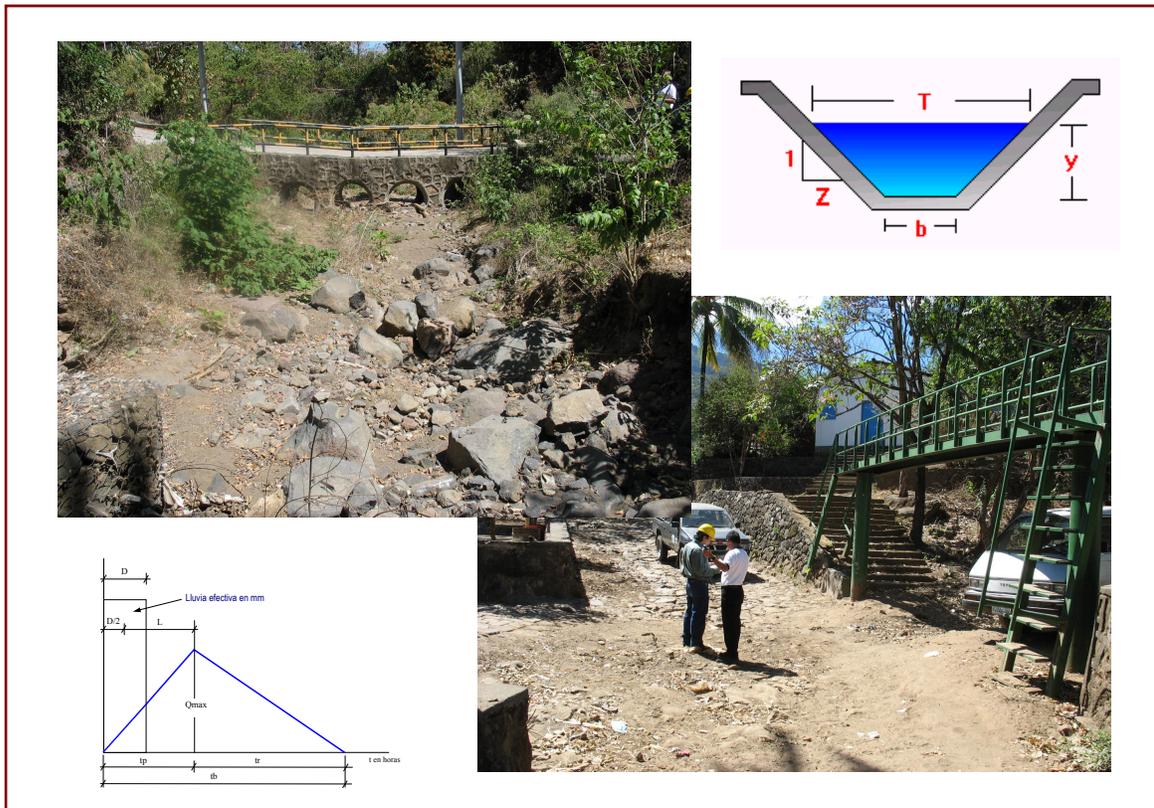




MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO MORAZAN
DEPARTAMENTO DE CHALATENANGO

INFORME HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO SUMPULITO



PRESENTA

INGENIERO
ROBERTO ADOLFO CERON

AGOSTO DE 2010



INDICE GENERAL

INTRODUCCION

OBJETIVO

- 1. CARACTERIZACION DE LA CUENCA DEL RIO SUMPULITO**
 - 1.1 DELIMITACION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA**
 - 1.2 MORFOLOGIA DE LA RED DE DRENAJE**
 - 1.2.1 DETERMINACION DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA RED DE DRENAJE
 - 1.2.2 SINUOSIDAD DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA
 - 1.3 MORFOMETRIA DE LA RED DE DRENAJE**
 - 1.3.1 CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CUENCA
 - 1.3.2 FORMA DE LA CUENCA
 - 1.3.3 DENSIDAD DE DRENAJE
 - 1.4 GEOLOGIA**
 - 1.5 SUELOS**
 - 1.6 CLIMA**
 - 1.7 USO DEL SUELO**
- 2. BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA SUMPULITO**
- 3. ANALISIS HIDROLOGICO**
 - 3.1 MODELACION HIDROLOGICA**
 - 3.2 PERIODO DE RETORNO**
 - 3.3 DETERMINACION DE CRECIDAS SIMULADAS**



INFORME HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO SUMPULITO MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO MORAZAN, CHALATENANGO

INTRODUCCIÓN

La zona San Francisco Morazán, se caracteriza por ser una zona de fuertes pendientes, suelos erosionables y una cobertura vegetal ligeramente degradada. La conjunción de estos elementos ocasiona que la zona sea propensa a sufrir deslizamientos de tierra y crecidas repentinas en las quebradas que la drenan. Debido a las fuertes pendientes, los cauces tienden a ser profundos y solamente durante eventos extraordinarios pueden ocurrir desbordamientos e inundaciones, en especial en los puntos de confluencia de ríos, en secciones donde existen obras de paso (puentes) y en zonas donde la pendiente del cauce disminuye significativamente.

En la cuenca existe una baja densidad poblacional, por lo que debido a la baja exposición a inundaciones, el riesgo a inundaciones también es bajo. La comunidad más importante de la cuenca es el cantón Sumpul Avelar.

En la zona del cantón Sumpul de Avelar del municipio de San Francisco Morazán existe un puente que requiere ser evaluado para crecidas máximas identificando el riesgo que existe de que eventualmente las comunidades queden aisladas.

El estudio se ha dividido en tres apartados principales, además de sus objetivos, según se describe a continuación:

En el primer capítulo denominado Caracterización de la cuenca Sumpulito se describen las características físicas de la cuenca, así como su clima, geología y suelos, parámetros que son básicos para los cálculos hidrológicos.

El capítulo dos consiste del balance hídrico en la cuenca, donde se establece la relación entre la precipitación, evapotranspiración, infiltración y el escurrimiento superficial, determinando así el almacenamiento en la cuenca.

En el tercer capítulo, que puede considerarse como el principal del informe, se desarrollan todos los cálculos hidrológicos de la cuenca y se presentan los resultados de la simulación.

OBJETIVO

Determinar los caudales máximos para diferentes períodos de retorno en el río Sumpulito, afluente del Río Sumpul, con el objeto de analizar la capacidad hidráulica del puente hacia el cantón Sumpul de Avelar.

1. CARACTERIZACION DE LA CUENCA SUMPULITO

La cuenca del río Sumpulito es un afluente del río Sumpul, con el cual se une a la altura del cantón San Juan de La Cruz en su margen derecha; estos ríos forma parte del sistema de drenaje del río Lempa. La subcuenca tiene una dirección de drenaje predominante hacia el noreste, con una elevación máxima de 2082 metros sobre el nivel medio del mar (msnm) en el Cerro El Picacho y una mínima de 750 msnm en la confluencia con el Sumpul. Un segundo punto de máxima elevación en el parte aguas de la cuenca es el cerro El Cerro, con 1081 msnm.



La red de drenaje de la subcuenca puede considerarse de tipo dendrítica, cuyos afluentes poseen secciones transversales en forma de “V” y muestran una erosión intensa en el fondo, con un incremento de erosión vertical proporcional a los caudales, por lo que pueden considerarse como ríos en etapa madura.

El drenaje esta conformado por 6 quebradas principales y una serie de ramales que fluyen hacia el río Sumpulito: quebrada Pedro Díaz, quebrada La Bóveda, quebrada Mejías, quebrada La Joya, quebrada Seca y quebrada La Joya del Jute.

1.1 DELIMITACION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA

La zona de estudio que se limita a la subcuenca del río Sumpulito, en adelante “la cuenca”, es compartida por los municipios de San Francisco Morazán, San Fernando y Dulce Nombre de María del departamento de Chalatenango. Geográficamente, la cuenca se ubica entre los paralelos 14° 14' y 14° 19' y los meridianos 89° 00' y 89° 06'. En la Figura 1 se muestra el mapa de la cuenca.

Dentro del área de la cuenca están comprendidos 10 Cantones distribuidos en los 3 municipios mencionados, en la Tabla 1 se proporciona un listado de la división cantonal:

Tabla 1 División política cantonal en la cuenca del río Sumpulito

Departamento	Municipio	Cantón
Chalatenango	San Francisco Morazán	Sumpul de Chacón Sumpul de Avelar Plan del Horno Los Naranjos
	San Fernando	Jocotán Los Llanitos Valle de Jesús San Juan de La Cruz
	Dulce Nombre de María	Chorro Blanco Los Encuentros

Los límites naturales de la cuenca son el Río Chiquito, afluente del Sumpul al norte, la cuenca del río Grande de Chalatenango al occidente y sur y el río Sumpul al oriente. El área de la cuenca es de 40.07 km² con un perímetro de 43.65 km.

La cuenca, está formada por una serie de pequeñas quebradas que drenan desde el complejo montañoso de la formación Chalatenango, la mayoría de las cuales son vaguadas estacionales y corrientes efímeras, que solamente transportan agua durante la ocurrencia de lluvias.

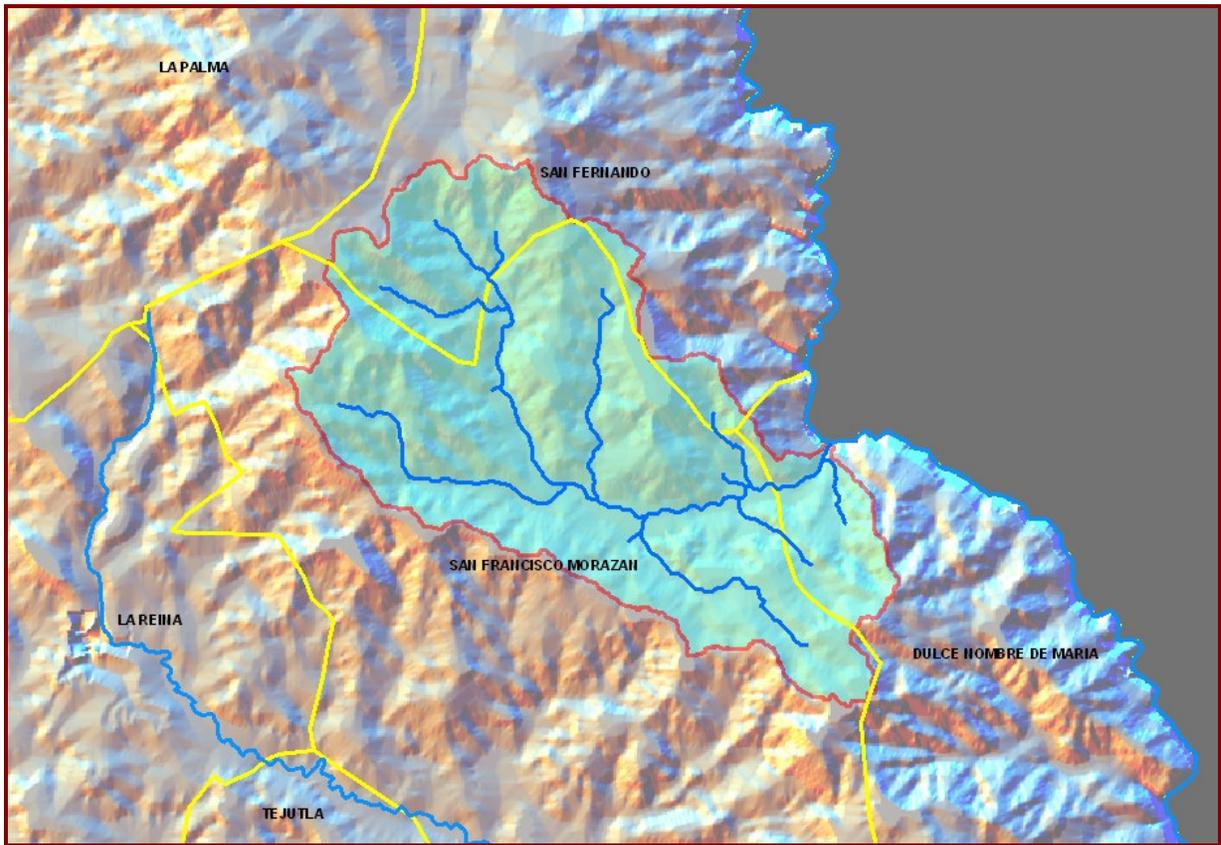


Figura 1 Cuenca del Río Sumpulito, afluente del Río Sumpul

1.2 MORFOLOGÍA DE LA RED DE DRENAJE

La morfología se describe por medio de los caracteres cualitativos de la red de drenaje, que se entiende como la manifestación de la escorrentía superficial concentrada y jerarquizada en cauces.

1.2.1 DETERMINACIÓN DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA RED DE DRENAJE

- a) Origen del cauce: La definición más utilizada toma como punto de origen del cauce el parteaguas o divisoria. Para el estudio se considera como punto de inicio del cauce el cerro El Jocotal, que forma parte del trayecto más largo.
- b) Longitud del cauce principal: Existen dos criterios principales que ayudan a definir la longitud del cauce principal: El criterio topográfico es aquel cuya cabecera alcanza la cota más elevada y el criterio de longitud cuya cabecera se considera que inicia en el lugar más alejado de la base. Para el estudio se considera el criterio de longitud, es decir, el cauce principal inicia en el lugar más alejado de la base, lo cual resulta en 12.29 km



1.2.2 SINUOSIDAD DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA

La sinuosidad del cauce principal de la cuenca es un indicativo de las fuerzas de acción lineal a lo largo de su recorrido.

El cálculo se realiza relacionando la longitud del cauce con la longitud del valle que lo forma (Shumm 1963). La modificación introducida por Morisawa (1985), toma en consideración, adicional a la sinuosidad, los valores de anchura y profundidad, más información de matices respecto a la tipología del cauce.

De acuerdo a ella, el cauce del río Sumpulito se clasificaría como un canal sinuoso, los cuales suelen llevar cargas erosivas, siendo frecuente tanto el ensanchamiento como la incisión del cauce, esto producido principalmente por los materiales sueltos y semi compactos.

1.3 MORFOMETRÍA DE LA RED DE DRENAJE

Se establece una serie de parámetros geométricos de la cuenca que permiten identificar caracteres cuantitativos de la misma.

1.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA

Para la estimación de las características físicas como de relieve de la cuenca se han utilizado mapas topográficos digitalizados a escala 1:25000, editados por el Instituto Geográfico Nacional y un modelo de elevación Digital del terreno (DEM). Los cuadrantes topográficos tienen un intervalo de 10 metros entre curvas de nivel, lo cual se considera aceptable para las escalas de trabajo. Las principales características físicas se describen en la Tabla 2.

Tabla 2 Características físicas de la cuenca

Parámetro	Unidad	Valor	Comentario
Area (A)	km ²	40.07	La cuenca puede catalogarse como una cuenca pequeña, dado que la cantidad y distribución del escurrimiento son influenciados principalmente por las condiciones físicas del suelo y cobertura, sobre las cuales se puede tener algún control
Perímetro (P)	M	43.65	El perímetro representa la medición lineal del parteaguas de la cuenca.
Elevación máxima	M	2082	Cerro El Picacho.
Elevación mínima	M	750	Confluencia con el río Sumpul
Desnivel máximo (H)	M	1332	Medida de la energía potencial o caída hidráulica en la cuenca.
Longitud de la cuenca (Lc)	Km	8.57	Se mide desde la salida de la cuenca hasta el parteaguas, paralela al cauce principal.
Pendiente media (S)	%	7.84	Pendiente media en el canal del cauce determinado por modelo digital del terreno.
Longitud del cauce principal (L)	Km	12.29	Medido desde el punto más alejado del cauce.
Longitud de todos los cauces dentro de la cuenca (ΣL)	Km	75.89	Suma de longitudes de todos los drenajes en la cuenca.



1.3.2 FORMA DE LA CUENCA

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de un río, particularmente en los eventos de crecidas. En general, cuencas de igual área pero de diferente forma generan hidrogramas diferentes.

- a) Coeficiente de Compacidad. Fue definido por Gravelius como la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie de la cuenca. Este coeficiente tiene como límite inferior la unidad, indicando que la cuenca es circular y conforme crece indicará una mayor distorsión en su forma, volviéndose alargada o asimétrica. El valor resultante del coeficiente de Compacidad para la cuenca del río Sumpulito se calcula con la siguiente expresión:

$$K_c = \frac{0.282 * P}{\sqrt{A}} = \frac{0.282 * 43.65}{\sqrt{40.07}} = 1.94$$

Donde, A es el área de la cuenca y P es el perímetro.

- b) Índice de Forma. Afecta las características de la descarga de la corriente, principalmente en eventos de crecidas. Entre más se acerca el índice de Forma al valor de 0.79 ($\pi/4$) indicaría una mayor concentración del flujo, alcanzando un mayor caudal pico en caso de lluvias localizadas y de corta duración.

$$R_f = \frac{A}{(L_c)^2} = \frac{40.07}{(8.57)^2} = 0.54$$

Donde, A es el área de la cuenca y L_c es la longitud de la misma.

PARAMETRO	VALOR	SIGNIFICADO
Coeficiente de Compacidad (Kc)	1.94	Este valor indica que se trata de una cuenca alargada o asimétrica. Este tipo de cuencas tiende a tener un retardo en la concentración de la escorrentía, dando lugar a una mayor brusquedad de la crecida una vez concentradas las aguas.
Índice de Forma	0.54	El valor resultante es concluyente respecto a que se trata de una cuenca cuya respuesta presenta un cierto retardo, por lo que no se prevén problemas con lluvias localizadas y de corta duración; sin embargo, en caso de lluvias de larga duración y que se distribuyan en el área de la cuenca, toda el área se activa y aporta agua, lo que favorece la generación de grandes volúmenes de escorrentía. Este tipo de tormentas suele ocurrir principalmente en los meses de junio y septiembre



1.3.3 DENSIDAD DE DRENAJE

La densidad de drenaje es uno de los parámetros más importante en la definición de la extensión de un sistema de drenaje natural, que para el caso este valor medio es **de 1.89 km/km²**. Entre los factores que la controlan en el área, el de mayor peso está representado por la alta susceptibilidad a los procesos erosivos y el fracturamiento del material.

Densidad de drenaje	1.89 km/km ²	La densidad de drenaje media en esta área indica que la mayor parte de la superficie de la cuenca experimenta escorrentía concentrada, por lo que es de suponer una alta tasa de erodabilidad en toda su extensión, inestabilidad morfogénica, gastos sólidos significativos, hidrogramas de picos elevados y reducidos tiempos de concentración, condicionados por las características del relieve (pendiente), el tamaño de las microcuenca, y las características (extensión, intensidad y duración de las lluvias) de las tormentas que las puedan generar.
---------------------	-------------------------	---

1.4 GEOLOGÍA DE LA ZONA

En cuanto a la geología de la zona, la mayor parte de la cuenca pertenece a la formación geológica Chalatenango que son rocas volcánicas ácidas de carácter riolítico-dacítico; prevalecen las tobas muy endurecidas de colores claros; el espesor de esta serie es aproximadamente mayor de 500 metros. Esta formación posee estructura semicompacta, lo que contribuye a la erosión.

1.5 SUELOS

Los suelos de la cuenca se pueden englobar en un grupo básico: Latosoles Arcillosos Ácidos. La clasificación usada es principalmente fisiográfica, adaptada de la Taxonomía de Suelos del Departamento Agrícola de los Estados Unidos de América, USDA.

LATOSILES ARCILLOSOS ACIDOS: Suelos arcillosos de color rojizo en lomas y montañas. Son bien desarrollados con estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo aunque algunas veces se encuentran amarillentos o cafésos. La textura superficial es franco arcillosa y el subsuelo arcilloso. La profundidad promedio es de un metro aunque en algunos sitios se observa afloración de roca debido a los procesos de erosión. Son aptos para la producción de hortalizas, frutas y flores aunque se recomienda su reforestación por la fragilidad que presentan frente a la erosión hídrica ya que se localizan sobre zonas de fuertes pendientes y no presentan buena cohesión, lo que contribuye a formación de cárcavas profundas. Son suelos aptos para casi todos los cultivos.



1.6 CLIMA

Como todo el país, el área de la cuenca del río Sumpulito pertenece a la región climática de los trópicos semi-húmedos, con variaciones térmicas más o menos iguales y con oscilaciones diarias mucho más importantes que las variaciones anuales.

En la cuenca pueden diferenciarse 3 zonas climáticas de acuerdo a la clasificación de Koper, Sapper y Laver:

- Sabana Tropical Caliente o Tierra Caliente: Esta zona comprende el punto de desembocadura del río Sumpulito en el Sumpul, con elevaciones entre los 0 hasta los 800 msnm. La precipitación media anual varía entre 1400 a 1700 milímetros y la temperatura puede variar entre los 22 a 28°C
- Sabana Tropical Calurosa o Tierra Templada: Zona comprendida desde la confluencia con el Sumpul, incluyendo la zona del cantón Sumpul Avelar, a elevaciones entre 800 y 1200 msnm. La precipitación media anual puede alcanzar entre los 1700 y 1900 mm y la temperatura puede variar entre los 19 y 21°C
- Clima Tropical de Alturas o Tierra Templada: Comprende las zonas más altas de la cuenca y el parteaguas o línea divisoria de la cuenca. En esta zona las el rango de temperaturas se mantiene entre 19 y 21°C, mientras que la precipitación anual varia entre 1900 y 2100 milímetros.

1.7 USO DEL SUELO

El uso del suelo en el sector agrícola es muy variado, ya que se diversifican para diferentes cultivos y crianza de animales. Entre los productos agrícolas más cultivados se pueden mencionar: Cereales (frijol, maíz, arroz, maicillo y café), frutas, cebolla, ajo, papas, plantas hortenses y semillas oleaginosas. Se ha intensificado es el uso de la gallinaza como abono para las hortalizas, lo cual, por el manejo indebido de este insumo, genera el problema de la aclimatación de la mosca doméstica en la zona alta. Otro uso agrícola del suelo es el de la crianza de diferente ganado (vacuno-bovino, caballar, porcino y mular) y las aves de corral.

Aproximadamente el 69% de la cuenca posee uso forestal, predominantemente del tipo bosque húmedo subtropical.

2. BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA SUMPULITO

El Balance Hídrico de la cuenca representa la cuantificación de los factores del ciclo hidrológico, así como de los consumos de agua. Se basa en la ecuación de conservación de la masa:

$$\text{ENTRADAS} - \text{SALIDAS} = \text{CAMBIO DE ALMACENAMIENTO}$$

ENTRADAS:

- Precipitación
- Importaciones superficiales de otras cuencas
- Retornos de la demanda

SALIDAS:

- Evapotranspiración real en el suelo
- Evaporación en cuerpos de agua
- Evaporación en zonas urbanas
- Ecurrimiento superficial
- Demanda interna de la cuenca
- Demanda externa

CAMBIO DE ALMCENAMIENTO:

- Recarga de acuíferos
- Variación de nivel en cuerpos de agua (lagos, lagunas, embalses)



Los resultados del Balance hídrico para la cuenca del río Sumpulito se muestran en la Tabla 3. Estos resultados fueron obtenidos de acuerdo con la metodología planteada en el Balance hídrico dinámico e integrado de El Salvador (A. Erazo, 2006)

Tabla 3 Balance Hídrico en la cuenca del río Sumpulito

<i>Mes</i>	<i>Precipitación</i>	<i>Evapotranspiración Total</i>	<i>Escorrentía Superficial Estimada</i>	<i>Cambio de Almacenamiento</i>
ENERO	7.70	8.33	8.55	-9.17
FEBRERO	5.02	5.68	5.75	-6.41
MARZO	30.13	30.86	5.42	-6.15
ABRIL	102.04	102.48	6.59	-7.03
MAYO	260.28	147.86	19.39	93.03
JUNIO	420.66	130.93	84.53	205.20
JULIO	280.32	138.89	85.42	56.00
AGOSTO	340.81	136.65	94.66	109.50
SEPTIEMBRE	400.46	119.82	167.98	112.66
OCTUBRE	218.42	121.78	136.57	-39.93
NOVIEMBRE	48.18	114.52	31.43	-97.77
DICIEMBRE	11.40	46.54	14.03	-49.18
ANUAL (mm)	2125.40	1104.34	660.32	360.74

Los resultados del Balance indican claramente que la cuenca es una zona de recarga, ya que de 2125 mm que en promedio se registran anualmente en el área, aproximadamente el 17% se almacena.

Como en la mayor parte de El Salvador, los meses más lluviosos del año corresponden a junio y septiembre, lo cual concuerda con los meses donde mayor recarga acuífera se genera. Sin embargo, el escurrimiento superficial tiende a ser mayor durante septiembre y octubre, que son los meses durante los cuales podrían generarse las mayores crecidas.

3. ANALISIS HIDROLOGICO

Con el estudio se pretende determinar los posibles caudales que pudieran generarse en la cuenca y para diferentes períodos de retorno. Debido a que se trata de sistemas torrenciales, no permanentes, no se cuenta con información o medición de caudales máximos en las diferentes quebradas o puntos de interés, por lo que éstos deberán ser calculados a partir de métodos indirectos.



3.1 MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Para el caso se realizó la modelación Hidrológica del río Sumpulito utilizando el modelo hidrometeorológico (precipitación-escorrentía) HEC-HMS versión 3.4, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos. El modelo cuenta con diferentes métodos para simular las pérdidas por infiltración, habiéndose utilizado para el estudio la metodología de la Curva Número del Servicio de Conservación de Suelos (SCS). El modelo calcula los hidrogramas o gráfica de variación de caudales en el tiempo en diferentes puntos de la cuenca con base a los datos físicos de la misma y a datos de eventos hidrometeorológicos.

La representación física de la cuenca se realiza de forma esquemática utilizando un “modelo de cuenca”, adicionalmente, para simular las lluvias el modelo requiere distribuirlas en “series de tiempo” y de un “modelo meteorológico”. Para el modelo de cuenca, la cuenca del Río Sumpulito (Subbasin-1) se configuró en una sola subcuenca y en un Junction (Junction-1), que representa la salida de la cuenca. La representación esquemática de modelación de las cuencas con el modelo HEC-HMS se muestra en la Figura 2.

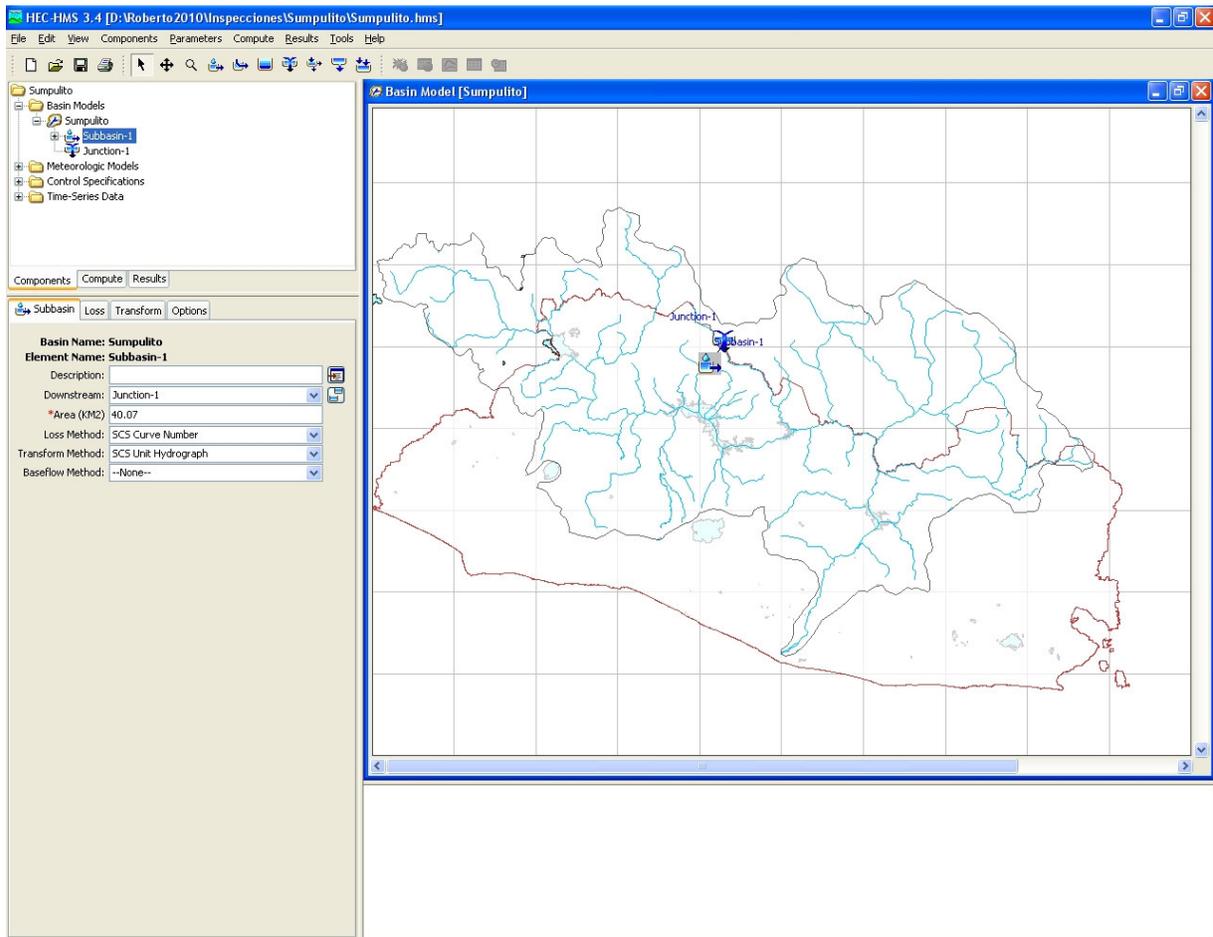


Figura 2 Representación esquemática de la cuenca del Río Sumpulito, HEC-HMS



Para poder simular la lluvia sobre la cuenca para los diferentes períodos de retorno, en el modelo meteorológico se utilizó una distribución elíptica de la precipitación, considerando que la lluvia más intensa se registra en la elipse central y disminuye conforme se aleja del centro, tal como se muestra en la figura 3.

Para poder realizar la simulación respectiva, las lluvias correspondientes a la distribución elíptica en las series de tiempo se distribuyeron en intervalos de seis horas, comprendidos entre las 00:00 horas del 25 de julio de 2010 y las 00:00 horas del 28 de julio de 2010. Se destaca el hecho de que este período considerado para la simulación es solamente una referencia, ya que la simulación de la crecida puede ser realizada para diferentes fechas y obtenerse exactamente los mismos resultados.

Las elipses que caen fuera de la cuenca no son utilizadas en el cálculo.

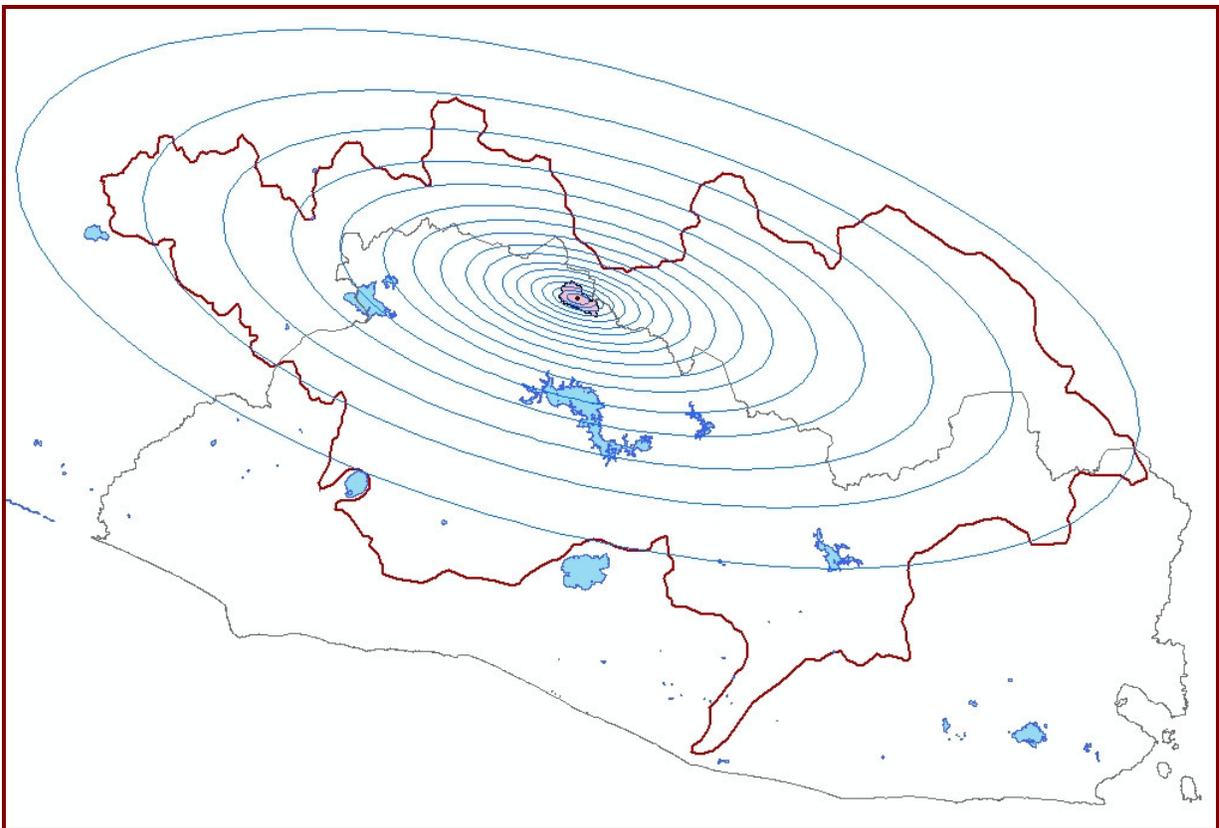


Figura 3 Distribución de la precipitación en la cuenca

3.2 PERIODO DE RETORNO

El período de Retorno (T) se define como el inverso de la probabilidad de que un evento ocurra. Si la probabilidad de que algún evento ocurra es de 0.04 (4%), significa que en promedio podría suceder 4 veces en 100 años, es decir, al menos 1 vez cada 25 años, siendo este el período de retorno.

La probabilidad de que un evento ocurra en promedio una vez durante n años sucesivos es lo que se conoce como riesgo hidrológico (R) y se describe por la siguiente expresión:



$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

En el estudio interesa determinar el período de retorno idóneo definiendo un nivel de riesgo en la zona, por lo que si despejamos T de la expresión se obtiene:

$$T = \frac{1}{1 - \exp\left(\frac{\ln(1 - R)}{n}\right)}$$

Para definir el período de retorno a utilizar en el estudio, se definirá un riesgo hidrológico dependiendo de la población que habita en la cuenca o a la salida de ésta:

- Para zonas densamente pobladas y estructuras consideradas importantes para la población, se acepta un riesgo entre el 5% y el 10% de que se produzca una crecida que cause daños en 5 años, por lo que utilizando la expresión anterior resulta en un período de retorno de 98 y 48 años, respectivamente, por lo que por medio de aproximación pueden establecerse períodos de retorno de **100 y 50 años**.
- Para zonas con baja población y estructuras de poca importancia se considera un riesgo hidrológico del 20% en un lapso de 5 años, lo que resulta en 22.9 años, siendo utilizado un valor de **25 años**.

3.3 DETERMINACION DE CRECIDAS SIMULADAS

Las crecientes son eventos extraordinarios que se presentan en los cauces de las corrientes naturales durante las cuales las magnitudes de los caudales superan con creces los valores medios que son normales en dichas corrientes. En efecto, la estabilidad de la obra durante la vida útil de diseño depende en gran parte de su capacidad para soportar los efectos que se producen sobre la estructura cuando pasan las crecientes extraordinarias. Estos efectos se traducen en impactos, presiones, socavación, taponamientos y desbordamientos.

Los caudales máximos obtenidos, o caudales de crecida máxima, servirán de base para analizar si los cauces tienen la capacidad hidráulica suficiente para soportar las crecidas, esto con el objeto de realizar obras de infraestructura o para evaluar las existentes, reduciendo así la posibilidad de inundaciones y colapso de estructuras.

A partir de los criterios expuestos anteriormente, se obtuvieron los caudales máximos para los diferentes períodos de retorno (Tabla 4):

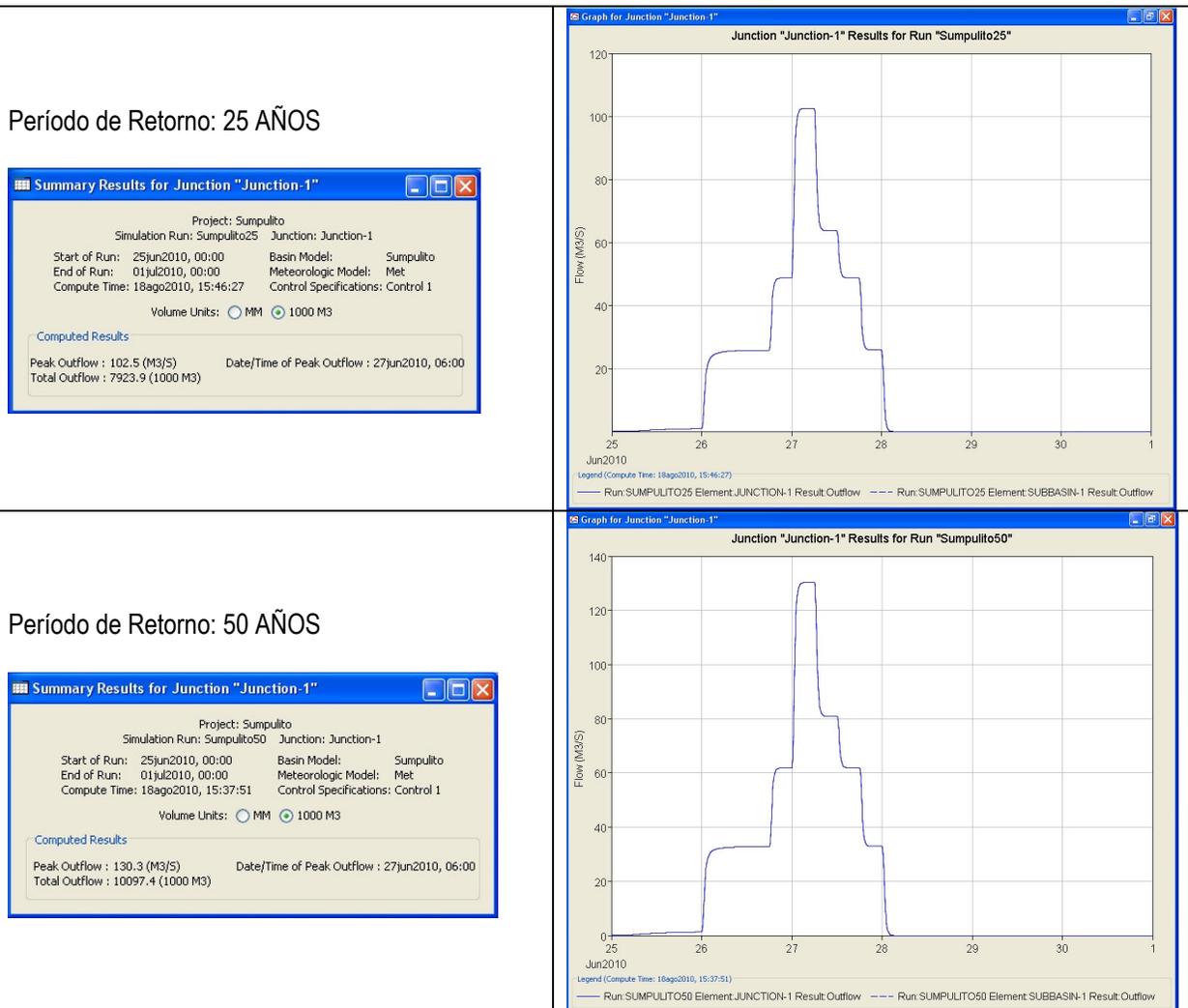
Tabla 4 Caudales máximos en el río Sumpulito para diferentes períodos de retorno

Período de Retorno (Años)	Caudal máximo (m³/s)
25	102.5
50	130.3
100	148.6



En la figura 4 se presentan los resultados del modelo hidrológico con el cual se obtuvieron los caudales presentados en la tabla anterior. Para la revisión de la estructura del puente en la comunidad Cantón Avelar se recomienda utilizar los caudales para un período de retorno de 50 años.

Al evaluar preliminarmente la forma encañonada de la sección en la zona del puente, que poseen un ancho estimado de 30 metros, el caudal para un período de retorno de 100 años podría alcanzar un tirante hidráulico hasta de 5 metros desde su lecho.



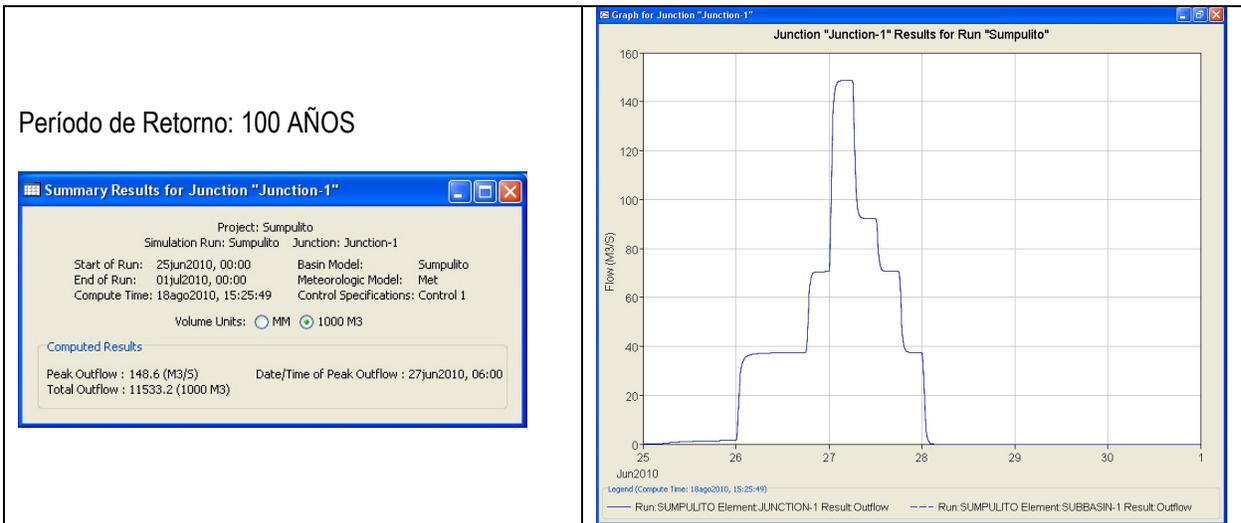


Figura 4 Resultados de la modelación hidrológica