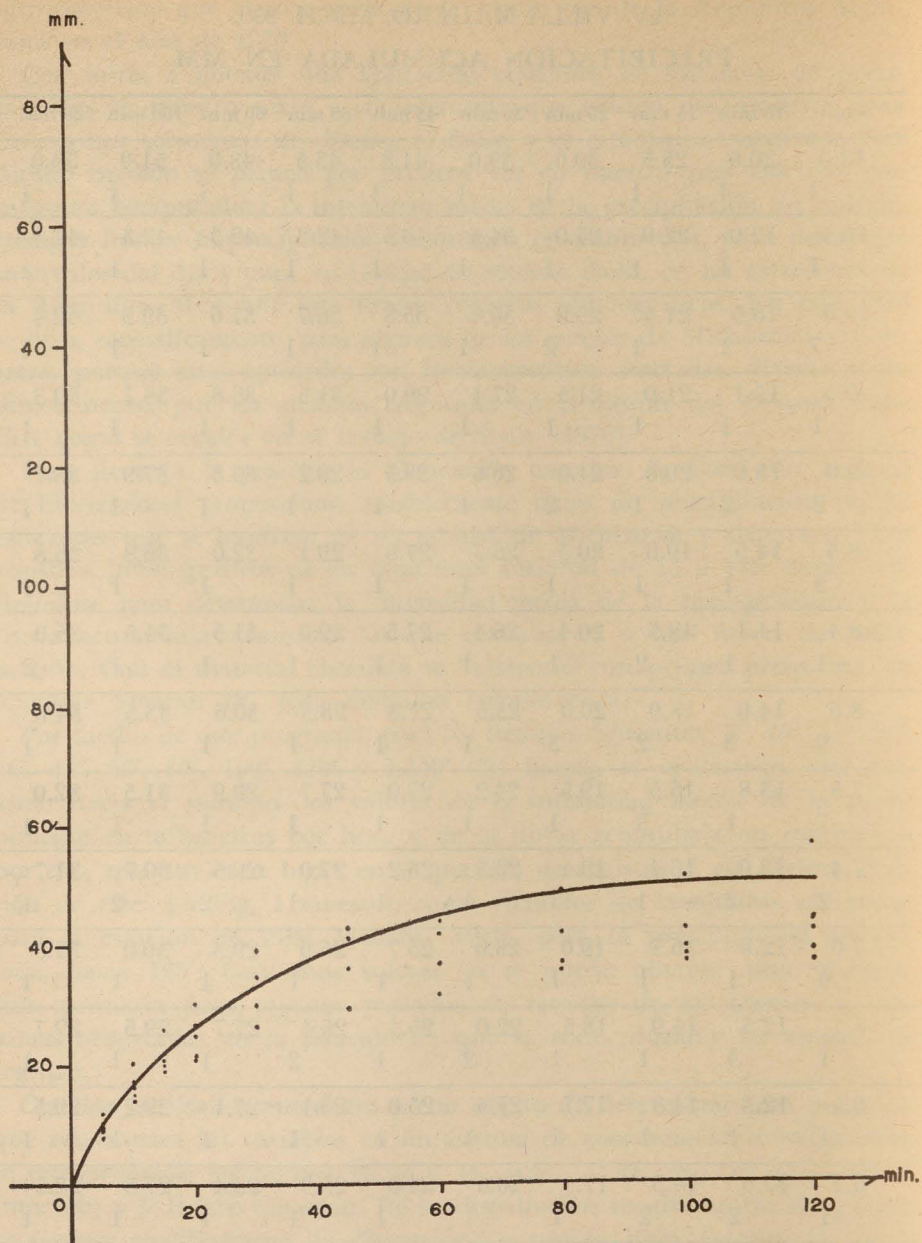
Por medio de este programa, para los tiempos siguientes: 5', 10', 15', 20', 30', 45', 60', 80', 100', 120' y 1,440' (24 horas), se ordenaron, del máximo hacia el mínimo, los valores de la intensidad media de la precipitación en milímetros por hora y de la lluvia acumulada en milímetros por día, que tuvieron lugar en el período de registro o en alguna división de éste. La Fig. 1 muestra, como ejemplo, los resultados obtenidos para la estación de Villa Madero, Mich., para la precipitación acumulada, hasta 120'. Con estos valores ya se puede obtener una información primaria para algunos periodos de retorno de las tormentas máximas observadas en la estación de que se trate, durante su tiempo de registro.

Con los resultados anteriores y con objeto de determinar una ecuación que relacionara las variables en un sistema de coordenadas rectangulares, se representaron los puntos (t_1, p_1) , (t_2, p_2) , \dots (t_n, p_n) , en que t es el intervalo y p la precipitación. De la distribución resultante de los puntos se obtuvo el "diagrama de dispersión" y con la línea trazada al través de ellos, la curva de aproximación (Fig. 2). De esta curva se infirió que

AV. VILLA MADERO, MICH. 999.
PRECIPITACION ACUMULADA EN MM.

5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	80 min	100 min	120 min
12.0	20.0	25.5	30.0	39.0	41.8	43.5	48.0	51.0	56.0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10.5	17.0	22.0	27.0	34.5	40.5	42.2	42.3	42.3	44.3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10.0	16.5	21.5	25.0	30.0	35.8	36.7	37.0	39.5	42.4
7	1	1	2	1	1	1	1	1	1
9.5	15.1	21.0	21.5	27.1	29.0	31.5	36.8	38.1	39.3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9.0	15.0	20.0	21.0	26.8	28.5	29.2	35.5	37.9	38.1
2	2	1	2	1	1	1	1	1	1
8.5	14.5	19.0	20.5	26.7	27.6	29.1	32.0	36.8	36.8
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8.4	14.1	18.5	20.4	26.4	27.5	29.0	31.5	34.5	35.0
1	1	2	1	1	1	1	1	1	2
8.0	14.0	18.0	20.0	25.5	27.3	28.5	30.6	33.5	34.0
6	3	2	3	1	1	1	1	1	1
7.5	13.8	16.5	19.5	24.2	27.0	27.7	29.9	31.5	32.0
7	1	3	1	1	1	1	1	1	1
7.4	13.0	16.4	19.4	23.5	26.2	27.0	29.5	30.7	31.7
2	2	1	1	1	1	1	2	2	1
7.0	12.9	16.3	19.0	23.0	25.7	26.6	29.3	30.0	31.5
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6.7	12.5	14.9	18.5	22.0	25.3	26.4	27.7	29.5	29.7
1	3	1	1	2	1	2	1	1	1
6.5	12.3	14.8	17.7	21.5	25.0	26.1	27.1	29.2	29.5
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6.3	12.0	14.5	17.5	20.6	24.0	25.9	26.4	27.5	28.5
1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
6.0	11.8	14.4	17.1	20.5	23.5	25.4	26.3	26.5	28.2
9	1	1	1	2	1	1	1	1	1

Fig. 1



CURVA DE APROXIMACION

FIG. 2

entre t y p hay una relación no lineal, misma que por una adecuada transformación de las variables se redujo a una lineal cuya forma es

$$Y = a_0 + a_1X \quad (1)$$

Esta ecuación se conoce como la recta de aproximación por mínimos cuadrados del conjunto de puntos $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$.

En la ecuación (1), las constantes a_0 y a_1 se despejan del sistema de ecuaciones

$$\Sigma Y = a_0N + a_1\Sigma X \quad (2)$$

$$\Sigma XY = a_0\Sigma X + a_1\Sigma X^2$$

llamadas ecuaciones normales para la recta de mínimos cuadrados.

Conocida la distribución de los puntos y los datos que arrojó el primer programa, se hizo un segundo programa, en el mismo lenguaje, que por mínimos cuadrados ajusta las curvas de dispersión que se le dan como datos. Este programa, utilizando la fórmula

$$I = \frac{a}{(b + t)} \quad (3)$$

calcula la intensidad media de la precipitación en milímetros por hora y en función de la intensidad, determina la lluvia acumulada en milímetros en los intervalos mencionados, para tiempos de retorno que varían de uno a mil años.

En la fórmula citada:

I es la intensidad media de la precipitación en mm/hr

a y b son constantes que se calculan, en el programa de referencia, en función de los datos pluviográficos de cada estación que se le suministren al mismo y

t es el intervalo.

La fórmula anterior es una de las que recomienda la Organización Meteorológica Mundial para análisis de datos de intensidad de precipitación en una estación (WMO. No. 168, TP. 82, 1965).

Con los programas mencionados se procesaron los datos pluviográficos de las quince estaciones siguientes:

Agostitlán, El Bosque y Villa Madero, del Estado de Michoacán;
Atenango del Río, La Estocama, Malinaltepec, Ixtapilla, Chilpancingo,

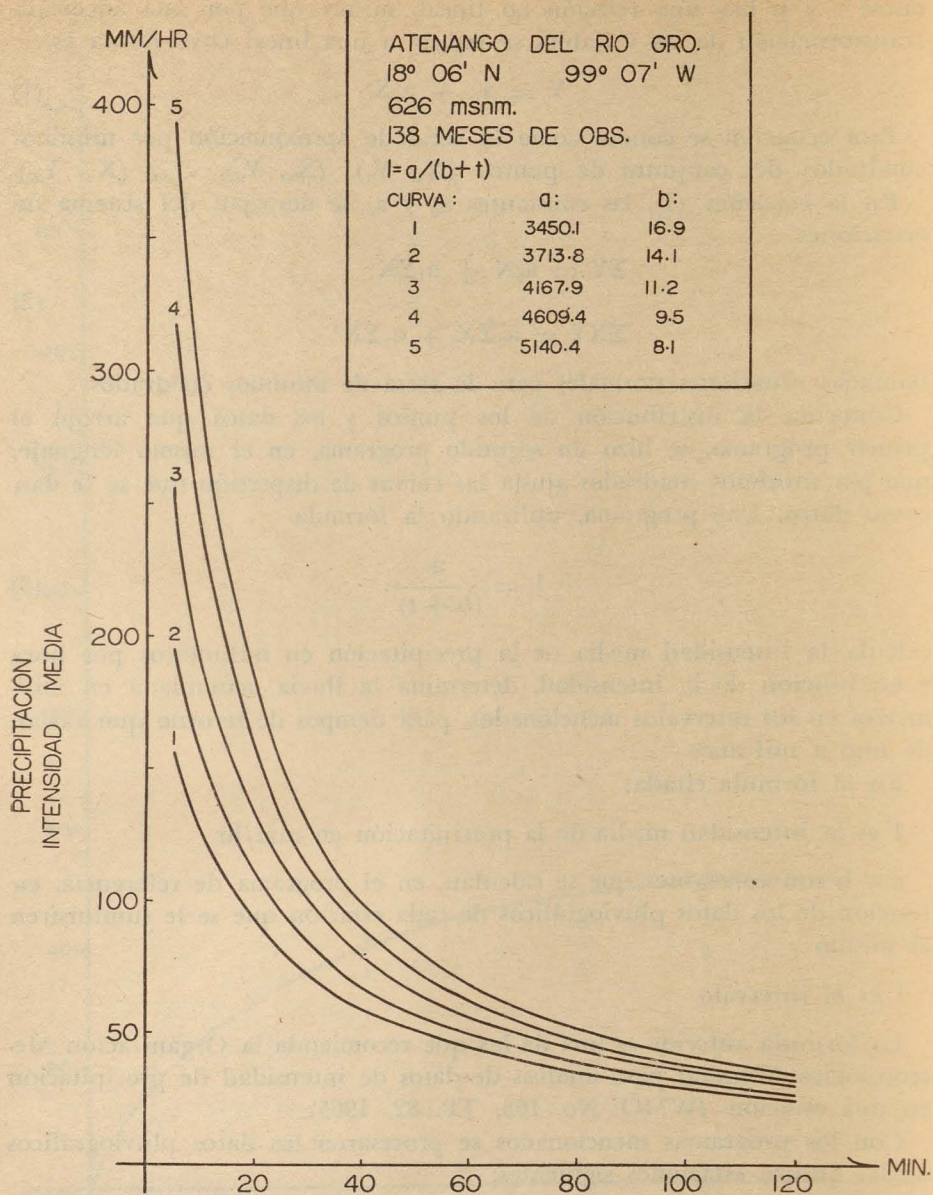


FIG. 3

Guayameo, La Parota, San Cristóbal, San Vicente, Taxco, Tlacotepec y Los Limones, del de Guerrero, todas con 60 o más meses de información.

Graficados los valores que se calcularon mediante los programas citados se obtuvieron para la intensidad media, un grupo de hipérbolas y para la precipitación acumulada, una serie de curvas de tipo parabólico. Ya que tanto para la intensidad media como para la precipitación acumulada, las curvas guardan una distribución semejante en todas las estaciones, como

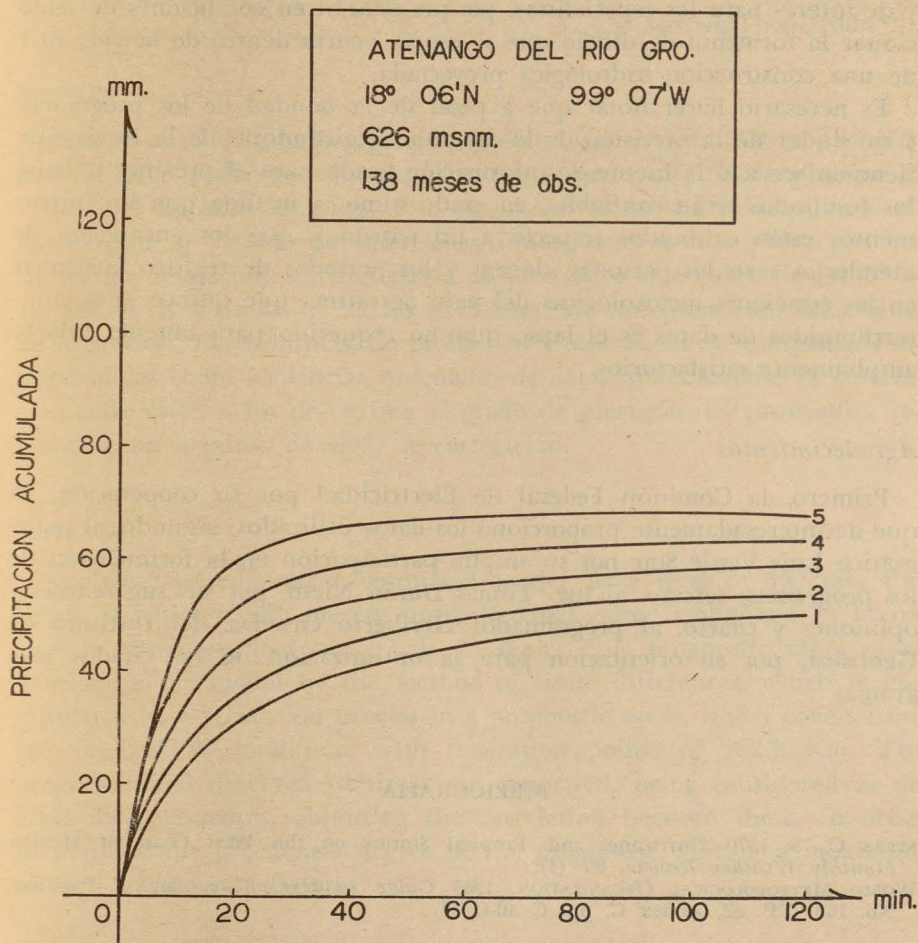


Fig. 4

ejemplo, se presentan las obtenidas para Atenango del Río, Gro. (Fig. 3 y 4). Esta estación tuvo el periodo de registro más largo, 138 meses. En las figuras anteriores las curvas corresponden a los tiempos de retorno 5, 10, 25, 50 y 100 años, respectivamente.

Como se puede apreciar, se obtiene de las gráficas la intensidad media de la precipitación en milímetros por hora y la lluvia acumulada en milímetros para un tiempo de retorno dado; por lo tanto, se considera que los resultados obtenidos, para los periodos de retorno de las tormentas máximas observadas en las estaciones utilizadas, son de aplicación práctica y de interés para los especialistas, porque estarán en condiciones de seleccionar la tormenta de diseño que se espera ocurra dentro de la vida útil de una construcción hidrológica proyectada.

Es necesario hacer notar que a pesar de la bondad de los programas y sin dudar de la precisión de los aparatos registradores de la lluvia que tiene en servicio la fuente de información usada para el presente trabajo, los resultados serán confiables, en grado sumo, a medida que los instrumentos estén calibrados respecto a un patrón y que los encargados de atenderlos sean las personas idóneas y los periodos de registro aumenten en las estaciones meteorológicas del país. Se estima que quince años ininterrumpidos de datos es el lapso mínimo requerido para obtener valores ampliamente satisfactorios.

Agradecimientos

Primero, la Comisión Federal de Electricidad por su cooperación, ya que desinteresadamente proporcionó los datos utilizados; segundo, al matemático Luis Verde Star por su amplia participación en la formulación de los programas; tercero, al Ing. Tomás Durán Nieto, por sus sugerencias y opiniones y cuarto, al programador Heriberto Ornelas, del Instituto de Geofísica, por su orientación para la optimización de los citados programas.

BIBLIOGRAFIA

- SERRA C., S. 1970 Hurricanes and Tropical Storms on the West Coast of Mexico. *Monthly Weather Review*, 99 (4).
WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1965 *Guide to Hydrometeorological Practices*, No. 168, TP. 82, Annex C, pp. C 40-C 41.