

CAPITULO VI

ANALISIS HIDROLOGICO

Para los propósitos del diseño de un sistema de alerta a las inundaciones, además de obtener los datos del sitio bajo estudio, debe hacerse un análisis del comportamiento hidrológico e hidráulico de la cuenca, para determinar los parámetros sobre la base de los cuales se elaboran los pronósticos de inundación.

6.1 ANALISIS DE LA INFORMACION HIDROLOGICA

Con el objeto de hacer el análisis hidrológico la cuenca se divide en subcuencas, las cuales corresponderán a los principales tributarios del río que influyen en el flujo de inundación. Esto permite establecer los puntos de control para los pronósticos de inundación.

Durante el análisis hidrológico en primer lugar se debe determinar la intensidad de lluvia mínima que pueda provocar una inundación. La cuenca bajo análisis puede o no tener estaciones pluviométricas, en el caso que existan es preferible trabajar con datos tomados en las estaciones ubicadas en la cuenca alta, aguas arriba de los sitios para los cuales se diseña el sistema de alerta. Los datos deben ser confiables, preferiblemente de precipitación horaria y en cantidad suficiente como para determinar los periodos de retorno y el comportamiento de las lluvias. Si no se dispone de datos dentro del área de la cuenca, se tomaran de la fuente más cercana siempre y cuando las características de precipitación no sean extremadamente variables.

Por otro lado, la información obtenida de las entrevistas comunitarias basadas en la experiencia de la población, permiten determinar el mínimo periodo de retorno de las inundaciones el cual debería coincidir con el comportamiento que se observe de los datos pluviométricos.

Una vez se determine este mínimo periodo de retorno, con los datos pluviométricos que se tengan se puede calcular la precipitación probable para ese periodo de retorno, utilizando cualquiera de los métodos establecidos para ello. Para el diseño del sistema de alerta de este proyecto es necesario trabajar con datos horarios, no obstante los datos de lluvia están dados en 24 horas o diaria, se puede partir de esta información para calcular la distribución horaria de precipitación mediante la aplicación de fórmulas, tablas o gráficas ya establecidas, según sea más conveniente para el caso en particular.

El uso de datos pluviométricos en los análisis hidrológicos requiere que la información sea ajustada por tres factores. la duración de la tormenta, la cantidad diaria de lecturas y el área de cobertura de la tormenta. De manera que la precipitación probable se multiplica por estos factores y se obtendrá la precipitación mínima que causará inundaciones en los sitios de la cuenca, en donde el análisis vulnerabilidad elaborado considerando el mismo período de retorno haya determinado.

Si en varios puntos del río existen estaciones hidrométricas, se puede hacer una relación entre los niveles del río y el tiempo de concentración de estos puntos. Sin embargo, debido al variación de volumen de agua que aportan los tributarios de un evento a otro, no existe una relación de los niveles de aguas en dos puntos diferentes del río.

6.2 DETERMINACION DE VULNERABILIDAD

Con el paso del tiempo las condiciones de la cuenca van variando, es probable que se establezcan nuevas comunidades, que aumente la población en las comunidades que ya existen, que se construyan nuevas infraestructuras, que se modifiquen las técnicas agrícolas y ganaderas, que se aumente la explotación de los recursos naturales, que se modifiquen las condiciones físicas del cauce del río, etc. Por esta razón para realizar el análisis de vulnerabilidad de una cuenca es necesario recopilar una cantidad sustancial de información y datos históricos acerca de las inundaciones, esto se debe hacer mediante entrevistas a los habitantes de la zona y a través de las inspecciones de campo en la cuenca. La información que se obtenga permitirá identificar los sitios vulnerables y los cambios ocurridos en cuanto a la frecuencia, alcances y magnitud del impacto de este tipo de desastre.

Con el propósito de usar estos análisis en la elaboración de las estrategias de mitigación de vulnerabilidad y el sistema de alerta a las inundaciones, se debe considerar la posibilidad de que ocurra un evento de mayor en magnitud e impacto al que los habitantes de estos sitios, recuerden haber experimentado anteriormente. Esta posibilidad es más fuerte cuando los periodos de retomo de las inundaciones pasadas no se conocen, cuando la capacidad hidráulica del cauce se ha reducido a consecuencia de la sedimentación y/o cuando los escombros forman represas temporales en la cuenca alta, que al ceder ocasionan avenidas mucho mayores a los que se han observado anteriormente. El criterio con el cual se constituyo este proyecto es, que el análisis de vulnerabilidad y el diseño del sistema de alerta estarán basados en una inundación cuyos niveles alcanzarían 2 metros arriba que los observados en los eventos anteriores.

Para obtener mayor información acerca del proceso para la determinación de la vulnerabilidad y medidas de mitigación, el lector deberá remitirse al módulo de Análisis de Vulnerabilidad e Identificación de las Medidas de Mitigación o al Manual General.

6.3 PARAMETROS PARA LOS PRONOSTICOS DE INUNDACION

Las inundaciones se pueden presentar de forma repentina o lenta dependiendo de la pendiente de la zona de inundación, en ambos casos es conveniente contar con los pronósticos que den a conocer con anticipación la ocurrencia y magnitud de la misma. Los pronósticos se elaboran en base a los parámetros de inundación que se establezcan para cada sitio, estos parámetros se determinan a través del volumen de lluvia y al nivel del río aguas arriba del sitio de interés. Inicialmente los parámetros se definen de acuerdo con la información obtenida, sin embargo, se requiere la ocurrencia de por lo menos una inundación después de la instalación de las escalas para calibrar la relación entre los niveles del río y los tiempos de concentración requerido para producir una inundación en los sitios afectados, los límites críticos que se establecen deben incluir un margen de seguridad tanto para los niveles del río, como para los tiempos de concentración.

El tiempo de concentración es un elemento determinante para la elaboración de las predicciones de inundación, se define en este proyecto como el tiempo requerido para que la precipitación que cae en la parte mas alejada de la cuenca alcance el sitio vulnerable. Este tiempo depende de la longitud del recorrido y de la velocidad del agua, y se puede calcular mediante varias fórmulas establecidas para tal efecto.

Generalmente los pronósticos elaborados solamente con datos hidrométricos son confiables, sin embargo, es posible que no resulten con suficiente tiempo de anticipación como para poder avisar a las comunidades afectadas, es por ese motivo que el proceso presentado en este proyecto también utiliza datos de precipitación para predecir la inundación, aunque las probabilidades de error son mayores con estos datos, se puede ampliar el tiempo de anticipación con el que se anuncie la inundación. Para implementar el sistema de alerta mediante los pronósticos utilizando datos de precipitación, primero se identifica el mínimo periodo de retorno de la lluvia que ocasione este tipo de evento, luego se calcula la precipitación probable en 24 horas para ese periodo de retorno y por último el comportamiento horario de esa precipitación probable. Bajo una tormenta de intensidad uniforme la situación de inundación mas crítica para un sitio determinado, se presenta cuando el tiempo de concentración en ese sitio es igual al periodo durante el cual ha llovido, esto es debido a que en ese momento en el mismo sitio se acumula tanto la precipitación que esta cayendo en ese sitio, como

la descarga que fluye desde toda la cuenca aguas arriba de ese punto. Esto significa que para un punto con un tiempo de concentración de 4 horas, el pico de la inundación llegará a ese sitio 4 horas después del comienzo de la tormenta, por lo tanto, la duración crítica de la tormenta es 4 horas para un sitio con el mismo tiempo de concentración.

Lo ideal para diseñar el sistema de alerta es utilizar la combinación de los pronósticos elaborados usando datos de precipitación y los niveles del río, sin embargo, los datos son aplicados dependiendo de las condiciones del sitio específico. Se puede presentar el caso de que para el pronóstico solamente se utilice las lecturas de los pluviómetros ubicados en la subcuenca, debido a que el tiempo de concentración es tan reducido que no permite elaborar un pronóstico con suficiente tiempo de antelación, en el caso que se utilizaran las lecturas de las escalas hidrométricas.

6.4 ACTUALIZACION DE ANALISIS Y DE PARAMETROS DE INUNDACION

Este sistema esta diseñado para ser aplicado en cuencas pequeñas en donde por lo general si existen datos de precipitación y de niveles del río provienen de una o a lo sumo de dos estaciones, con récords bastante cortos o con lecturas de precipitación diaria que en ocasiones presentan condiciones fuera de la realidad. Otra posibilidad es que no se tengan datos, así que el análisis hidrológico se tiene que hacer con datos tomados fuera de la cuenca hidrográfica bajo estudio.

Dadas estas condiciones, se debe evitar en lo posible la inconsistencia entre la realidad y los pronósticos, para lograr esto una vez que se han instalado los instrumentos de medición y se tienen datos tomados durante una inundación, es necesario revisar y/o actualizar el análisis hidrológico y los parámetros producto de ese análisis. Adicionalmente, es necesario que después de una inundación se inspeccionen los sitios donde están colocadas las escalas hidrométricas y las comunidades afectadas, con el propósito de observar los cambios sufridos por el cauce del río y los niveles que alcanzaron las aguas.

6.5 ANALISIS HIDROLOGICO PARA LA CUENCA DEL RIO CUERO

Al inicio del proyecto en la cuenca del Río Cuero únicamente existía una estación pluviométrica (San Marcos), ubicada en el centro de la cuenca y bajo la jurisdicción de la DGRH, con datos propios para el análisis de solamente 8 años. Se recopilaron datos de 6 estaciones fuera de la cuenca del Río Cuero, sin embargo 4

de ellas se encuentran ubicadas en lugares con elevación abajo de los 20 m.s.n.m. y la otra esta ubicada del lado de barlovento, esto significa que los datos proporcionados por estas estaciones no son representativos de lo que ocurre en la cuenca alta, ya que según la información que presentan los mapas de isohetas de precipitación anual en Honduras, indica que las intensidades de lluvia son menores en las montañas que las que se presentan en la planicie, esto se pudo comprobar con los datos proporcionados por la estación de San Marcos a 220 m.s.n.m. y los proporcionados por la estación de San Francisco a 10 m.s.n.m., por otro lado estas estaciones presentan lecturas de muy pocos años, ver tablas 6.5.1 y 6.5.2.

De acuerdo con lo anterior y considerando que el análisis del antecedente realizado para la cuenca del Río Leán, próxima a la cuenca del Río Cuero, ambas bajo condiciones similares, se llega a la conclusión que se debía utilizar los mismos datos de precipitación usados en el antecedente, o sea los datos de precipitación máxima diaria de la estación de Tela con datos desde 1958 a 1996 (tabla 6.5.3) y de la estación de La Ceiba con datos desde 1967 a 1996 (tabla 6.5.4), en conjunto presentan 69 años de datos y ambas estaciones pertenecen al SMN. Basándose en estos datos y considerando precipitaciones diarias máximas arriba de 20 cm. (Tabla 6.5.5), se observa que al menos 69 de las precipitaciones diarias máximas son mayores o iguales que 20 cm. , 25 son mayores o iguales a 30 cm. , 4 son mayores o iguales a 40 cm. y 2 son mayores o iguales a 50 cm.. Con esta información se obtuvo el análisis de precipitación máxima diaria, para el período de retorno de 2 y 5 años utilizando la distribución de Gumbell, las tablas 6.5.6 y 6.5.7 presentan la distribución de Gumbell para la estación de Tela y las tablas 6.5.8 y 6.5.9 presentan las de la estación de La Ceiba. A continuación se presentan los resultados:

Estación de Tela	Período de retorno de 2 años = 183.0 mm. = 18.3 cm. Período de retorno de 5 años = 237.4 mm. = 23.7 cm.
Estación de La Ceiba	Período de retorno de 2 años = 306.3 mm. = 30.6 cm. Período de retorno de 5 años = 396.9 mm. = 39.7 cm.
Precipitación Promedio	Período de retorno de 2 años = 244.7 mm. = 24.5 cm. Período de retorno de 5 años = 317.2 mm. = 31.7 cm.

A estos resultados se les aplicó los factores por duración de la tormenta, cantidad diaria de lecturas y el área de cobertura de la tormenta. En el caso de Honduras se utilizó un factor de duración de la tormenta derivado de los factores utilizados en los casos de ciudades de los Estados Unidos de Norte América (USA), tales como Miami, Florida y Nueva Orleans y es igual a 1% para una tormenta de 24 horas, tanto para el periodo de 2 y de 5 años. Debido a la carencia de esta información

en Honduras del factor de cantidad de lecturas diarias y en base que en Canadá utiliza un factor de 13 %, para este análisis se tomo la decisión de aplicar un factor igual al 10%. El factor de cobertura no se aplicó debido a que las extensiones de las subcuencas son menores.

La precipitación máxima diaria probable, después de incluir los factores mencionados a través de un factor final del 11% será:

Precipitación máxima diaria para un período de retorno de 2 años es 26.92 cm
Igual a 10.6 pulgadas.

Precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 5 años es 34.87 cm.
Igual a 13.7 pulgadas.

Con estos resultados se establecen los niveles mínimos de precipitación con diferentes periodos de retorno, que causarán inundaciones en la cuenca del Río Cuero.

Para el diseño del sistema de alerta, se tomó el menor periodo de retorno para que se presente una inundación (2 años). A raíz de que no existe información en Honduras para obtener el comportamiento horario de esta tormenta, se aplicó la gráfica de distribución de lluvias de 24 horas utilizada en USA (figura 6.5.1), para el caso de Honduras se uso la curva tipo II, cuyos resultados se muestran en la figura 6.5.2, donde se observa el comportamiento de la precipitación máxima acumulada para un periodo de retorno de 2 años.

Como se menciona anteriormente, el pronóstico de inundaciones para cualquier sitio depende de su tiempo de concentración, para efectos de los lugares que presentan vulnerabilidad a inundación en la cuenca del Río Cuero los tiempos de concentración, estos se igualan al tiempo de precipitación para obtener la duración crítica de la tormenta. Al igualar el tiempo de concentración de La Música con el tiempo de precipitación que se representa en el eje de las abcisas en la figura 6.5.2 se encuentra la precipitación crítica acumulada que causaría la inundación, para un predefinido periodo de retorno de 2 años. Tiempo de concentración de La Música es de 3 horas a la cual le corresponde una precipitación acumulada de aproximadamente 5 pulgadas.

Sobre la base de la información de campo que se obtuvo mediante el muestreo comunitario, se pudo establecer los niveles críticos del río para los cuales han habido inundaciones, además se pudo verificar los tiempos de recorrido del caudal pico, desde los puntos donde se han instalado las escalas hidrométricas hasta los sitios vulnerables a las inundaciones.

El uso de datos de lluvia puede aumentar el tiempo disponible para reaccionar ante una alarma de inundación, siempre y cuando sean registrados y reportados de una manera eficaz. En el caso de La Música para preparar el pronóstico de inundación se utilizan los dos indicadores, el de los niveles del río y el de volumen de lluvia. A continuación se presenta un resumen de los parámetros utilizados en la cuenca del Río Cuero, para emitir la alarma.

Promedio de precipitación conforme a los datos transmitidos por todas las estaciones pluviométricas del proyecto:

4 pulgadas durante las últimas 2 horas.

5 pulgadas durante las últimas 3 horas.

6 pulgadas durante las últimas 8 horas.

Entonces habrá una inundación en La Cumbre y La Música en 1 a 3 horas.

Nivel de las escalas hidrométricas:

El nivel del Río Cuero en la escala hidrométrica de San Marcos excede 3 metros.

Entonces habrá una inundación en La Cumbre y La Música en 2 a 4 horas.

Es importante hacer la observación que, pese a que en Honduras desde hace ya bastante tiempo oficialmente se usa el Sistema Métrico Decimal, las personas que viven en las comunidades rurales siguen usando y están mas familiarizadas con el Sistema Ingles, es por esta razón que aunque los datos de lluvia que se utilizaron para hacer el análisis hidrológico están dados en el Sistema Métrico Decimal (cm y mm) en este caso fue preferible que los operadores de los pluviómetros y los miembros del COE trabajaran usando pulgadas.