

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- A partir de los resultados obtenidos de cada una de las metodologías para calcular tiempos de concentración, como lo son: Kirpich, Agencia Federal de Aviación, Bureau of Reclamation y California, es posible validar cada una de estas metodologías y concluir que con cualquiera de ellas, los resultados obtenidos serán aceptables ya que están dentro de los rangos previamente establecidos para esas regiones hidrográficas (1-3 m/s). Para esto, se determinaron las diferentes desviaciones estándar para los valores de tiempos de concentración para cada período de retorno (5, 10, 20, 25, 50 y 100 años), evidentemente los tiempos de concentración calculados por las metodologías de Kirpich, Giandotti y SCS no varían con el período de retorno, a excepción de la fórmula de la FAA y se verificó que estos valores estuvieran dentro del rango permisibles ($\mu \pm s$, donde, μ : media de los valores de tiempos de concentración, s : desviación estándar).

Para la determinación de la metodología con mejores resultados, se determinó a través de un criterio de practicidad de uso de la fórmula, donde se dio prioridad a la fórmula que tuviera menos variables y que, en la obtención de estas variables, no se viera afectada por los cambios que el paso del tiempo pueda provocar (mapas de uso del suelo para la determinación de C , etc.). La fórmula de Kirpich siempre se mantuvo dentro de los rangos previamente establecidos (de velocidad o de tiempos de concentración \pm desviación estándar).

- El Método Racional sobreestima o subestima (de 24 a 40%) los valores de caudales máximos para cuencas con tamaños de áreas como las analizadas en este documento (54.4 a 1074 km²).
- La determinación de caudales máximos a través del Hidrograma Sintético de Snyder es de fácil determinación cuando se cuenta con la información de las características físicas de la cuenca (elevaciones, áreas, puntos centroidales de la cuenca, etc.) y generaron porcentajes de diferencia entre esta metodología y la de comparación

(Estadística Puntual) constantes (7% en promedio) para la zona central (San Luís Talpa, San Ramón y Los Tihuilotes).

- Los caudales pico calculados por los HS triangular y SCS resultan similares entre sí, al igual que los caudales máximos calculados por estas mismas metodologías, pero los volúmenes de escurrimiento son diferentes (como lo demuestran los análisis de resultados en el capítulo cuatro).
- La ventaja del método estadístico puntual es que los caudales máximos son calculados con base en caudales máximos instantáneos obtenidos por curvas de descarga de crecidas reales y su desventaja es que debido a la longitud del registro, que en este documento es corta, la extrapolación de caudales para períodos de retorno mayores a las longitudes de registro deben tomarse con reserva y criterio para su utilización.
- Al realizar el análisis estadístico de series de caudales máximos con los registros que fueron proporcionados para cada estación se determinó que entre las funciones de distribución de probabilidad escogidas, por adaptarse mejor al problema hidrológico en cuestión, la que resultó ajustarse mejor a los datos de Caudales medidos es la distribución Log Normal de dos parámetros.
- Del análisis de la estación San Lorenzo, con veinte años de registro de caudales instantáneos máximos, se verificó que para poder aplicar la función Log-Pearson III se necesita una longitud grande de registros (por lo menos 20 años) ya que fue la única estación donde los datos se ajustaron de la mejor manera a dicha distribución, cuando las demás estaciones contaban con menos de 20 años de registro.
- Al analizar los resultados de los caudales máximos calculados por metodología Estadística Puntual con respecto al número de eventos en cada registro, se determina que, en efecto, los resultados son más confiables a medida aumenta la longitud de dichos registros.

- Todas las metodologías Hidrometeorológicas que fueron aplicadas en este documento, necesitan un factor de ajuste (que se presentan en el capítulo 4) para ser aplicadas en las regiones hidrográficas de El Salvador.
- La cantidad de datos de caudales máximos anuales por estación proporcionada y la cantidad de estaciones analizadas para la elaboración de este documento, no fue la realmente necesaria para poder afirmar que los factores de corrección de las metodologías hidrometeorológicas sean aplicables a toda el área salvadoreña.
- Los caudales máximos estimados por medio de metodologías HS Triangular y SCS para la zona occidental y oriental son sobreestimados respecto a los caudales máximos calculados mediante metodología estadística puntual, excepto para períodos de retorno mayores a 50 años en la zona oriental, además en la zona central, los caudales máximos calculados son subestimados respecto a los caudales máximos calculados por metodología estadística puntual.

5.2 Recomendaciones

- Si bien se escogió la metodología estadística como patrón de comparación para determinar la metodología hidrometeorológica de más confianza, sus resultados deben de tomarse con suma reserva, puesto que los autores consultados recomiendan no usar registros de menos de 20 años para análisis estadísticos. En el caso de el análisis realizado en este documento el mayor número de registros en las estaciones estudiadas de 20 años precisamente; esto debido a que no se ha tenido otra alternativa (no se cuenta con mayor número de registros) y obliga a tener criterio al utilizar los resultados obtenidos para extrapolar caudales máximos anuales para períodos de retorno altos, por ejemplo 25, 50 y 100 años, que son los utilizados con fines de diseño.
- Se recomienda, para futuros cálculos de Caudales por Fórmula Racional y SCS, actualizar los valores del Coeficiente de Escurrimiento C y el Número de curva CN , puesto que las coberturas van cambiando con el tiempo.

- Revisar las curvas de descarga en las estaciones hidrométricas que se encuentran en la red de estaciones del SNET ya que se han encontrado diferentes caudales para iguales alturas de aforos en diferentes años en el mismo registro.
- No se recomienda el análisis de caudales máximos por el Método Racional para tiempos de concentración mayores a seis horas, con las curvas Intensidad-Frecuencia-Duración obtenidas en este documento, ya que fueron construidas para intensidades no mayores a 6 horas.
- Evaluar de nuevo los resultados de los análisis realizados cuando se cuente con algunos años más de registro, pues sería conveniente compararlos con bs nuevos datos para determinar si la función de distribución estadística utilizada para el cálculo de caudales máximos sigue siendo la más apropiada.