

Introducción

En México, el manejo y control de los recursos hídricos ha representado un reto desde tiempos prehispánicos. Particularmente, las inundaciones se asoman como un problema sin solución concreta. Esto, en cierta medida, se debe a la imposibilidad de realizar correctas predicciones en cuanto a la magnitud del escurrimiento. Con ello, se dificulta realizar el dimensionamiento de las obras hidráulicas necesarias para el manejo y control del recurso hídrico en las diversas regiones del país.

Sin embargo, no se debe perder de vista el tema de inundaciones en zonas habitacionales, que en la mayoría de los casos, ocurren debido a la invasión del hombre en llanuras de inundación o zonas destinadas naturalmente a regular una avenida de grandes magnitudes.

Los mapas de precipitación, objetivo principal del presente trabajo, se proponen como un paso a la solución en los problemas de inundaciones y control del recurso hídrico. En este trabajo se presentan criterios y consideraciones, metodología de obtención, así como un panorama general de éstos en la actualidad. Los mapas de precipitación son obtenidos mediante la metodología de regionalización y trazados con ayuda de un Sistema de Información Geográfica.

Históricamente, nuestro país ha contado con un número insuficiente de estaciones climatológicas, lo que deriva en registros meteorológicos escasos. Aunado a esto, se presentan las fallas de equipos de medición por falta de mantenimiento o impericia de los operadores. En consecuencia, se cuenta con información poco confiable o insuficiente a lo largo de toda la República. Por ello, en ocasiones la correcta estimación de tormentas o avenidas de diseño, implica una labor titánica.

La información meteorológica está contenida en una base de datos actualizada anualmente por el Sistema Meteorológico Nacional (SMN). En la versión 2008 de este compendio, que se utilizó para este trabajo, se contabiliza un aproximado de 5563 estaciones climatológicas.

En la práctica, al momento de realizar el estudio hidrológico para la construcción de una obra hidráulica, se acostumbra utilizar la información recabada en una estación climatológica. Esta información, en ocasiones es cotejada con estaciones aledañas, para realizar extrapolaciones mediante métodos probabilísticos con los cuales se asocian las lluvias a los distintos periodos de retorno. Dicha comparación, no resulta del todo confiable ya que existe la posibilidad de que estaciones aledañas cuenten con pocos años de registro o registros equivocados. Y con esto, se tiene la incertidumbre en cuanto a las estimaciones las cuales pueden resultar en el dimensionamiento erróneo de avenidas y por ende en el dimensionamiento de la obra.

Debido al problema que existe en la confiabilidad de la información meteorológica con la que se cuenta, específicamente la pluvial, se ha encontrado la metodología de regionalización como una alternativa que arroja resultados más seguros. Con la aplicación de dicha metodología, se obtiene una muestra mucho mayor de datos por Estado, se minimizan los posibles errores en las mediciones, y se pueden obtener valores más confiables para un sitio determinado.

Introducción

Por otro lado, el diseño de una obra de protección o control de inundaciones, requiere conocer el gasto asociado a un periodo de retorno. Es por ello que una de las razones que dificultan la prevención de inundaciones, es la formulación incorrecta de los modelos lluvia-escorrentamiento. Este proceso, es de sumo interés para el adecuado modelado de la variación del gasto al cruzar una cuenca en un determinado tiempo, mejor conocido como hidrograma. Las inundaciones en zonas urbanizadas, se potencian debido a la devastación de la cubierta vegetal. En general, ésta aminora posibles crecientes disminuyendo la velocidad de arrastre del agua y favoreciendo posibles infiltraciones a los mantos acuíferos. La presencia de vegetación en el entorno físico, brinda un mayor tiempo de respuesta ante posibles inundaciones por parte de las autoridades competentes y la población.

La intención de este trabajo, es aportar una metodología que facilite la primera etapa de los estudios hidrológicos en cualquier punto de la República Mexicana, es decir, el cálculo de la lluvia de diseño. Una de las ventajas de este trabajo, es la agilización que podría darse en un momento dado a un proyecto en el cual no se tiene información climatológica. Al momento de realizar un estudio hidrológico en determinada zona, no será necesario revisar las estaciones climatológicas individualmente, ya que los mapas muestran estimaciones de las lluvias asociadas a distintos periodos de retorno. Esta situación es equiparable a los espectros sísmicos en el Distrito Federal, en los cuales, se han establecido parámetros en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal para las distintas zonas, a reserva de realizar estudios más específicos de ser necesario, lo cual será determinado por la magnitud de la obra.

En este trabajo, se utiliza la regionalización como una herramienta que ayude a paliar la ausencia de estaciones climatológicas en el país. Con esto, se podría determinar en tiempo real, el gasto colectado por determinada cuenca auxiliándose de un modelo lluvia-escorrentamiento.

En cuanto al diseño de grandes obras hidráulicas, podría resultar de gran ayuda en las estimaciones, ya que solo restaría la formulación del modelo de lluvia-escorrentamiento, para conocer las posibles aportaciones de una determinada cuenca. Además de que permite conocer con mayor agilidad los valores de lluvias extraordinarias, bajo las cuales poblaciones, infraestructura civil e hidráulica podrían estar bajo riesgo. Tras un estudio realizado para la CNA por parte del Instituto de Ingeniería, se ha concluido que los mejores periodos de retorno para los distintos tipos de obras hidráulicas son los recomendados en la **Tabla 1**.

Tipo de obra hidráulica	Tr (años)
ALCANTARILLAS PARA PASO DE PEQUEÑAS CORRIENTES.	
a) caminos locales que comunican poblados pequeños.	10-25
b) caminos regionales que comunican poblados medianos.	
c) En caminos primarios que comunican poblados grandes (ciudades).	25-50
	50-100
DELIMITACIÓN DE ZONAS FEDERALES.	
Corrientes libres en:	
a) Zonas semiáridas a húmedas.	5
b) Zonas áridas con régimen de escurrimiento errático.	10 ó mayor
c) Zonas de desbordamiento.	Con base a la capacidad del cauce natural cavado.
Corrientes con obras de control:	
Además del tramo libre debe tenerse en cuenta el gasto regulado.	5 ó 10 en ambos, o el regulado de diseño de la obra si es superior.

Tabla 1. Recomendación de periodos de retorno para la estimación del gasto de diseño de algunas obras hidráulicas.

El trabajo está compuesto por seis capítulos: En el primer capítulo se mencionan los principales tipos de tormentas. Así mismo, se ponen en contexto los mapas de lluvias y se realizan algunos comentarios adicionales.

En el segundo capítulo, se realiza una introducción donde se exponen conceptos y antecedentes teóricos necesarios para la elaboración de los siguientes capítulos. Se destacan los conceptos estadísticos como variable, muestra, población; las funciones de distribución de probabilidad, periodo de retorno, métodos de ajuste y extrapolación de lluvias.

En el tercer capítulo se presenta una metodología de cálculo de lluvias regionales o comúnmente llamada "regionalización". En términos prácticos, la regionalización se utiliza para cubrir las limitaciones derivadas de los pocos años de registro y aquellos posibles errores en la medición por parte de los operadores de las estaciones climatológicas como se mencionó previamente. Un análisis estadístico de los datos, puede derivar en valores inadecuados produciendo una subestimación o sobreestimación de la precipitación y por tanto del escurrimiento (avenida) en estudio. Para la aplicación de esta metodología, se realizan pruebas de homogeneización para brindar confiabilidad al desarrollo de la misma.

En el cuarto capítulo, se muestra la aplicación de los antecedentes teóricos presentados en los capítulos precedentes en los mapas de lluvia. Se desglosa el análisis de la información contenida en la base de datos de CLICOM donde se enfatizó en las épocas de avenidas y huracanes. Posteriormente, se realiza un análisis estadístico de los registros pluviales. Se realizó una selección de la información, logrando mayor confiabilidad en el análisis regional e individual.

Se determina la viabilidad de la agrupación de estaciones siguiendo algunos criterios estadísticos y ubicación geográfica. Con ello, se ajustan los registros seleccionados a una función de probabilidad de mejor aproximación matemática y que resulte representativa del comportamiento de las lluvias en la región de estudio (con ayuda del software AX). Finalmente, se obtienen valores regionales para distintos periodos de retorno y mediante procedimientos estadísticos, se aplican a cada

Introducción

estación. Se utiliza el software ARCGIS para el trazo de las curvas de igual potencial de lluvia, comúnmente conocidas como isoyetas y que resulta el objetivo final de todo el trabajo.

Es importante mencionar que se empleó la división política de la República Mexicana en lugar de la clasificación propuesta por CNA de regiones hidrológicas. Se optó por seguir la división política para fines de organización de la información, lo cual no repercutirá en los resultados finales y sí en una posible toma de decisiones preventivas o correctivas a nivel estatal.

Esta tesis presenta algunos resultados del estudio que realiza el Instituto de Ingeniería para CENAPRED, en el que se realiza el análisis de todas las estaciones del país. Debido al gran número de estaciones climatológicas con las que cuenta el país, en el presente trabajo solamente se mostrará el análisis de estaciones de algunos Estados de la República.

Finalmente, en el quinto capítulo se realizan algunos comentarios sobre el trabajo realizado y los resultados. En el último capítulo, se presentan las conclusiones finales del trabajo.