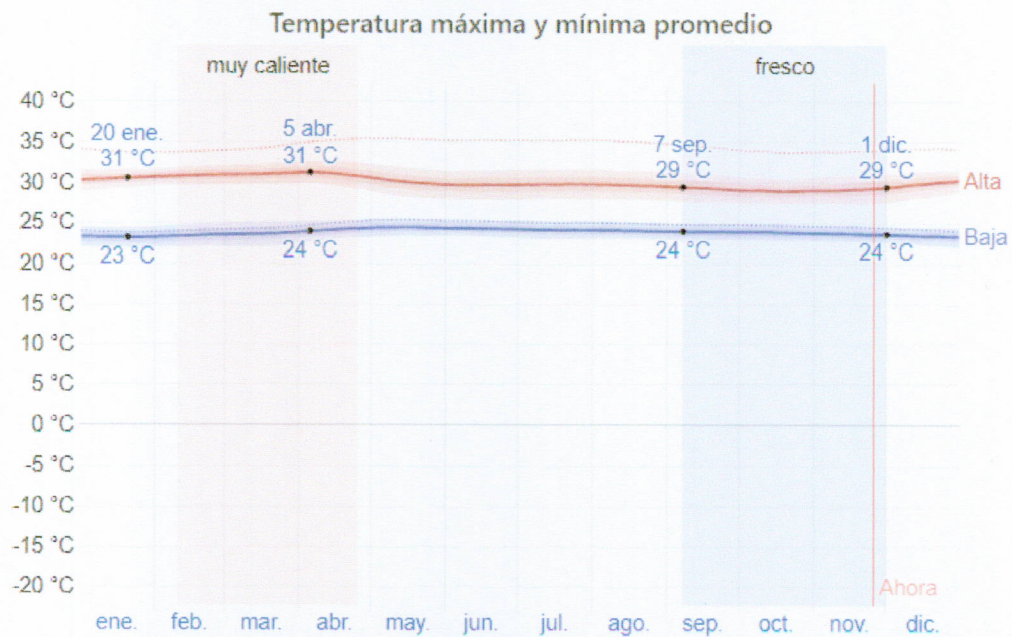


## 4.2 Temperatura

La temporada calurosa dura 2.5 meses, del 10 de febrero al 25 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 31 °C. El día más caluroso del año es el 5 de abril, con una temperatura máxima promedio de 31 °C y una temperatura mínima promedio de 24 °C.

La temporada fresca dura 2.8 meses, del 7 de septiembre al 1 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 29 °C. El día más frío del año es el 20 de enero, con una temperatura mínima promedio de 23 °C y máxima promedio de 31 °C.



*La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.*

Fuente: ETESA



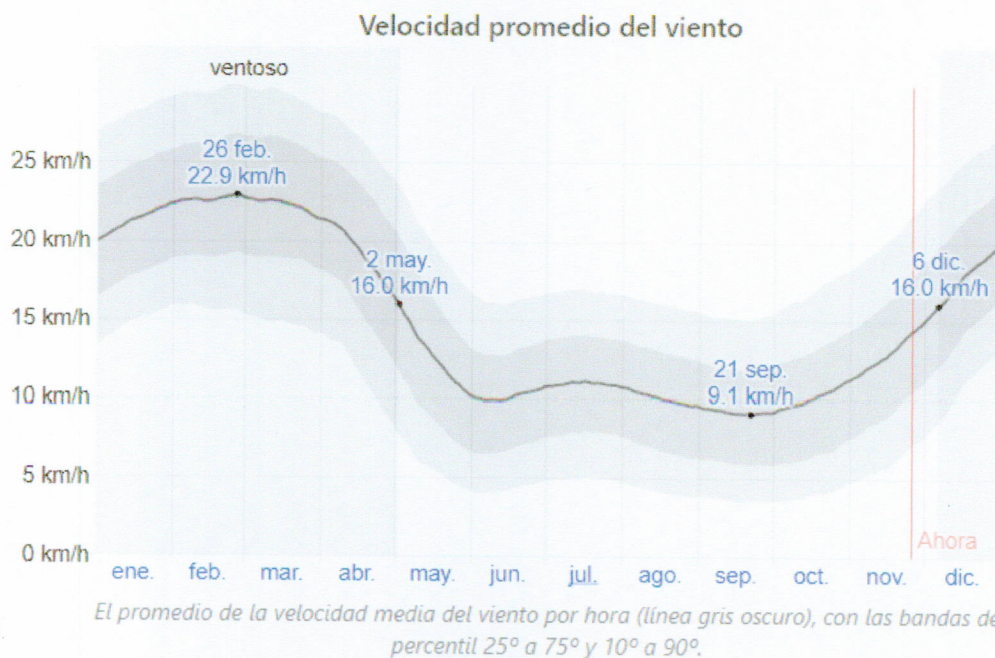
### 4.3 Vientos

Los registros disponibles de velocidad del viento, para el área de estudio, sugieren el predominio de los vientos alisios en la estación seca, aunque también se presentan los del oeste, sinópticos y ecuatoriales.

La velocidad promedio del viento por hora en Chilibre tiene variaciones estacionales extremadas en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 4.9 meses, del 6 de diciembre al 2 de mayo, con velocidades promedio del viento de más de 16.0 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 26 de febrero, con una velocidad promedio del viento de 22.9 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 7.1 meses, del 2 de mayo al 6 de diciembre. El día más calmado del año es el 21 de septiembre, con una velocidad promedio del viento de 9.1 kilómetros por hora.





#### **4.4 Humedad Relativa**

Los valores de humedad relativa son elevados en la región, con un promedio anual de 78.3% y valores máximos y mínimos de 86.5% y 71.6% respectivamente. El mes con mayor humedad relativa es octubre con un máximo de 91%.

### **5 Estimación de los caudales de avenida para el Proyecto.**

Para la obtención de los caudales de avenida, se utilizará el Análisis Regional de Crecidas Máximas elaborado en 1986 por profesionales del departamento de Hidrometeorología del Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación, antiguo IRHE.

En septiembre de 2008 se elabora un nuevo informe cuyo propósito es actualizar el Análisis Regional de Crecidas Máximas, que data del año 1986. La finalidad de estudio era la de crear una aplicación que permitiera estimar los caudales para el diseño de estructuras hidráulicas con distintos periodos de recurrencia a partir del área de drenaje de la cuenca, hasta el sitio de interés en kilómetros cuadrados y de su ubicación en el país.

Es conocido que el área de drenaje de una cuenca está muy correlacionada con el indicador de crecidas, y puede utilizarse como una base confiable para la estimación de la magnitud de las crecidas en cuencas no aforadas.

Esta herramienta es muy útil en el diseño de estructuras hidráulicas y para el desarrollo de aprovechamientos de los recursos hidráulicos.

Para la elaboración del análisis regional de crecidas máximas, se analizó la información básica registrada en 63 estaciones hidrológicas convencionales (limnigráficas) y 16 estaciones hidrológicas limnimétricas operadas por la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA; se analizaron, además, 6 estaciones hidrológicas convencionales manejadas por la Autoridad del Canal de Panamá, para un total de 85 estaciones hidrológicas.

## **5.1 Avenidas máximas en Sitio de Obra.**

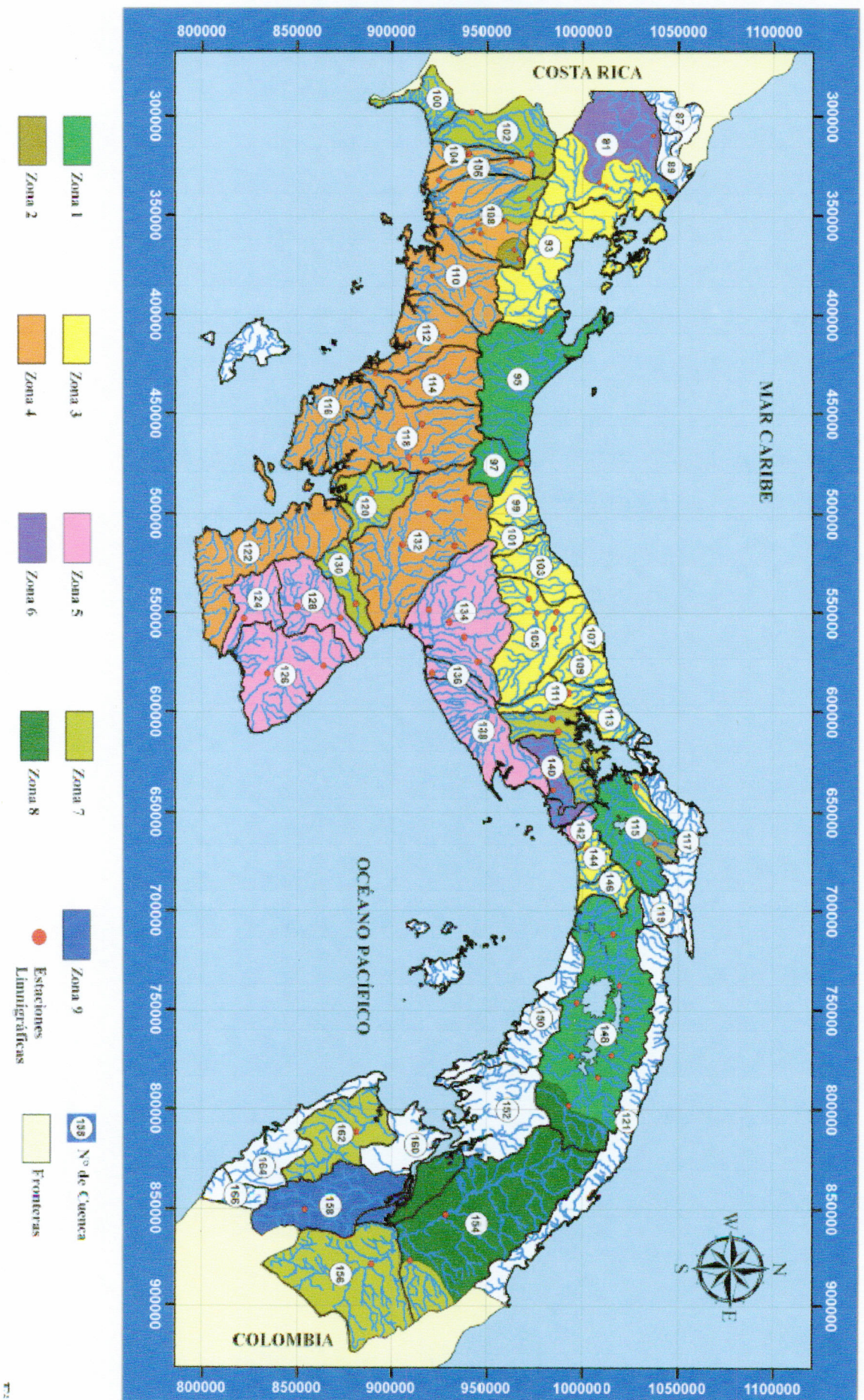
Si conocemos que el área de proyecto se ubica en la Zona 3, según el mapa de Regiones Hidrológicamente Homóneas<sup>1</sup>, podemos definir que nuestra ecuación y distribución de frecuencia a utilizar para determinar el caudal máximo corresponde a:

---

<sup>1</sup> Pág. 94 del Resumen Ejecutivo del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006



Mapa 4. Regiones hidrológicamente homogéneas





En base a la zona, donde se ubica el proyecto (ZONA 1), se establece la ecuación y el número de la tabla, en base a la siguiente imagen:

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{\text{máx}} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{\text{máx}} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{\text{máx}} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{\text{máx}} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Fuente: Análisis de crecidas máximas de Panamá – ETESA.

Quedando de la siguiente manera:

$Q_{\text{máx promedio}} = \text{ZONA 1 (Tabla \#1)}$

$Q_{\text{máx promedio}} = 34 * \text{Area}^{0.59} = 34 * 4.71^{0.59} = 84.81 \text{ m}^3/\text{s}$

De esta fórmula, podemos encontrar que nuestros caudales máximos para el proyecto corresponden a:

Sitio Analizado	Área (Km <sup>2</sup> )	Q máx prom (m <sup>3</sup> /s)
Tramo Río Chilibre	4.71	84.81
Tramo Quebrada SN	0.12	9.95

Luego de haber establecido la zona y el número de tabla, se procede a determinar los factores que multiplican al caudal máximo promedio, para así determinar los diferentes periodos de retorno:



Factores $Q_{m\acute{a}x.}/Q_{prom.m\acute{a}x}$ para distintos $T_r$ .				
$T_r$ , años	Tabla # 1	Tabla # 2	Tabla # 3	Tabla # 4
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1,000	3.81	3.71	3.53	3.14
10,000	5.05	5.48	4.6	4.00

Fuente: Análisis de crecidas máximas de Panamá – ETESA.

Aplicando los factores para diferentes periodos de retorno ( $1/50 = 2.37$  y  $1/100 = 2.68$ ), podemos encontrar que los caudales de avenidas máximas para el sitio de obra:

Sitio de proyecto – Río Chilibre:

$Q_{\text{Avenida Diseño}} = \text{Factor} * Q_{\text{máx prom.}}$

$Q_{\text{Avenida Diseño (1/50 años)}} = 2.37 * Q_{\text{máx prom}} = 2.37 * 84.81 = 201.01 \text{ m}^3/\text{s}.$

$Q_{\text{Avenida Diseño (1/100 años)}} = 2.68 * Q_{\text{máx prom}} = 2.68 * 84.81 = 227.30 \text{ m}^3/\text{s}.$

Sitio de proyecto – Quebrada Sin Nombre:

$Q_{\text{Avenida Diseño}} = \text{Factor} * Q_{\text{máx prom.}}$

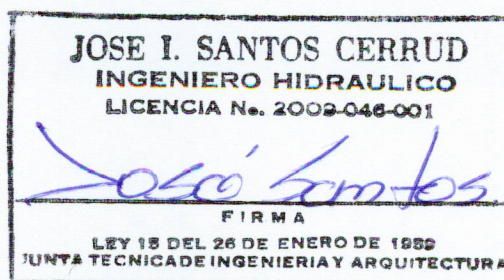
$Q_{\text{Avenida Diseño (1/50 años)}} = 2.37 * Q_{\text{máx prom}} = 2.37 * 9.95 = 23.57 \text{ m}^3/\text{s}.$

$Q_{\text{Avenida Diseño (1/100 años)}} = 2.68 * Q_{\text{máx prom}} = 2.68 * 9.95 = 26.65 \text{ m}^3/\text{s}.$

#### Cuadro 9. Caudales de avenida para diferentes periodos de retorno, en Sitio de obra

Periodo de Recurrencia	Caudal Máximo de Avenida $\text{m}^3/\text{s}$
1/50 – Río Chilibre	204.13
1/50 – Quebrada sin Nombre	23.57

Debemos mencionar que, para el proyecto, se utilizará el caudal de 1/50 años, puesto que es el caudal establecido como requisito en el manual de aprobación de planos del Ministerio de Obras Públicas.





## **6 Análisis hidráulico**

Para el análisis hidráulico, se tomó como base, los parámetros obtenidos en el análisis hidrológico, posteriormente se realiza en análisis mediante el programa HEC-RAS, que consiste en un modelo hidráulico unidimensional, modelo que simula las características del cauce o fuente hídrica y el comportamiento del agua en base a las condiciones del mismo.

El modelo HEC-RAS, es un programa desarrollado por el Hydrologic Engineering Center of US Army Corps of Engineers, programa totalmente gratuito, que nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales, para de esta manera determinar el nivel de agua, por lo que su objetivo principal es en determinar los niveles de inundabilidad o zonas inundables.

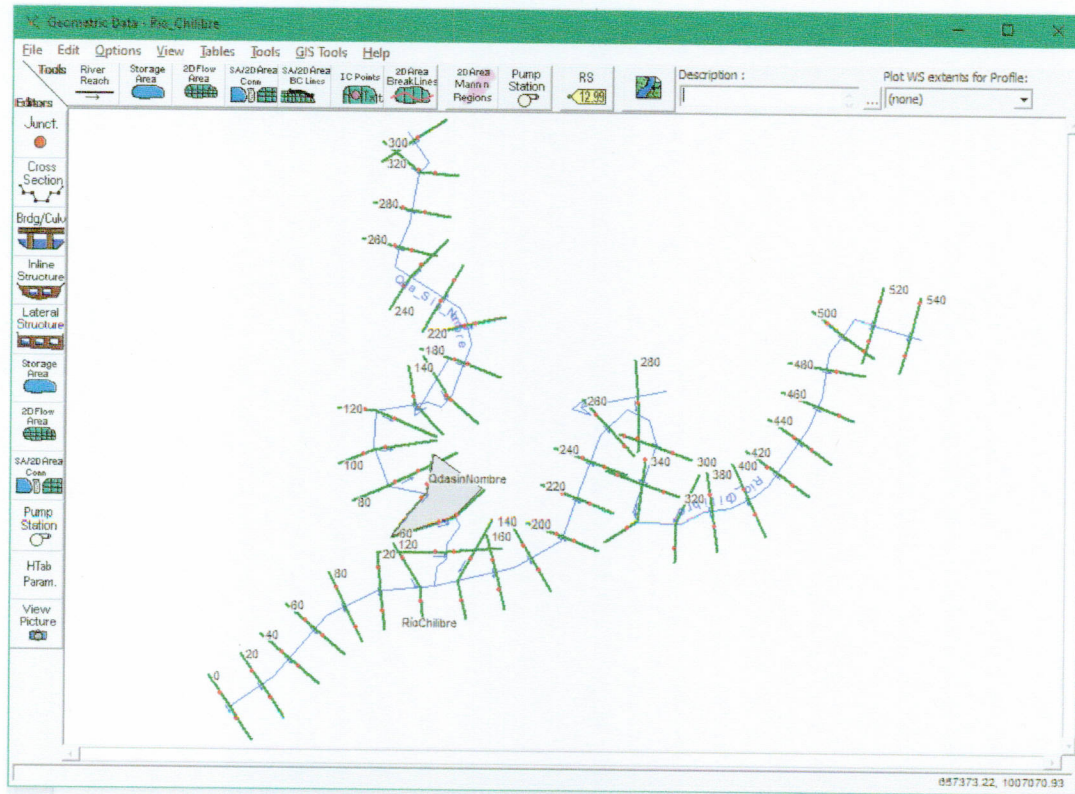
## **7 Generación de topografía y secciones transversales**

Para utilizar el programa HEC-RAS, de manera fácil y rápida, se procedió en utilizar el programa Civil3D, de manera que se realizó un levantamiento topográfico del cauce y posteriormente se generaron las secciones transversales a todo lo largo de la quebrada que en este proyecto sería la Quebrada Sin Nombre y el Río Chilibre.

Debemos mencionar, que la topografía generada, fue realizada en tiempo real, mediante equipos de medición y la misma fue amarrada a puntos de control en el proyecto.



## Vista 1: Planta general de la Quebrada Sin Nombre y el Río Chilibre



Nótese, la quebrada sin nombre y el Río Chilibre, de la misma manera las sinuosidades de las fuentes.

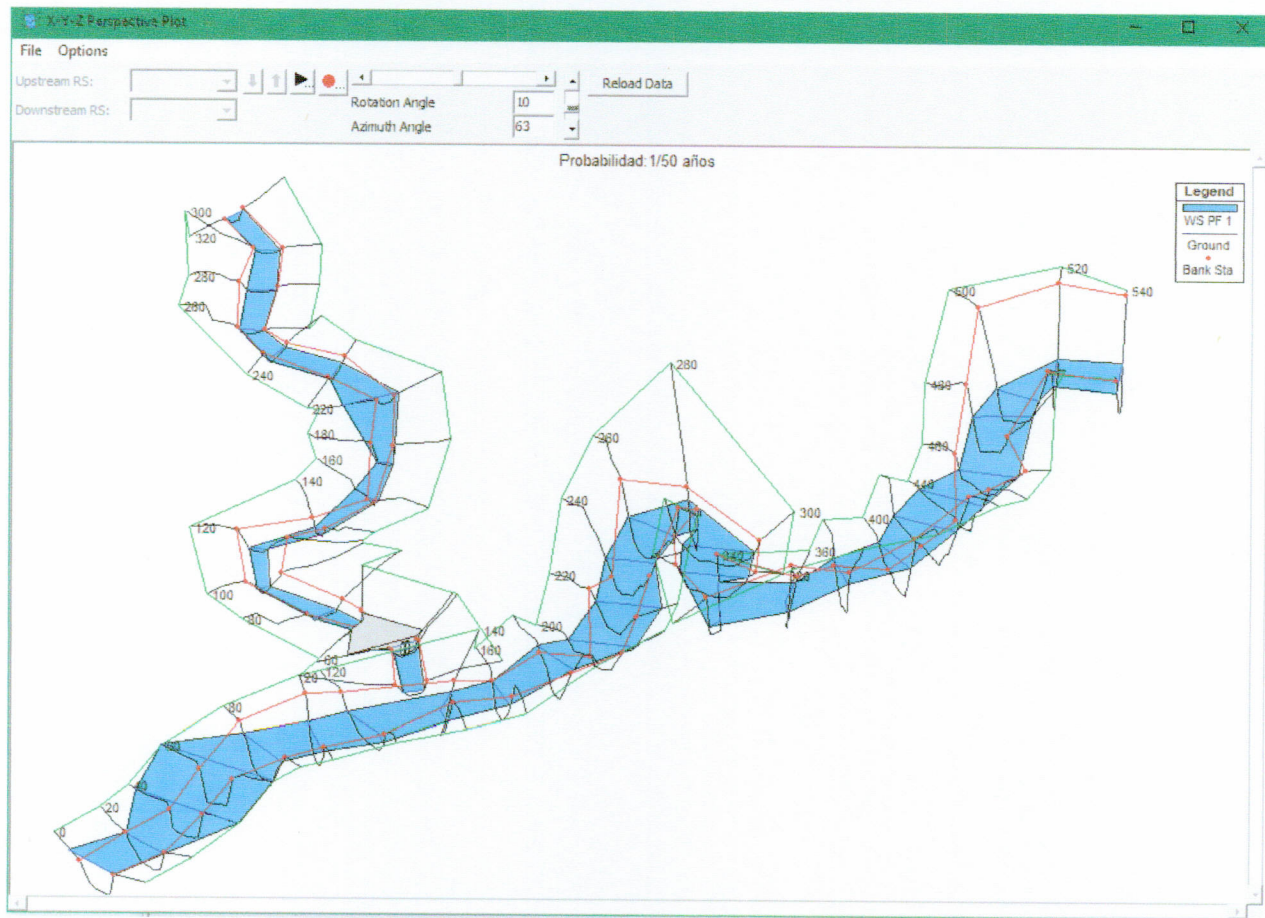
En base a las imágenes anteriores, se procede a realizar el modelo, incluyendo los siguientes aspectos:

1. 1 Caudal de diseño para la quebrada si nombre, este caudal es de  $23.57 \text{ m}^3/\text{s}$  y para el Río Chilibre es de  $204.13 \text{ m}^3/\text{s}$ .
2. 2 Los coeficientes de manning para las fuentes en su estado natural serían 0.025 para los márgenes derecho e izquierdo y 0.020 para el centro.
3. Sobre la quebrada sin nombre, se ubica el camino o acceso y para la continuidad de las aguas de escorrentía, se estableció un cruce pluvial mediante dos tuberías paralelas de 1.40 mts de diámetro y una longitud aproximada de 20 mts.

Visto lo anterior, se procede a enunciar los resultados.



## Vista 2: Modelo 2D de las fuentes analizadas vs niveles de inundación.



Nótese como los niveles de inundabilidad en las fuentes no sobrepasan los bordes superiores de barrancos, aún cuando se mantienen en su estado natural y con las mismas sinuosidades.

