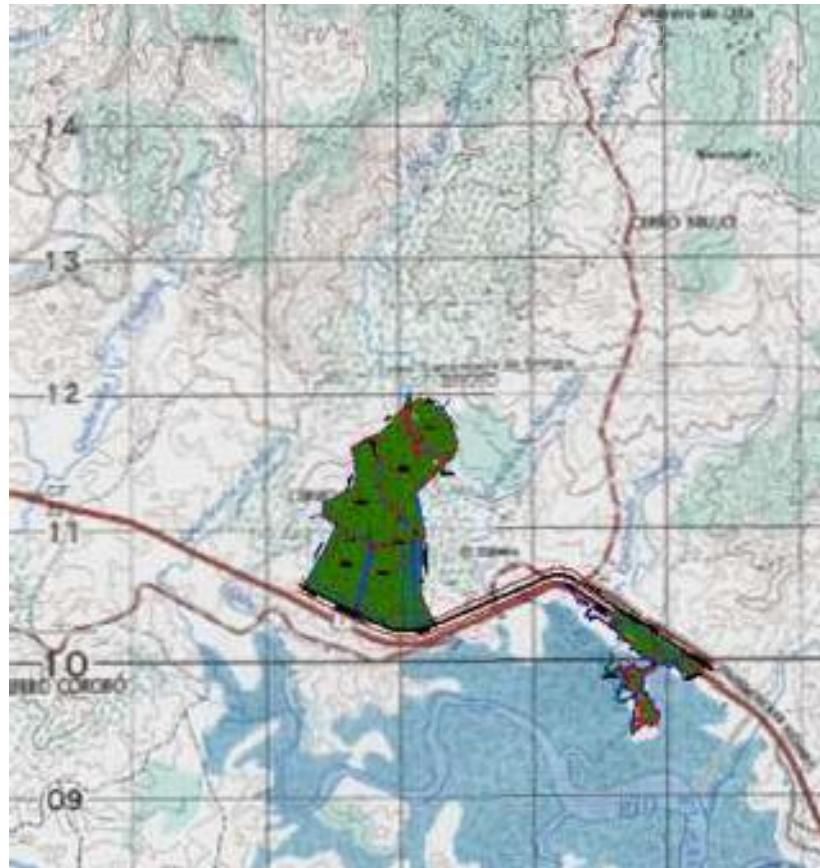


**ESTUDIO HIDROLOGICO  
HACIENDA COROTU**

**UBICADO EN EL DISTRITO DE REMEDIOS  
PROVINCIA DE CHIRQUI**

**“ESTUDIO HIDROLOGICO”**



**Preparado por:**

Ing. Víctor M. Ortíz Hugues  
Planificador Urbano y Regional - Ingeniero Civil

MAYO 2022

**INDICE**

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO .....</b>	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>ESTUDIO HIDROLOGICO.....</b>	<b>6</b>
5.1.	Tipo y Uso del suelo.....	6
5.2.	Climatología .....	7
5.3.	Características de la cuenca. Río principal y afluente.....	7
5.3.1.	Registro de Caudales.....	10
5.4.	Estimación de Caudales de Diseño .....	10
5.4.1.	Método de Regionalización de Caudales .....	10
5.4.2.	Método Racional .....	13
<b>6.</b>	<b>Estudio Hidráulico.....</b>	<b>17</b>
6.1.	Estrategias de Modelación .....	18
6.2.	Sección típica de Canalización .....	19
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO 1. MAPAS .....</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio hidrológico fue forma parte del planeamiento y desarrollo del Proyecto Hacienda Corotú para cumplir con los requisitos de Ministerio de Ambiente (MiAmbiente).

Con la finalidad de contribuir al diseño adecuado de sistemas de drenaje y de mecanismos de protección de margen para el proyecto (dependiendo de los resultados del estudio); de esta forma asegurar el retiro mínimo exigido por el MOP (10 metros) de río y quebradas con respecto a la línea de propiedad del proyecto.

En este sentido, nos basamos en los requerimientos indispensables mínimos de los Estudio Hidrológicos exigidos por MiAMBIENTE, para la cual consideramos la ubicación y trayectoria exacta del afluente; por consiguiente las características de su cuenca y el comportamiento climático, la topografía del afluente, el caudal promedio del afluente (medidos en campo y por metodología técnica) y los caudales estadísticos (registros) según datos hidrometeorológicos existentes y el aporte de la cuenca como recurso hídrico. De igual forma y en particular el efecto y control de crecidas.

De este modo, a través de este estudio hidrológico, se pretende simular el comportamiento del afluente de agua y analizar el efecto de crecida para determinar la altura de agua (cota inundable) bajo un suceso de caudal máximo o crecida y compararla con el diseño de la terracería del proyecto y determinar la necesidad del diseño y construcción de elementos protección de margen solicitud, de esta forma demostrar la vialidad de la misma y establecer los requerimientos de diseño.

## 2. OBJETIVO

Nuestro objetivo principal es elaborar un estudio hidrológico para determinar la cota inundable en régimen natural para la crecida ordinaria en un adecuado período de retorno en el afluente en análisis. De esta forma, determinar la cota inundable.

## 3. METODOLOGIA

Para la concreción del objetivo propuesto, nos basamos en la siguiente metodología de trabajo, la cual dividimos en dos (2) etapas, estas son:

### **ETAPA I. Recopilación de la Información de base.**

1. **Información secundaria.** En esta etapa se realizó una revisión bibliográfica de estudios hidrológicos realizados en el área. Entre las consultas revisamos datos recientes de la cuenca 112 entre el Río Fonseca y el Tabasará tomados por la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A (ETESA), Gerencia de Hidrometeorología. También se consultaron documentos como boletines hidrológicos, información climática de la zona entre otros.

2. **Información de campo.** Se realizaron visitas al sitio para el reconocimiento de la ubicación y características de la vertiente de la fuente hidrológica analizada. Se realizaron trabajos de topográfica para obtener las secciones transversales de la quebrada en análisis.
3. **Tratamiento de la información.** Esto nos permite clasificar y comparar los datos, y arribar una síntesis de información original. El tratamiento lo realizaremos en cuatro formas específicas:
  - a. Análisis de contenidos
  - b. Análisis estadístico
  - c. Análisis gráfico
  - d. Análisis cartográfico

**ETAPA II. Elaboración de estudio.** En base a la información recopilada y analizada, procedimos a realizar el estudio. Para ello tomamos como referencia los términos de referencia para estudios hidrológicos, el cual indica los requerimientos mínimos a cumplir para su elaboración. Esto incluye, datos de precipitación y caudales promedios, definición de la cuenca involucrada, la definición del río principal, el comportamiento climático, la característica de la quebrada.

De esta forma se realizó el análisis hidrológico incluyendo el tratamiento y análisis de la información pluviométrica existente, utilizando datos de estaciones pluviométricas cercanas al proyecto con objeto de conocer en detalle el valor y distribución de la precipitación sobre la cuenca vertiente al tramo estudiado y poder así apoyar, en los casos que ello sea necesario, el cálculo de los caudales de diseño y datos requeridos por la finalidad del estudio.

#### **4. LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO**

El río y quebradas en estudio se encuentran situados sobre le proyecto Hacienda Corotú en la región occidental de la República de Panamá, específicamente en la provincia de Chiriquí, Distrito de Remedios, Corregimiento de El Nancito. Se inscribe entre las coordenadas UTM E 413995 y N 910506. Se encuentra entre los 5 y 95 metros sobre el nivel del mar. Los límites jurisdiccionales de este distrito son: al norte Comarca Ngöbe - Bugle, al sur el Golfo de Chiriquí (Océano Pacífico), al este con el distrito de Tolé y al oeste con el Distrito de San Lorenzo.

Se encuentra aproximadamente a unos 359Km. de la ciudad de Panamá (capital del país) y se accede directamente a través de la carretera Interamericana, 7.93 km antes de la entrada al poblado de Remedios.



**Figura 1.** Mapa de Panamá. Localización de la Provincia de Chiriquí.



Figura 2. Localización general del estudio. Fuente: Mapa base de Google Earth.

## 5. ESTUDIO HIDROLOGICO.

### 5.1. Tipo y Uso del suelo

En general, los suelos de Panamá están lavados y lixiviados, son de textura franco arcillosa o de arcilla liviana, con pH ligeramente ácido, bajos contenidos de fósforo y medianos o bajos contenidos de materia orgánica. Debido a la textura franco-arcillosa, los suelos de Panamá tienen un buen drenaje.

Los suelos del corregimiento de Remedios, comprenden las llanuras de los suelos arcillosos, se incluye en esta unidad una variedad de suelos residuales o de aluvión antiguo, de topografía plana o levemente ondulada, características por horizontes de textura arcillosa en la superficie o cerca de ella.

El corregimiento de El Nancito posee dos clases de suelos a saber: el suelo clase I, y el suelo clase VII.

- Suelo Clase I: Terrenos ligeramente ondulados, buen fertilidad, buen drenaje, propenso a la erosión del horizonte superficial del suelo en cierto grado, buena para el cultivo, apta para la labranza.
- Suelo clase VII: Aconsejable para pastoreo o bosques con moderada restricción en el uso por estar situadas en pendientes erosionadas con poco espesor.

Para la zona de estudio y en el distrito involucrado (Remedios), prevalecen los suelos que son utilizados para actividades agrícolas y agropecuarias comerciales y de subsistencia. Sin embargo también prevalecen los bosques intervenidos o secundarios.

## 5.2. Climatología

En el área objeto de estudio, el clima es predominantemente tropical húmedo, según la clasificación de Kooppen, caracterizado por lluvias copiosas todo el año en la mayor parte de la cuenca. La precipitación anual oscila entre 4,000 y 5,000 mm.

El Clima Tropical Húmedo comprende dos períodos definidos; seco, entre diciembre y marzo y, lluvioso el resto del año, siendo el grupo climático más representativo del país, es típico del trópico, y se caracteriza por mantener una elevada temperatura durante todo el año superior a 18 ° C, con precipitaciones durante gran parte del año.

Las lluvias en general se producen a través de toda la cuenca de 15 a 25 días promedios de lluvia por mes durante la estación lluviosa (mayo-noviembre). La mayor humedad promedio anual se concentra en las partes cercanas a las depresiones y altas de las montañas, conforme se avanza al suroeste la humedad tiende hacer menor hasta llegar adquirir valores más o menos constantes en la región baja de la cuenca.

La humedad relativa de la parte baja de la cuenca presenta durante la época seca un promedio que oscila entre 82.2% y 84.5%, mientras en la época lluviosa el promedio oscila entre 85.3% y 88.5%.

## 5.3. Características de la cuenca. Río principal y afluente

La ubicación geográfica de Panamá y muy particularmente la provincia de Chiriquí, así como su forma, orientación y relieve, determinan la distribución temporal y espacial de la lluvia, y por ende, de los caudales así como los rendimientos en las diferentes regiones del país.

Por otro lado, las características geomorfológicas y tipo de suelos, influyen sobre la longitud, pendiente y orientación de los cursos de agua, así como en la capacidad de retención de las cuencas hidrográficas.

Los ríos del país parten de la divisoria continental (la cordillera central) y distribuyéndose en dos vertientes, la del Pacífico, que abarca el 70% del territorio nacional, y la del Caribe o Atlántico que ocupa el 30% restante. Los ríos, en términos generales, presentan un corto recorrido en dirección hacia las costas, esto debido al ancho territorial limitado que conforma a Panamá.

El proyecto en estudio, cuenta con drenajes y quebradas y un río natural (Río Salado) sin registros, estas forman parte de la cuenca Nº 112 del Río San Félix, entre los ríos Fonseca y el Tabasará el cual se encuentra ubicado en la provincia de Chiriquí entre las coordenadas 8° 00' y 8° 30' de latitud norte y 81° 41' y 82° 00' de longitud oeste, presentando una elevación máxima de 2,226 m.s.n.m., tiene una longitud total de 67 Km y un área total de 1237.00 km<sup>2</sup>.

La cuenca 112 del Río San Félix cuenta con una estación hidrológica Localizada a aproximadamente 60 m. aguas arriba del puente del río San Félix, en la carretera interamericana, a 1 kilómetro del cruce de las Lajas en San Félix, en la provincia de Chiriquí, distrito de San Félix, corregimiento de San Félix, entre las coordenadas 8° 16' Latitud Norte y 81° 02' Longitud Oeste. Su elevación es de 60 msnm y el área de drenaje es de 281 Km<sup>2</sup>. En mayo de 1971, la estación fue equipada con un limnígrafo Stevens A- 35.

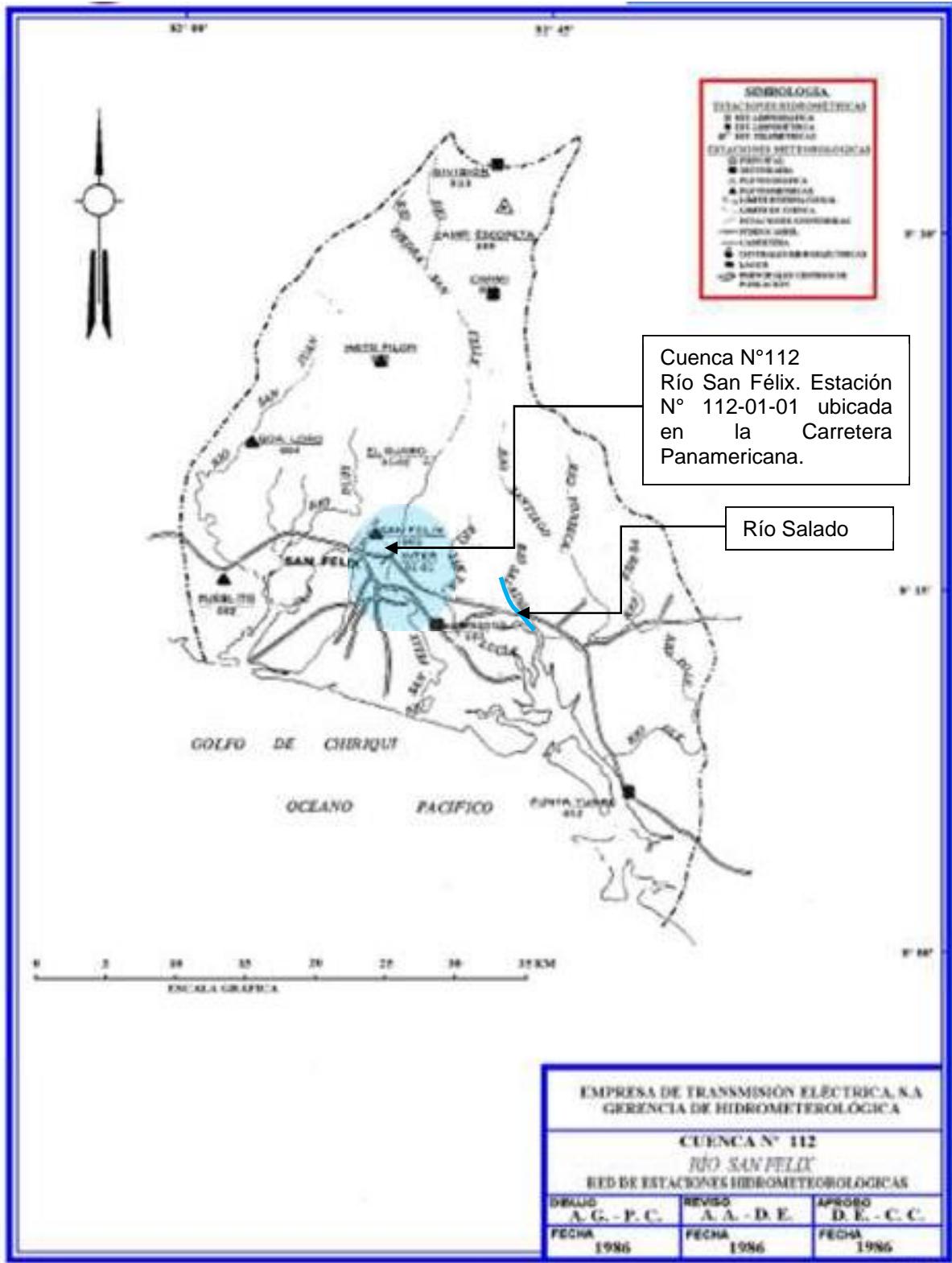
La cuenca registra una precipitación media anual de 336.6 mm. El 90 % de las lluvias ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el 10 % restante se registra entre los meses de diciembre a abril.

En nuestro caso particular, los Caudales Promedios Mensuales de referencia son tomados de la estación N° 112-01-01 ubicada en la Vía Interamericana; con Latitud 08°16', Longitud 81°52' y una elevación de 60m sobre el nivel del mar.



**Figura 3.** Cuencas Hidrográficas de Panamá. Fuente: Gerencia Hidrometeorología ETESA

Cabe resaltar el hecho que el recorrido de la quebrada no se encuentra dentro de áreas protegidas ni existe ninguna infraestructura cerca que ponga en peligro el adecuado funcionamiento de la misma.



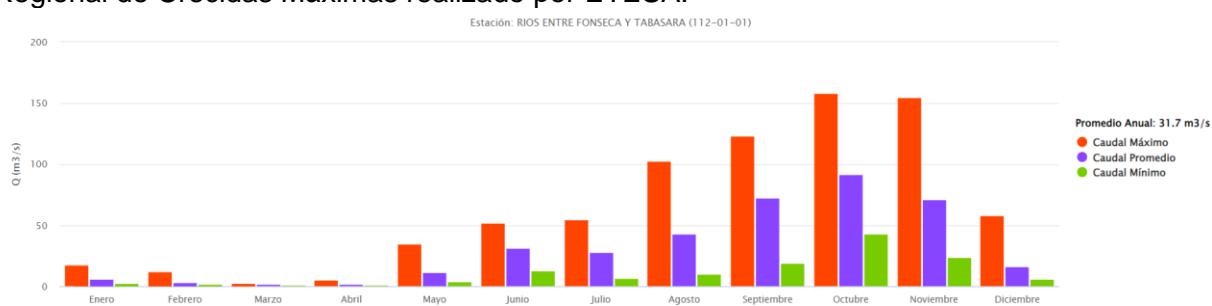
**Figura 4.** Cuenca del Río San Félix. **Fuente:** ETESA

### 5.3.1. Registro de Caudales

La ubicación geográfica de Panamá y muy particularmente la provincia de Chiriquí, así como su forma, orientación y relieve, determinan la distribución temporal y espacial de la lluvia, y por ende, de los caudales así como los rendimientos en las diferentes regiones del país.

Por otro lado, las características geomorfológicas y tipo de suelos, influyen sobre la longitud, pendiente y orientación de los cursos de agua, así como en la capacidad de retención de las cuencas hidrográficas.

En nuestro caso particular, los Caudales Promedios Mensuales de referencia son tomados de la estación Hidrológica – convencional N° 112-01-01 ubicada en el Río San Félix; con área de drenaje de 257 km<sup>2</sup> y caudal máximo promedio 158.4 m<sup>3</sup>/s, según el Análisis Regional de Crecidas Máximas realizado por ETESA.



**Figura 6.** Información de caudales promedios de la estación escogida. **Fuente:** ETESA, Gerencia de Hidrometeorología

Tiempo(mes)	Ene	Fer	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax(m <sup>3</sup> /s)	17.5	12.6	2.9	5.2	34.9	52.1	54.6	102.4	123	158.4	155.1	58.5

### 5.4. Estimación de Caudales de Diseño

#### 5.4.1. Método de Regionalización de Caudales

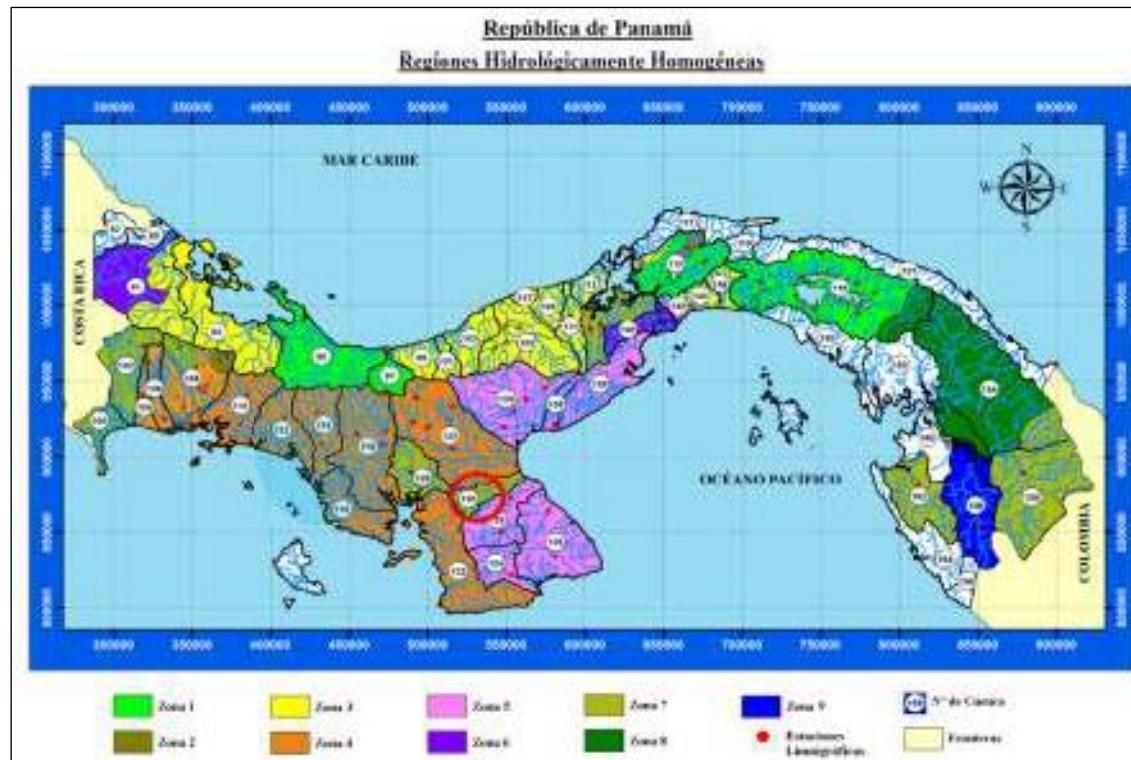
La Gerencia de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA) desarrolló una metodología basada en el Método del Índice de Crecientes. Para la elaboración del Análisis Regional de Crecidas Máximas, se consideró la información básica registrada en 79 estaciones hidrológicas operadas por la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA, 6 estaciones hidrológicas manejadas por la Autoridad del Canal de Panamá; dando un total de 85 estaciones hidrológicas consideradas en este estudio.

El Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá conforma una aplicación que permite estimar los caudales para diseño de estructuras hidráulicas con distintos períodos 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.

Los pasos básicos utilizados para realizar el análisis regional de crecidas máximas fueron los siguientes:

- Recopilación de las crecidas máximas: datos de estaciones activas y suspendidas operadas por ETESA; y de estaciones operadas por la Autoridad del Canal de Panamá.
- Análisis de consistencia: comparación de niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río; verificación de crecidas máximas históricas registrados en el país con la envolvente de crecidas máximas para Centroamérica.
- Revisión de las curvas de descarga y ajustarlas, de ser necesario.
- Extensión y relleno de la información de caudales máximos instantáneos: mediante el análisis del comportamiento y la tendencia persistente de los niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río.
- Homologación del periodo de análisis.
- Determinación la ecuación que relaciona la crecida promedio anual con el área de la cuenca.
- Elaboración de la curva de frecuencia adimensional que relaciona el caudal máximo instantáneo anual con el promedio del registro, en función de las probabilidades.
- Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas.
- Elaboración del mapa que muestra las distintas regiones hidrológicas.

Como resultado del Análisis de Regionalización se ha elaborado el Mapa que se presenta en la Figura 7 y la Tabla de Ecuaciones que se indica (Tabla 1).



**Figura 7.** Mapa de las regiones hidrológicamente homogéneas de Panamá

**Tabla 1.** Ecuaciones de Estimación de Caudales Máximos para cada Región

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{\max} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{\max} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{\max} = 23A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{\max} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{\max} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{\max} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{\max} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{\max} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{\max} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Por su parte, en la Tabla 2 se presentan los factores de frecuencia que se deben usar para estimar los caudales asociados a determinadas recurrencias en función de los caudales índice previamente calculados con las ecuaciones de la Tabla 1.

**Tabla 2.** Factores de Frecuencia

<i>Tr, años</i>	<i>Factores Qmáx./Qprom.máx para distintos Tr.</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
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	

Para la aplicación del Método de Regionalización a este estudio debe tenerse en cuenta que la cuenca se ubica en la Zona 4, para la cual la ecuación de cálculo del caudal índice es la siguiente:

$$Q_{\max} = 25A^{0.59}$$

De esta manera, los caudales asociados a recurrencias variables de a 50 años se presentan en el siguiente caudal máximo:

$$Q \text{ max} = 97.26 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 5.4.2. Método Racional

Para la obtención del caudal que maneja el afluente involucrado se procederá a utilizar un método de cálculo de Escorrentía-Precipitación; el Método Racional como uno de los métodos más simples y efectivos para calcular el caudal máximo. Se trabajará con un período de retorno de 50 años.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

En donde, Q= caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$

C = coeficiente de escorrentía

i = intensidad de precipitación ( $\text{mm/h}$ )

A = área de drenaje de la cuenca ( $\text{Ha}$ ).

Para la intensidad de precipitación se calculó el tiempo de concentración, o sea el tiempo que demora la lluvia al caer desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de salida. Para el cálculo del tiempo de concentración se utilizó la fórmula de Johnston y

Cross (1949) que utiliza la pendiente promedio y la longitud del canal principal de la cuenca.

$$= \frac{0.871L^3}{\Delta}^{0.385}$$

En donde  $t_c$  = tiempo en horas

$L$ = longitud esta en kilómetros

$\Delta h$ = diferencia de cotas en m.

- Se consideró tomar como coeficiente de escorrentía para la cuenca, basado en estudios hidrológicos anteriores.

Coeficiente de Escorrentía	Observaciones
0.5	Suelo franco - húmedo arcillosos. Vegetación herbácea

- Se consideró para la intensidad de precipitación las fórmulas establecidas en las especificaciones del MOP y para la vertiente del Pacífico.

$$i = \frac{370}{33 +}$$

En donde  $i$  = intensidad de lluvia en pulg/h

$t_c$  = tiempo de concentración en minutos

Los caudales obtenidos por el Método Racional serán utilizados en la simulación hidrológica, sin embargo serán comparados con caudales promedios anuales obtenidos de las estadísticas de estaciones hidrológicas (cercañas a la zona de estudio) proporcionadas de la base de datos de ETESA como referencia.

El cálculo de las áreas de drenaje, la longitud y las pendientes promedios se obtuvieron de mosaicos correspondientes a la zona (escala 1:50 000) del Instituto Nacional Geográfico Tommy Guardia.

A continuación presentamos los cálculos y los resultados obtenidos mediante el método Racional.

**CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA CUENCA DE APORTE**

CUENCA	RÍO /QUEBRADA	ÁREA		Lc. (KM)	ELEVACIÓN		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN		INTENSIDAD	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	CAUDAL HIDROLÓGICO (m <sup>3</sup> /seg)
		m <sup>2</sup>	KM <sup>2</sup>		MÁX.	MÍN.	CALCULADO	ADOPTADO			
1	Río Saldo	7528540.67	7.5285	6.610	500.00	100.00	46.10	46	109.12	0.5	<b>114.095</b>
2	Quebrada Espavé	4196642.66	4.1966	3.233	140.00	10.00	31.11	31	133.14	0.5	<b>77.604</b>
3	Quebrada sin nombre 1	460575.83	0.4606	1.380	140.00	10.00	11.64	12	186.44	0.5	<b>11.926</b>
4	Quebrada sin nombre 2	223643.26	0.2236	0.850	100.00	10.00	7.66	8	203.04	0.5	<b>6.307</b>

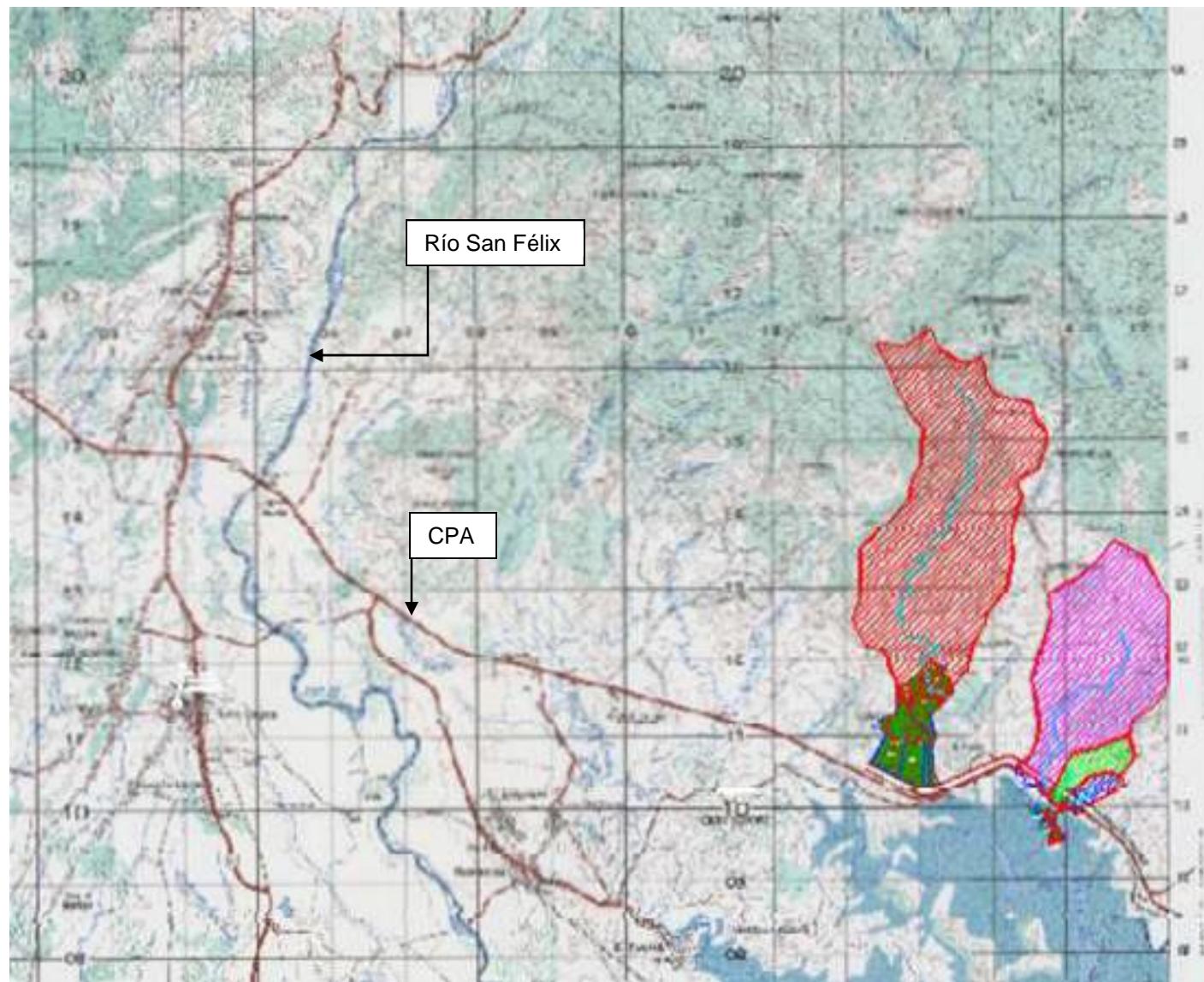


Fig. 5. Trazado de la cuenca involucrada. Fuente: Mapa de Base Mosaico de ITG. Hoja 3840-IV-Las Lajas.

SIMBOLOGÍA	
	CUENCA 1. RÍO SALADO
	CUENCA 2. QUEBRADA ESPAVE
	CUENCA 3. QUEBRADA SIN NOMBRE
	CUENCA 4. QUEBRADA SIN NOMBRE

## 6. Estudio Hidráulico

La simulación del comportamiento del cauce en la zona del cruce con el alineamiento del Proyecto se llevó a cabo mediante la aplicación del modelo hidráulico HEC-RAS River Analysis System 4.0.

Ecuaciones para el cálculo de perfiles

El perfil de agua superficial se calcula a partir de una sección a la siguiente, resolviendo la ecuación de energía con un procedimiento iterativo llamado el método secuencial estándar.

La Ecuación de Energía se escribe como sigue:

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Donde

Z1, Z2: elevación del canal principal

Y1, Y2: profundidad de agua de las secciones transversales

V1, V2: velocidades medias (descarga total / área de flujo total)

a1, a2: coeficientes de ponderación de velocidad

g : aceleración de la gravedad

he: pérdida de carga

La pérdida de carga de energía (he) entre dos secciones transversales se compone de las pérdidas por fricción y la contracción o expansión de las pérdidas. La ecuación para la pérdida de la energía es la siguiente:

$$h_e = L \bar{S}_f + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right|$$

Donde

L: longitud de descarga ponderada

S: pendiente entre dos secciones

C: la expansión o la pérdida de coeficiente de contracción

La distancia de alcance media, L, se calcula como:

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

Donde

Llob, Lch, Lrob: sección transversal especificada para alcanzar longitudes de flujo en la ribera izquierda, canal principal, y el derecho de ribera, respectivamente

Qlob, Qch, Qrob = media aritmética de los flujos entre las secciones de la ribera izquierda, el canal principal, y ribera derecha, respectivamente

Subdivisión de Secciones transversales para los cálculos de transporte medio

La determinación de transporte total y el coeficiente de velocidad para una sección transversal de flujo requieren que se subdivida en unidades en las que la velocidad está distribuida uniformemente. El enfoque utilizado en HEC-RAS es subdividir el flujo en las áreas de ribera

El transporte se calcula en cada subdivisión con la ecuación de Manning

$$Q = kS^{\frac{1}{2}}$$

$$k = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}}$$

Donde

K: medio de transporte para la subdivisión

n: coeficiente de rugosidad de Manning para la subdivisión

A: área de flujo para la subdivisión

R : radio hidráulico para la subdivisión (área / perímetro mojado)

El programa suma todos los incrementos del transporte en la ribera para obtener un transporte para la ribera izquierda y la ribera derecha. El transporte del canal principal de la sección transversal se obtiene sumando los medios de transporte de la subdivisión (izquierda, el canal y la derecha)

## 6.1. Estrategias de Modelación

Para la aplicación del modelo se consideraron las secciones de los levantamientos de campo y se estimaron los coeficientes de rugosidad del cauce principal y de la llanura de inundación teniendo en cuenta las características físicas de la zona y de los fenómenos de la naturaleza que en ella se originan.

El cauce principal está compuesto en general por lechos conformados por material aluvional de granulometría variada, con un mayor porcentaje en el rango arenas a grava.

La rivera del río presenta condiciones variables, compuesto por hierbas, matorrales y arboles de mayor tamaño.

Coeficiente de Manning para el canal principal: 0.028

Coeficiente de Manning para la llanura de inundación: 0.030

Para las condiciones de contracción y expansión entre estaciones sucesivas, usadas en el cálculo de pérdidas de carga a lo largo del curso se adoptaron los valores por defecto del modelo, ya que en general el cauce no presenta variaciones abruptas de su geometría transversales a lo largo del segmento en estudio.

Coeficiente de Contracción: 0.1  
 Coeficiente de Expansión: 0.3

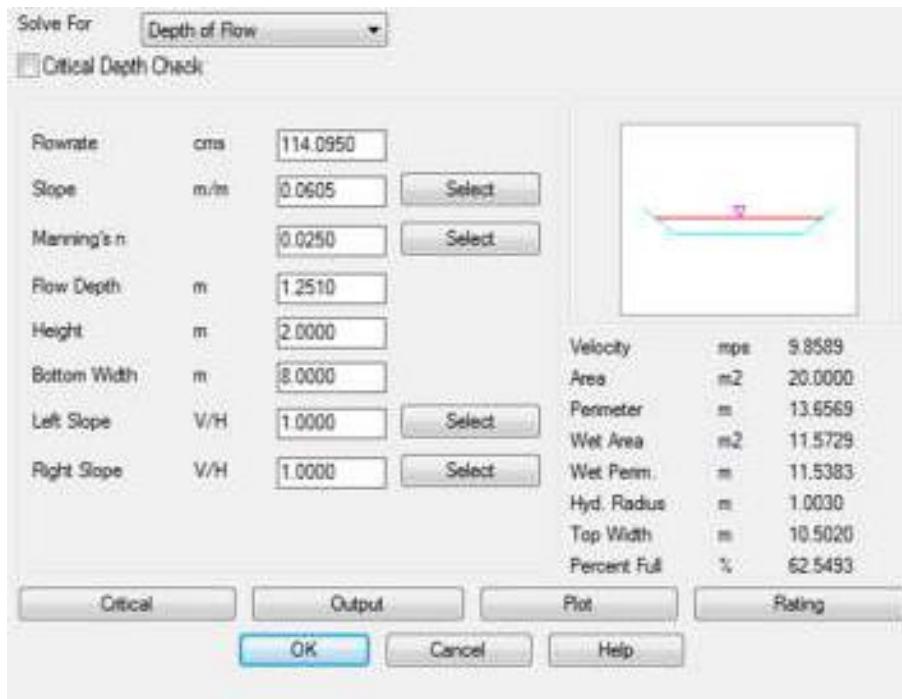
CUENCA	RIO /QUEBRADA	CAUDAL HIDROLÓGICO (m <sup>3</sup> /seg)
1	Río Saldo	<b>114.095</b>
2	Quebrada Espavé	<b>77.604</b>
3	Quebrada sin nombre	<b>11.926</b>
4	Quebrada sin nombre	<b>6.307</b>

## 6.2. Sección típica de Canalización

En función del estudio hidráulico e hidrológico realizado mediante HEC-RAS y del cálculo hidráulico realizado mediante el Civil 3d, se ha propuesto la siguiente sección hidráulica para el canal trapezoidal de los ríos y quebradas:

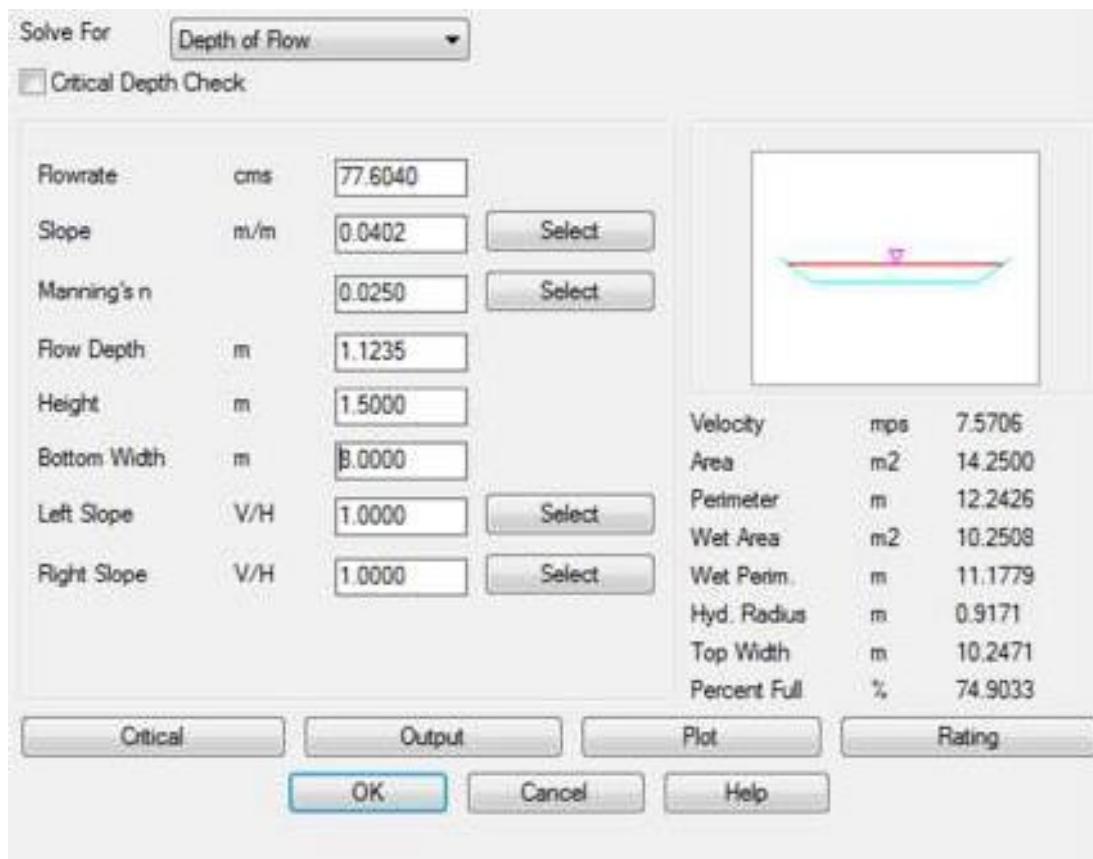
### Río Salado

QD(m <sup>3</sup> /s)	N	S (m/m)	V/H	B (m)	H agua (m)
114.095	0.025	0.0605	1	8.00	1.25



## Quebrada Espavé

QD(m <sup>3</sup> /s)	N	S (m/m)	V/H	B (m)	H agua (m)
77.604	0.025	0.0402	1	8	1.12



- Se recomienda canalizar la Quebrada Espavé y subir los niveles de terracería 1.00 mts por encima de la altura máxima de agua.

**Quebrada Sin Nombre 1**

QD(m <sup>3</sup> /s)	N	S (m/m)	V/H	B (m)	H agua (m)
11.926	0.025	0.094	1	1.50	0.73

Solve For: Depth of Flow

Critical Depth Check

Flowrate	cms	11.9260	
Slope	m/m	0.0940	Select
Manning's n		0.0250	Select
Flow Depth	m	0.7329	
Height	m	1.0000	
Bottom Width	m	1.5000	
Left Slope	V/H	1.0000	Select
Right Slope	V/H	1.0000	Select
Velocity	mps	7.2874	
Area	m <sup>2</sup>	2.5000	
Perimeter	m	4.3284	
Wet Area	m <sup>2</sup>	1.6365	
Wet Perim.	m	3.5730	
Hyd. Radius	m	0.4580	
Top Width	m	2.9658	
Percent Full	%	73.2908	

Critical      Output      Plot      Rating

OK      Cancel      Help

**Quebrada Sin Nombre 2**

QD(m <sup>3</sup> /s)	N	S (m/m)	V/H	B (m)	H agua (m)	V (m/s)
6.307	0.025	0.106	1	2	1.25	4.56

Solve For: Depth of Flow

Critical Depth Check

Flowrate	cms	6.3070	
Slope	m/m	0.1060	Select
Manning's n		0.0250	Select
Flow Depth	m	0.5438	
Height	m	0.8000	
Bottom Width	m	1.2500	
Left Slope	V/H	1.0000	Select
Right Slope	V/H	1.0000	Select
Velocity	mps	6.4663	
Area	m <sup>2</sup>	1.6400	
Perimeter	m	3.5127	
Wet Area	m <sup>2</sup>	0.9754	
Wet Perim.	m	2.7880	
Hyd. Radius	m	0.3498	
Top Width	m	2.3375	
Percent Full	%	67.9695	

Critical      Output      Plot      Rating

OK      Cancel      Help

## 7. CONCLUSIONES.

- La simulación hidrológica realizada a los ríos y quebradas se basaron en parámetros de máxima crecida según los datos de caudal y resultados del método racional aplicado anteriormente. Estos resultados mostraron cotas inundables de las secciones del canal de drenaje que no afectan las cotas del borde alto del terreno natural, principalmente en el Río Salado, la Quebrada Sin Nombre 1 y 2.
- Se recomienda canalizar la Quebrada Espavé y subir los niveles de terracería 1.00 mts por encima de la altura máxima de agua.
- Para el río San Bartolo y la Quebrada Espavé se estableció un área de protección de 10.00 metros a ambos lados de los bordes altos.
- Para las quebradas sin nombre 1 y 2 se estableció un área de protección de 3 metros a ambos lados de los bordes altos.

## ANEXO 1. MAPAS.



Mapa 1 .Estaciones Hidrológicas por Cuenca de Panamá. Fuente: ETESA, Gerencia Hidrometeorología.

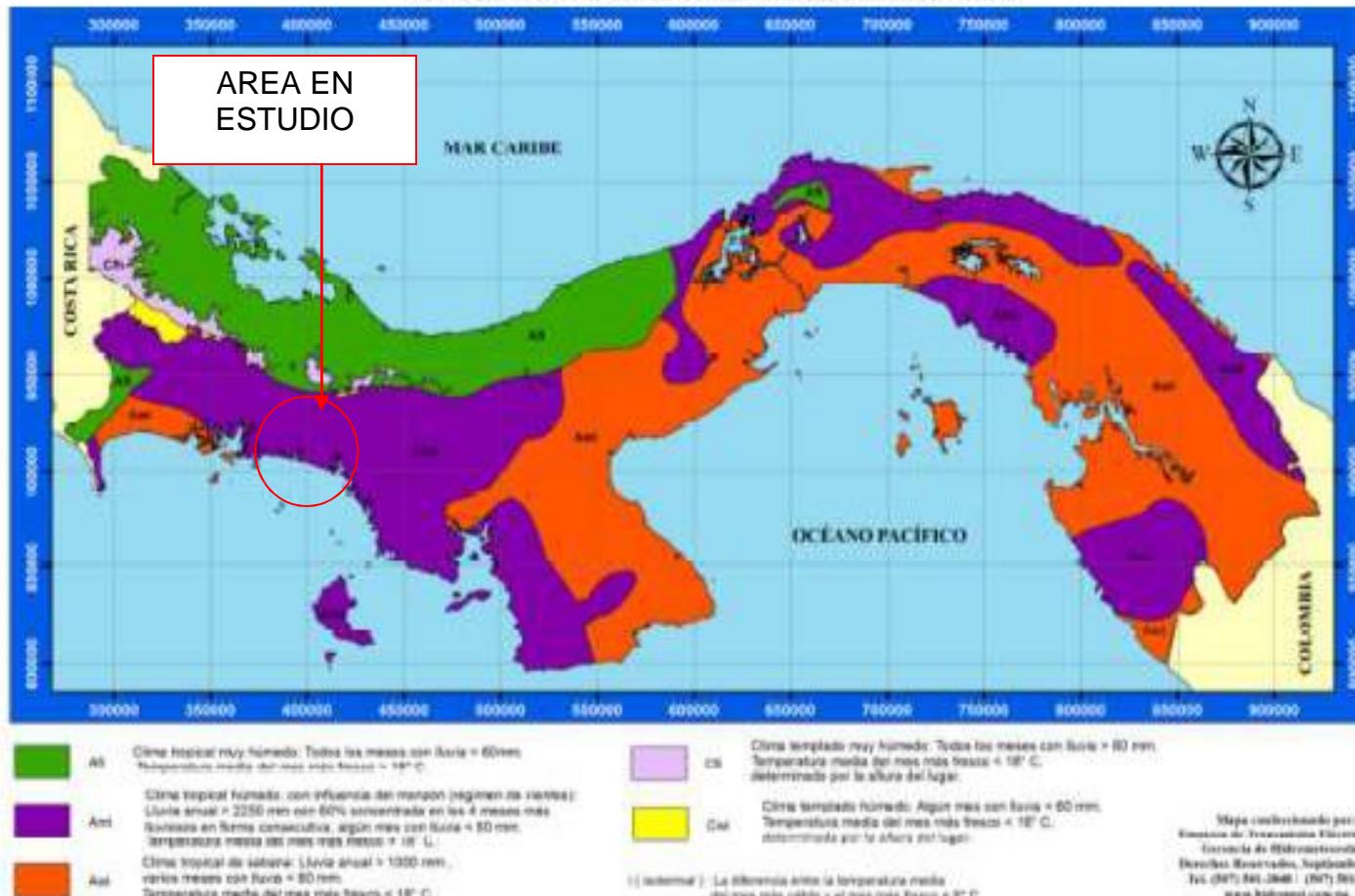


Mapa 2. Cuencas Hidrográficas de Panamá. Fuente: Gerencia Hidrometeorología ETESA.

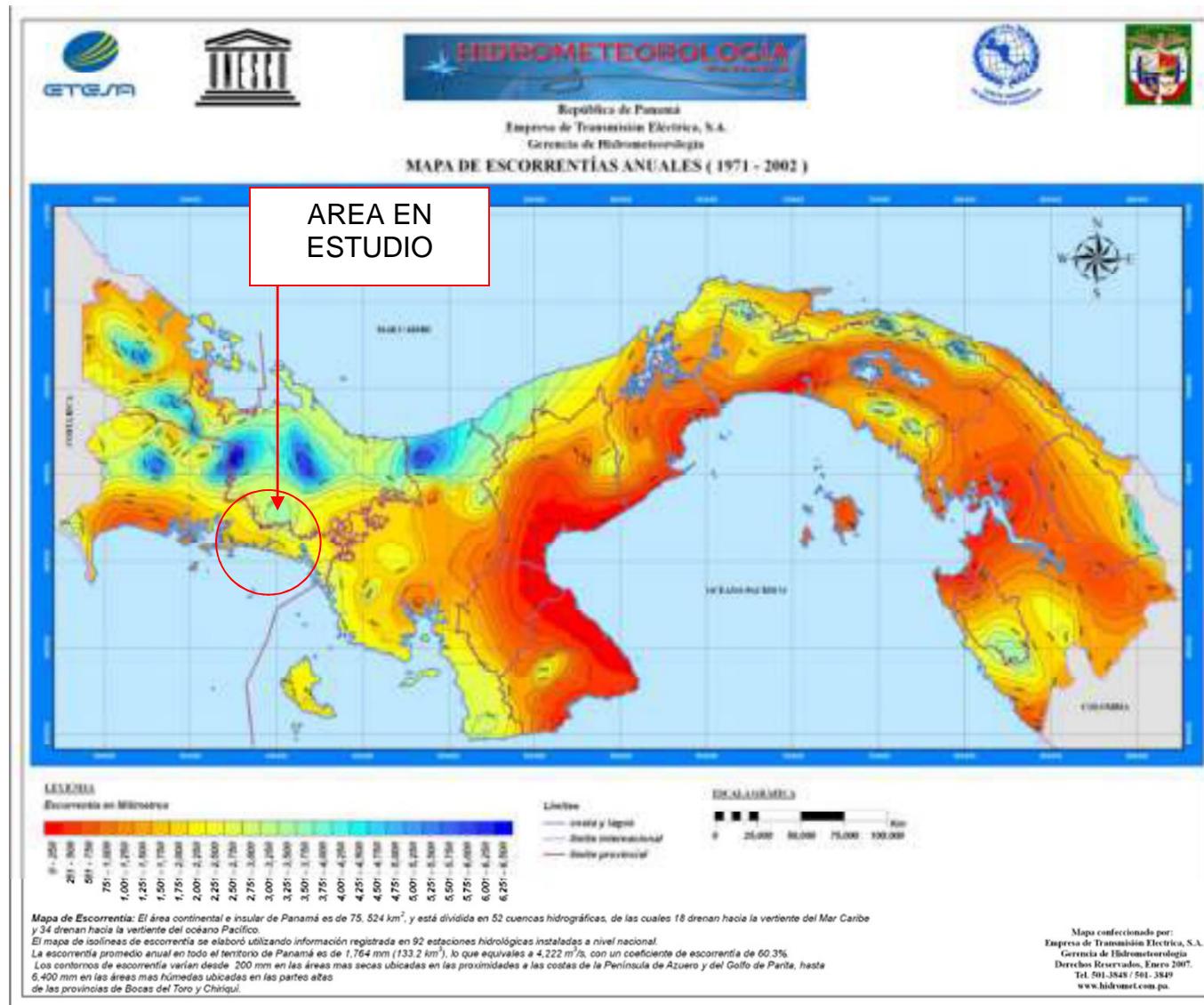


República de Panamá

### Mapa de Clasificación Climática (según KÖPPEN)



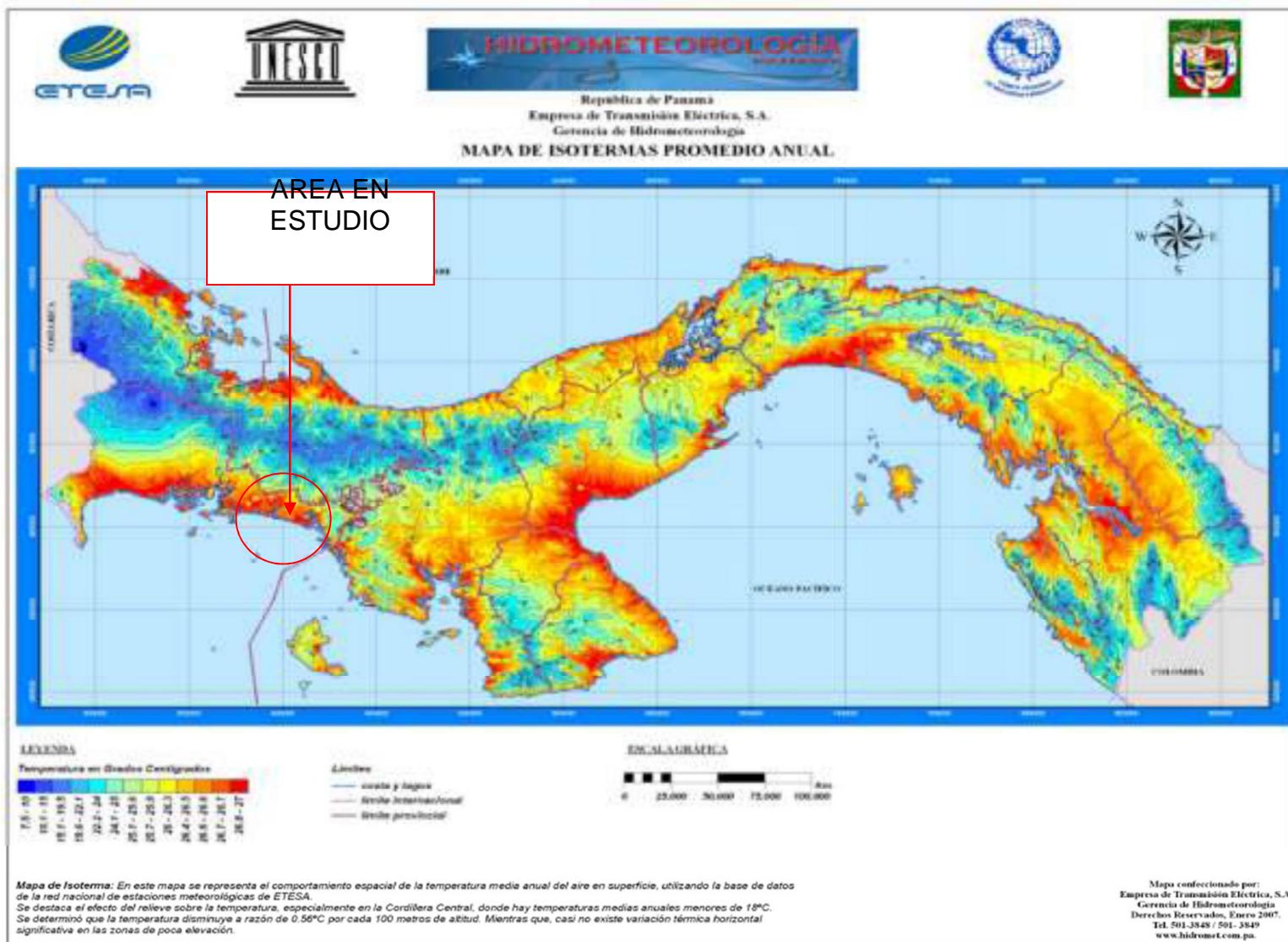
**Mapa 3. Clasificación climática. Fuente: ETESA, Gerencia Hidrometeorología.**



**Mapa 4.** Escorrentía Superficial Anual. Fuente: ETESA, Gerencia Hidrometeorológica.



Mapa 5. Cobertura Boscosa y Uso de la Tierra. Fuente: ANAM



Mapa 6. Temperatura Promedio Anual. Fuente: ETESA, Gerencia de Hidrometeorología.

