

DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA LLUVIA DE DISEÑO OBRAS HIDRÁULICAS PARA COSTA RICA

Sebastián Arias Chacón^{1, 2, 3, 4}

¹Escuela de Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Costa Rica.

²Comisión Paritaria Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones,
Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), Costa Rica.

³Comisión Asesora en Cuenca e Ingeniería en Aguas, Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), Costa Rica.

⁴Acueducto, Municipalidad de Oreamuno, Cartago, Costa Rica.
E-mail: sach_cr@yahoo.com

Introducción

El hietograma de tormenta describe la distribución temporal de la lluvia durante un evento dado. Esta herramienta muestra en un gráfico la totalidad de agua que precipita en una tormenta distribuida en intervalos establecidos. (Maroto, 2011)

Estudios realizados por diversos autores mostraron que existe gran variabilidad de la distribución temporal de las lluvias durante las tormentas. (Tucci, 2001) Es entonces que Chow (1988) destaca que a partir de eventos de tormenta observados, puede determinarse la secuencia temporal de precipitación en tormentas típicas y construir hietogramas de tormentas patrón representados por curvas de lluvia acumulada en el tiempo, dichas curvas son suaves, lo cual refleja una distribución promedio de lluvia con el tiempo; no muestran las características bruscas de las tormentas observadas.

Como normalmente los hietogramas no presentan forma única, se buscan patrones de grupo, asociados a ciertos rasgos de los chaparrones. (Dasso, 2003)

Como esa distribución cambia de una tormenta a otra, para caracterizarla se requiere gran número de registros pluviográficos, de donde se puedan deducir unos pocos patrones de comportamiento que permitan su análisis o su uso posterior. La representación gráfica, continua o discreta, de cada uno de esos patrones, se denomina hietograma tipo. (Dasso, 2003)

Podemos plantear la búsqueda de ese patrón y aplicarlo también a la lluvia de proyecto, considerando que la cantidad de precipitación se determine a partir de la curva IDF, para la duración de la precipitación decidida según el tamaño de la cuenca, y para el periodo de retorno deseado, y la distribución temporal de esa lluvia sea la obtenida a partir del patrón de lluvia. (Gómez, 2007)

El método del bloque alterno es según Paoli & Malinow (2010): la versión discreta del denominado hietograma de Chicago lo que asegura una distribución temporal muy severa desde el punto de vista de la generación de caudales pico, esta última aseveración no es universal y puede ser que otro tipo de distribución interna genere hidrogramas de respuesta más empuntados, esto depende de la geomorfología de la cuenca.

Existen otros métodos de cálculo de hietogramas sintéticos que permiten diseñar un hietograma de proyecto considerando que, por ejemplo, durante tormentas intensas en el 50% de la duración total se acumula cerca del 80% de la precipitación caída. (Paoli & Malinow, 2010)

La distribución de tormentas del 50% de probabilidad (mediana) suele usarse en los modelos de simulación de drenaje para el diseño hidráulico de obras de infraestructura. El histograma del 50% representa un patrón de lluvia acumulada que debe ser excedido por la mitad de las tormentas. (Chow, 1988)

La metodología de los patrones de precipitación brinda la oportunidad de aproximarse al problema de la forma del hietograma de una manera más realista que los bloques alternados, pero sin entrar en la complicación (de cálculo y de necesidades de información previa) que implica la utilización de las series históricas completas. (Gómez, 2007).

Objetivo

El objetivo general del presente trabajo es determinar el comportamiento de la distribución temporal de la lluvia para la generación de hietogramas de tormentas patrón representados por curvas de lluvia acumulada en el tiempo (hietogramas tipo o característicos) para ser utilizados en estudios de ingeniería elaborados para el territorio costarricense.

Materiales y métodos

A continuación se detalla la metodología de la siguiente manera:

1. Se identificaron patrones temporales de comportamiento de las tormentas para cada estación y para cada tormenta.
2. Una vez que se hizo esta clasificación general se separaron los grupos de tormentas de corta y larga duración. La clasificación de los distintos comportamientos característicos se hizo de manera visual.
3. Se analizaron únicamente las tormentas de corta duración de cada estación elaborando gráficos de lluvia acumulada contra tiempo en minutos para hacer la separación de las tormentas en cada estación.
4. Se establecieron los criterios para la división en estas dos categorías: La duración y el comportamiento en el tiempo.
5. En algunas tormentas fue necesario hacer recortes en la duración. Esto se hizo para ajustar las tormentas a comportamientos específicos y para eliminar partes de la tormenta en las cuales la intensidad de la lluvia es tan baja que no tiene fines prácticos incluirla para el diseño. Algunas tormentas presentan al inicio o al final tramos en que cae muy poca precipitación en mucho tiempo, o sea su intensidad es muy baja. Esto afecta la duración y no aporta precipitación significativa al cuerpo de la tormenta. En algunos de estos casos se hicieron recortes de hasta 2% de la precipitación total. Hay otras tormentas de corta duración en las cuales después de caer la mayor cantidad de agua (95% o más), transcurridas tres horas o más sin lluvia, presentan un pequeño remanente. En este caso se puede recortar ese remanente que representa hasta un 5% del total de lluvia.
6. Se confeccionaron nuevos gráficos de las tormentas en un histograma de lluvia (hietograma) cada 10 minutos para cada estación en los cuales se mostraron los valores de duración vs precipitación.
7. Cuando se determinaron los distintos comportamientos característicos se sacaron los promedios de precipitación de todas las tormentas que se clasificaron dentro de un mismo grupo.
8. Al estar las tormentas superpuestas se promediaron los intervalos en los cuales hay lluvia, cada 10 minutos. De esta manera se obtuvo un hietograma resultante con una duración representativa. De esta forma se ajustó un solo hietograma característico estándar para el grupo de tormentas, de acuerdo a un tiempo promedio y con alturas de precipitación de lluvia promedio.
9. Es imperativo recordar que en series de datos acumulados: la presencia de secciones planas simboliza un

estancamiento en el crecimiento, por lo que se puede asegurar que en estos periodos no precipita significativamente y supone el final de la tormenta. Una vez detectada dicha condición, se procede a eliminar la planicie y reordenar los datos para que partan del origen del eje coordenado.

10. Los patrones de distribución temporal pueden ser desarrollados para varios grupos de probabilidad si así se desea; en el caso particular de esta investigación se labora con la mediana, es decir, el percentil 50 que se presenta como una curva más suave que los trazos de los casos observados. A partir de esta metodología, se forma el histograma del 50% que representa un patrón de lluvia que es excedido por la mitad de las tormentas; la mediana es utilizada con frecuencia en los diseños hidráulicos por lo que se considera válido efectuar la distribución con este percentil.
11. La precipitación acumulada se ha dispuesto en forma de porcentaje con la finalidad de que todos los eventos converjan a un mismo punto en el eje vertical, esto es el 100% de la precipitación. Asimismo, las tormentas deben compartir idéntica duración, ya que esto permite que las series de datos tengan la misma extensión y por ende compartan igual valor máximo en el tiempo.

Resultados

Las diferentes tormentas que se recopilaron pertenecían estaciones pluviográficas ubicadas en diferentes regiones climáticas del país, con diferentes comportamientos en la generación de las lluvias, principalmente por las características topográficas, como es el caso de la zona sureste donde predominan los mayores relieves del país, que forman barreras para los vientos que ingresan las masas de lluvias que provocan las lluvias de tipo orográfico, mientras que las regiones centrales del país formado por valles se destacan por lluvias de gran intensidad de naturaleza convectiva e influenciada tanto por lluvias del Caribe como del Pacífico.

Al finalizar el análisis se agruparon las curvas patrón de diferentes duraciones en donde se observó que las curvas de 20, 25, 30 y 45 minutos mantenían una tendencia muy similar (Figura 1.). De igual manera para las curvas de 60, 90 y 120 minutos presentaron tendencias con gran similitud.

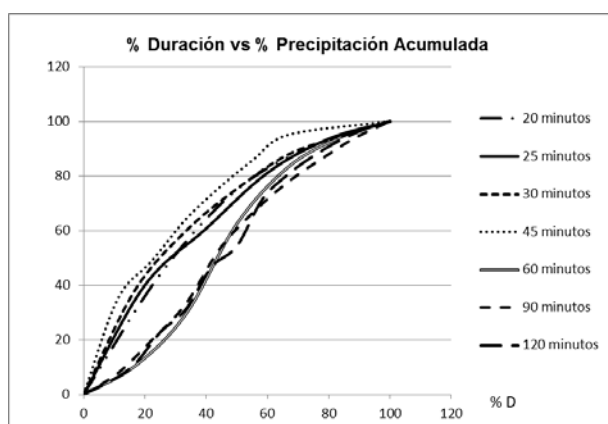


Figura 1.- Estaciones seleccionadas para la elaboración de los mapas digitales de lluvia máxima diaria.

Se seleccionaron las curvas de 60, 90 y 120 minutos que fueron los que presentaron mayor uniformidad, y se compararon con curvas estándar creadas por cuatro diferentes autores y consistentes en los estudios desarrollados por: Huff (1967), Servicio de Conservación de Suelos (SCS), Hershfield (1962) y Wiesner (1970).

Huff (1967) distribuyó las precipitaciones analizadas en cuatro

grupos, de acuerdo con la intensidad de precipitación (cuatro cuartiles). Las distribuciones que se desarrollaron se consideran más adecuadas para su empleo en procesos de dimensionamiento. Las correspondientes a los dos primeros cuartiles son las más severas. (Gómez, 2007).

El Departamento de Agricultura del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de Estados Unidos desarrolló hietogramas sintéticos de tormentas con duraciones de tormentas de 6 y 24 horas. Para el caso de la duración de 24 horas propusieron cuatro tipos de tormentas, llamadas: I, IA, II y III. La tipo IA es la menos intensa y la tipo II es la lluvia de corta duración más intensa. (USDA, 1986).

Hershfield (1962) obtuvo estadísticamente una curva que expresa el porcentaje total precipitado versus el porcentaje de la duración de la tormenta. A pesar de la gran variabilidad, el autor presentó una curva media para todas las duraciones. (Tucci, 2001).

Wiesner (1970) propuso una serie de curvas similares a las anteriores, y aplicables a diferentes tipos de tormentas que varían tanto en intensidad como en duración.

A partir de los resultados obtenidos se pasó a validar la curva que mejor se ajusta dentro del intervalo de confianza (construido a partir del primer y tercer cuartil), obteniéndose como mejor ajuste la segunda curva de Huff para todos los casos evaluados.

Conclusiones

- De las 4 alternativas de estudio de distribuciones temporales evaluadas, la curva 2 de Huff fue la que obtuvo mejor ajuste, y es la que se podría utilizar para la elaboración de las tormentas de diseño para diferentes duraciones, siempre y cuando éstas tormentas no superen los 120 minutos de duración (que corresponden a lluvias de corta duración y alta intensidad) que fue el máximo valor evaluado.
- Se concluyó que las tormentas evaluadas presentan una división en su distribución a partir de los valores inferiores a 60 minutos, en donde se observa una mayor irregularidad en su comportamiento o sea menos uniformidad entre las curvas ajustadas contrario a lo que sí sucede entre las curvas ajustadas para las duraciones de 60, 90 y 120 minutos.
- Se verificó que el aspecto geográfico no fue un factor que incidió a la hora de la construcción de las diferentes curvas patrón pese a que se analizaron tormentas que provenían de diferentes zonas climáticas y con diferencias en los tipos de producción de lluvias.

Bibliografía

- Chow, V. et al. (1988). "Applied Hydrology". McGraw-Hill, Inc. United States of America.
- Dasso, C. (2003). "Lluvias de Diseño: Conceptos, Técnicas y Experiencias". *Distribución Temporal Interna: Síntesis de Tormentas Intensas. Capítulo 12* (p. 147 - 160). Córdoba; Argentina.
- Dasso, C. & García, M. (2003). "Lluvias de Diseño: Conceptos, Técnicas y Experiencias". *Distribución Temporal Interna: Intervalos de Máxima Intensidad Anual. Capítulo 13* (p. 161 - 170). Córdoba; Argentina.
- Gómez, M. (2007). "Hidrología Urbana". Flumen. Barcelona, España.
- Maroto, E. (2011). "Distribución Temporal de la Precipitación en el Valle del Guarco". Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Paoli, C. & Malinow, G. (2010). "Criterios para la determinación de crecidas de diseño en sistemas climáticos cambiantes". Secretaría de Extensión. Universidad Nacional del Litoral. Ediciones UNL. Santa Fe, Argentina.
- Tucci, C. (2001). "Hidrología, Ciencia y Aplicación". Segunda edición; segunda reimpresión. Editora da Universidade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.