

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

INFORME CALCULO DEL CAUDAL EN LA QUEBRADA SIN NOMBRE

PROMOTOR: PARQUE AGROINDUSTRIAL KM 29, S.A

**La Planta de Sacrificio, deshuese, cortes, empaque, almacenamiento y
distribución para 300-500 reses**

Elaborado por:

LEONIDAS M. RODRÍGUEZ R.

Ingeniero Hidráulico.

C.I. N° 94-046-001

Ced: 8-208-1419

04 octubre 2022

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Alcances del informe
- 1.2. Descripción del proyecto

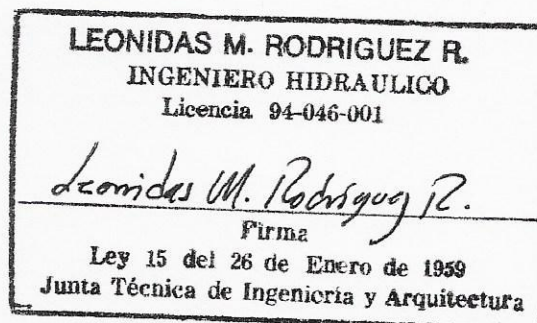
2. ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA

- 2.1. Hidrología e Hidráulica
 - 2.1.1. Información Cartográfica
 - 2.1.2. Información Climatológica y Precipitación
 - 2.1.2.1 Clasificación del Clima.
 - 2.1.2.2 Precipitación.
- 2.2. Fundamentos teóricos para el cálculo de caudales máximos

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. ANEXOS

5. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA



Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Alcances del informe

El proyecto consiste en determinar la crecida máxima en la Quebrada sin nombre. Para verificar el funcionamiento de la alcantarilla existente en carretera Santiago-Soná, localizada en las coordenadas X: 478288; Y: 889334, Z: 53. Que dicha alcantarilla pueda evacuar la crecida máxima sin ningún problema.

La cuenca de la Quebrada sin nombre se encuentra ubicado en la provincia de Veraguas, dentro de la cuenca 120 Río San Pedro- Subcuenca Río Mamey. Cerca del poblado Las Peñitas.

El presente informe hidrológico e hidráulico es verificar el comportamiento de la Quebrada sin nombre en las cercanías de la propiedad.

El estudio tiene como objetivo la recopilación de datos para el análisis de las precipitaciones en la zona de ubicación de la obra, para que, a través un análisis sistemático apropiado, sea posible la estimación de las precipitaciones máximas esperadas y la revisión el comportamiento de los drenajes naturales para la apropiada evacuación de las tormentas.

El objetivo principal del Estudio hidrológico es la definir que los drenajes naturales tienen la suficiencia capacidad para manejar los caudales, para periodo de retorno de 100 años; a través del sistema natural de drenaje; en particular, en las zonas donde se ubican las estructuras.

1.2. Descripción del proyecto

La empresa **Parque Agroindustrial Km 29, S.A** es promotora de **La Planta de Sacrificio, deshuese, cortes, empaque, almacenamiento y distribución para 300-500 reses**, ubicado en la carretera Santiago-Soná, en el Distrito La Mesa, Corregimiento La Mesa, Provincia de Veraguas. En visita realizada por MIAMBIENTE se ha solicitado determinar la crecida máxima de la alcantarilla que se presenta en la figura No. 1.

En la siguiente memoria técnica se plantean los cálculos necesarios para el sistema natural de drenaje de la Quebrada sin nombre cercana al proyecto del Matadero. Que la escorrentía pueda ser evacuada sin contratiempos del área del proyecto.

Se hará una estimación sobre la cantidad de agua lluvia con mayor intensidad, que se ha presentado en la zona y para un periodo de diseño de 100 años. Esto atendiendo a

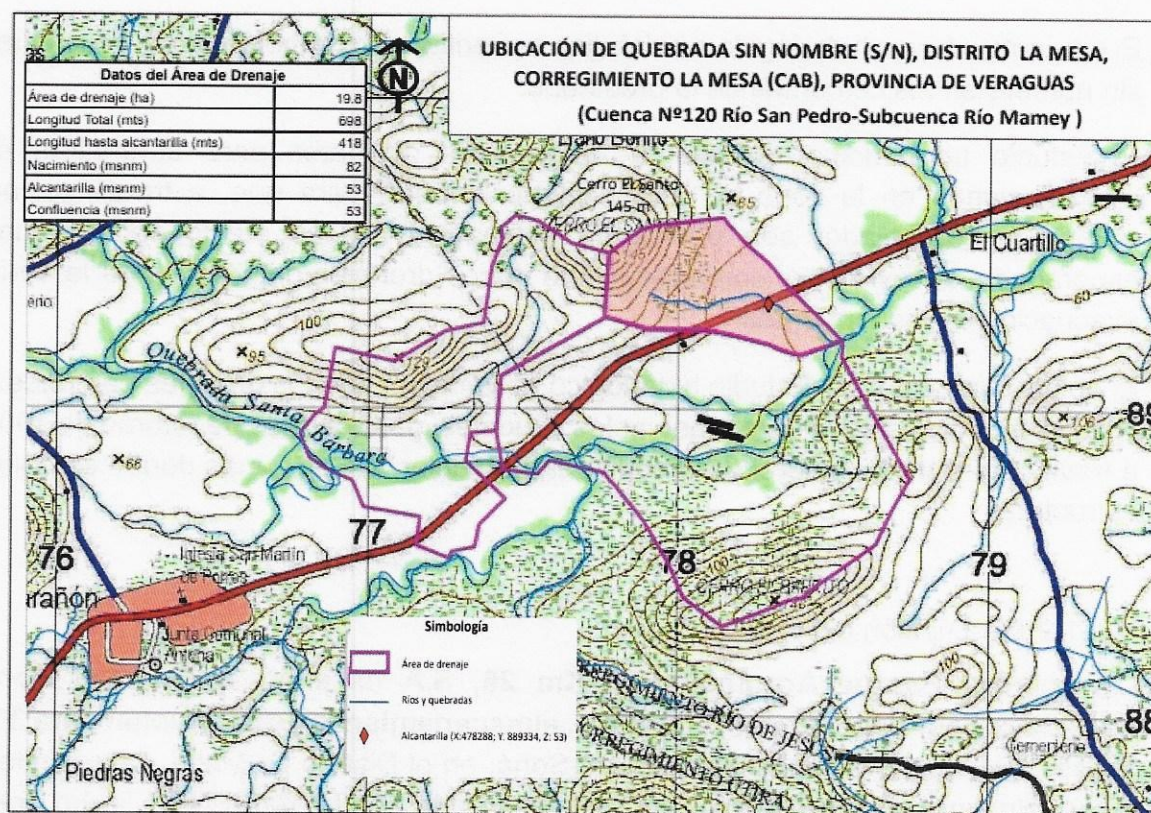
Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

solicitud del dueño, a precipitaciones con intensidades de cortas y medias duraciones como características de la zona.

Para la revisión del sistema del drenaje natural, se tomará en consideración el régimen de velocidades máximas y mínimas permitidas para canales naturales abiertos válidas para nuestro país, según normas del USBR¹.

La Quebrada en estudio nace en el Cerro El Santo al norte de la Carretera Santiago-Soná, discurre al noreste, formando parte de un sistema de drenajes naturales de la zona, ver figura No 1. La Quebrada sin nombre es afluente de la Quebrada Santa Barbara, siendo este el principal drenaje en las cercanías del proyecto del **La Planta de Sacrificio deshuese, cortes, empaque, almacenamiento y distribución para 300-500 reses.**

Figura No. 1



Coordenadas de la alcantarilla. X: 478288; Y: 889334, Z: 53

Simbología

Área de drenaje

Ríos y quebradas

Figura No. 2 Red de drenaje del área en est

¹ United State Bureau of Reclamation

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

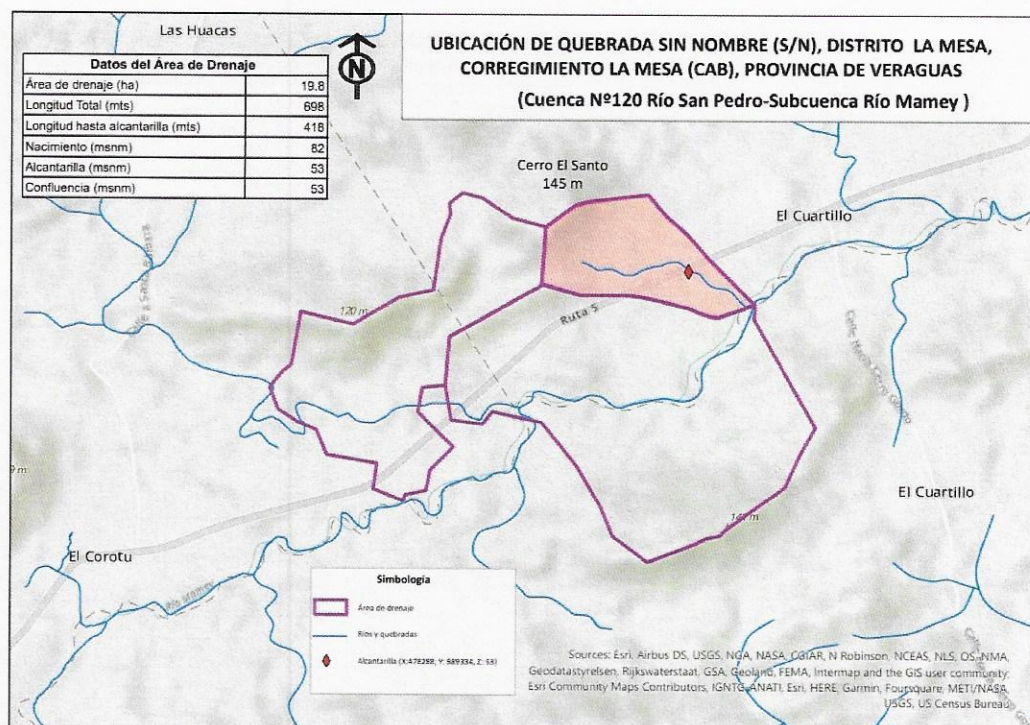


Figura No. 3 Red de drenaje e infraestructuras en Google Maps

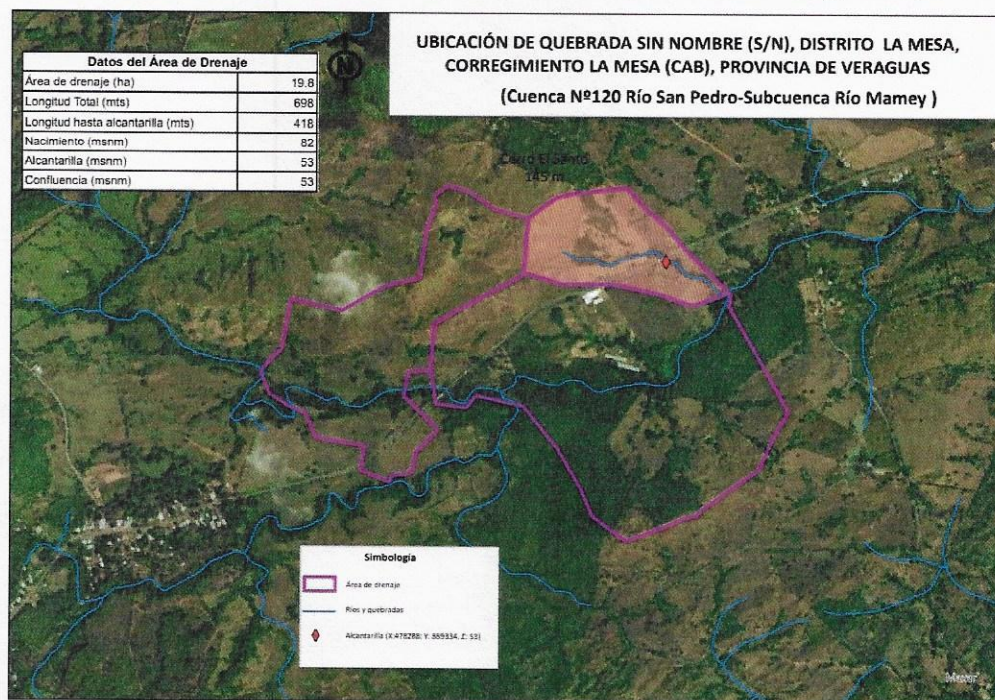
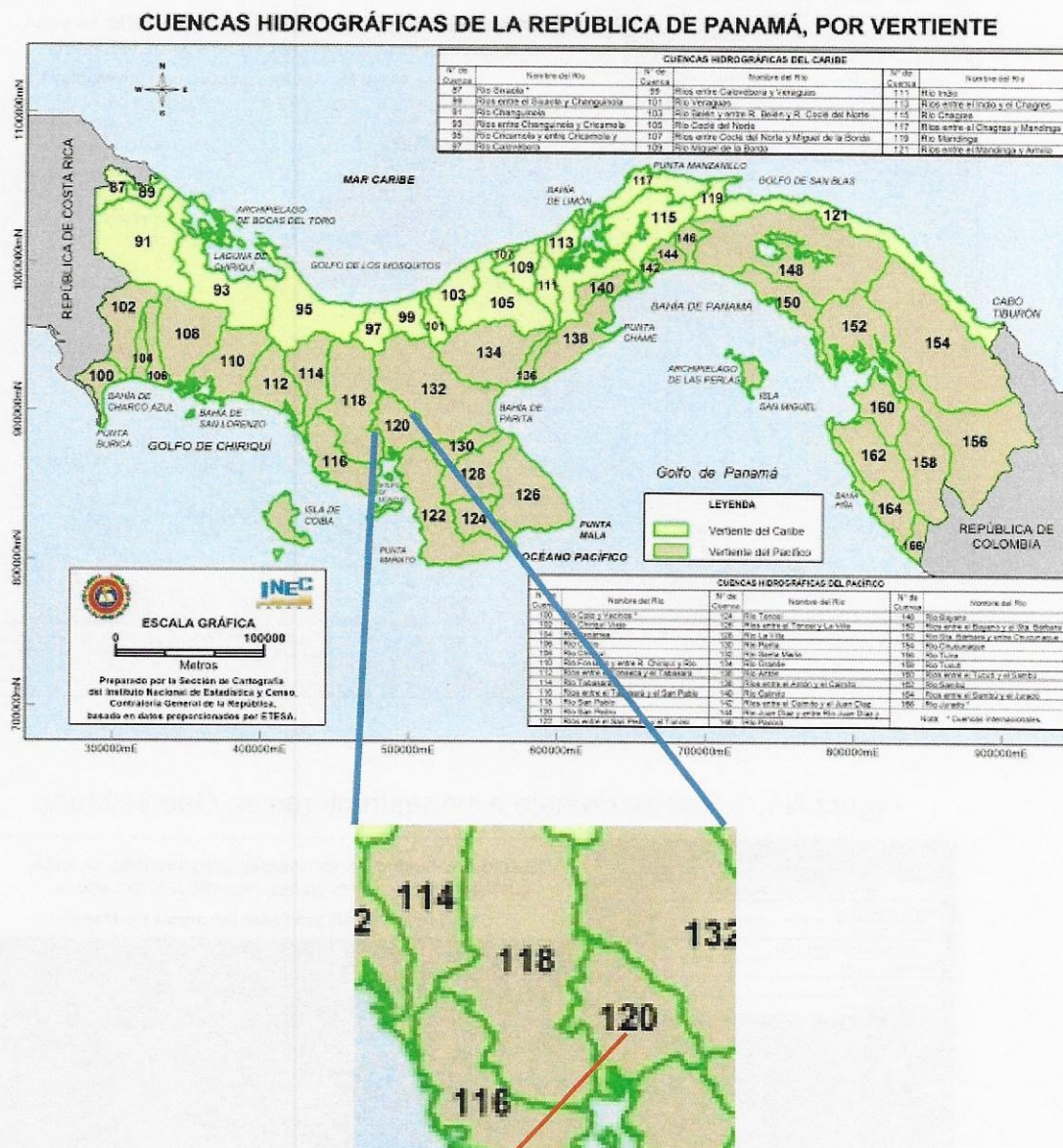


Figura No. 4 Cuencas Hidrográficas de La República de Panamá

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.



Cuadro No. 1 Lista de las cuencas hidrográficas de Panamá

CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL PACÍFICO					
N° de Cuenca	Nombre del Río	N° de Cuenca	Nombre del Río	N° de Cuenca	Nombre del Río
100	Rio Coto y Vecinos *	124	Rio Tonosi	148	Rio Bayano
102	Rio Chiriquí Viejo	126	Rios entre el Tonosi y La Villa	150	Rios entre el Bayano y el Sta. Bárbara
104	Rio Escárrea	128	Rio La Villa	152	Rio Sta. Bárbara y entre Chucunaque
106	Rio Chico	130	Rio Parita	154	Rio Chucunaque
108	Rio Chiriquí	132	Rio Santa María	156	Rio Tuira
110	Rio Fonseca y entre R. Chiriquí y Rio	134	Rio Grande	158	Rio Tucuti
112	Rios entre el Fonseca y el Tabasará	136	Rio Antón	160	Rios entre el Tucuti y el Sambú
114	Rio Tabasará	138	Rios entre el Antón y el Caimito	162	Rio Sambú
116	Rios entre el Tabasará y el San Pablo	140	Rio Caimito	164	Rios entre el Sambú y el Juradó
118	Rio San Pablo	142	Rios entre el Caimito y el Juan Díaz	166	Rio Jurado *
120	Rio San Pedro	144	Rio Juan Díaz y entre Rio Juan Díaz y		
122	Rios entre el San Pedro y el Tonosi	146	Rio Pacora		

Nota: * Cuencas Internacionales.

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

En las figuras No. 2 y No. 3 se aprecia la red de drenaje en el área de estudio. Se aprecia un adecuado drenaje natural de la zona.

En la figura No. 4 y los detalles se presenta la cuenca 120 Río San Pedro- Subcuenca Río Mamey.

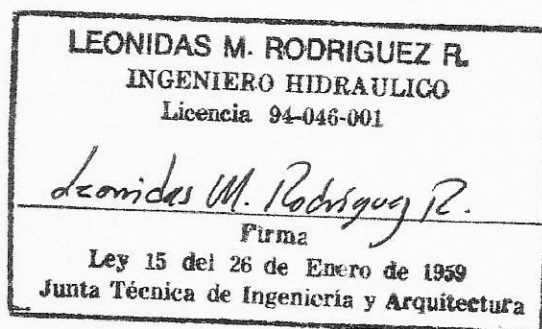
Para determinar de manera adecuada la escorrentía es necesario definir el tipo de suelo del área de drenaje.

Se ha obtenido las características del suelo de la cuenca del "Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá, Dirección de Recursos Minerales-CATAPLAN²", ver el Cuadro No 2

Cuadro No. 2

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS QUEBRADA S/N									
Código	Superficie Ha	Drenaje	Textura	Profundidad Suelo Vegetal (m)	Material de Origen	Pendiente (%)	Erosión	Pedregosidad d	Capacidad de uso de suelo
OCNCf2leC10IV	13.904	Imperfecto	Arcillosa fina	Muy Profundos	Rocas ígneas extrusivas	8 a 20%	Pequeña a Moderada	Sin "Piedra a moderada	IV
OXWCf1leE11VII	6.081	Bien drenado		Profundos		45 a 75		Severa	VII
Fuente: Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá, Dirección de Recursos Minerales-CATAPLAN									

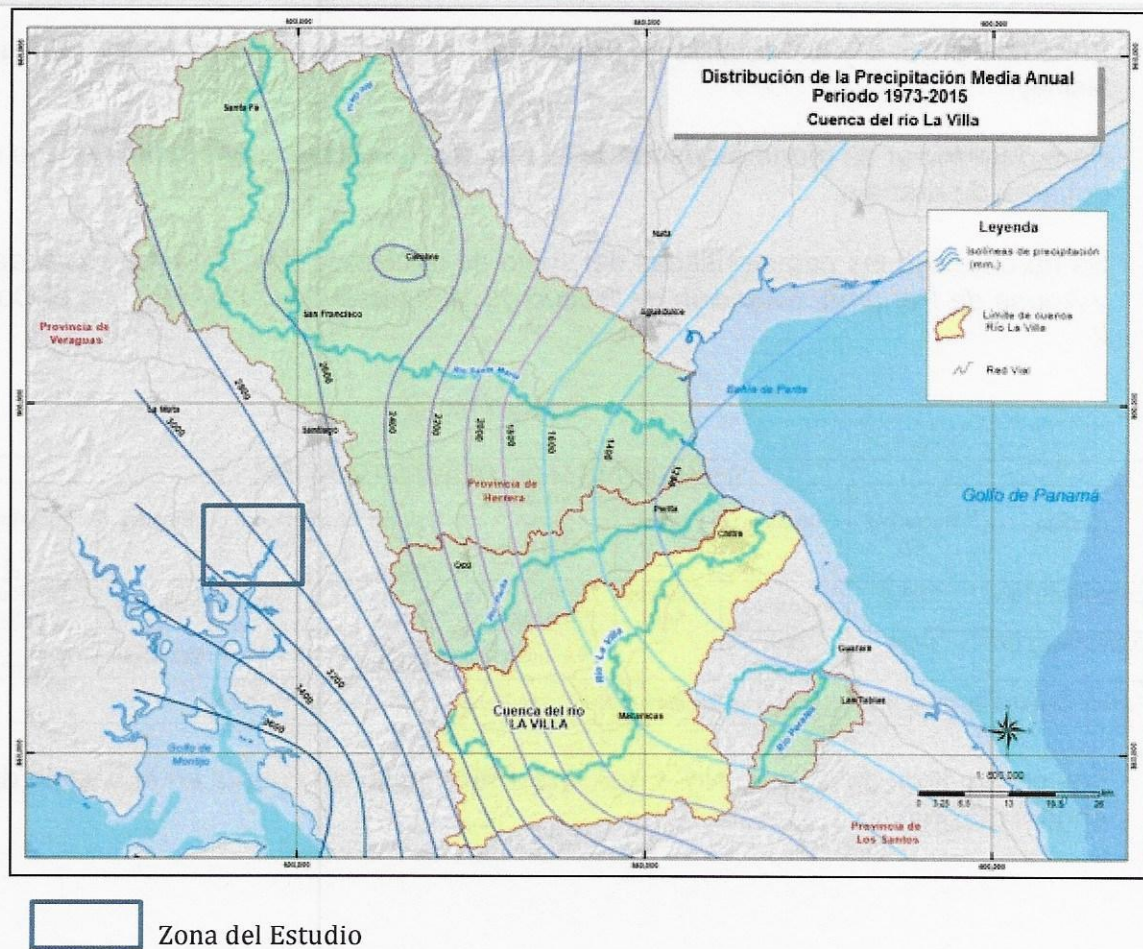
Los parámetros del cuadro No. 1 son importante tener en cuenta en el cálculo del caudal máximo.



² Catastro Rural de tierras y aguas de Panamá CATAPAN

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Figura No. 5 Mapa de isoyetas cuencas Río Santa María, Río Parita, Río La Villa
Distribución espacial de la precipitación media anual. Periodo 1973-2015



Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

2. ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA

2.1 Hidrología e Hidráulica

2.1.1 Información Cartográfica.

Para la identificación de las características de la cuenca de la zona se contó con un mapa topográfico escala 1:25000, con curvas a intervalo de 10 m.

Mapa cartográfico del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, escala 1:25000

Hoja 3940 II SW El Maraón

2.1.2. Información Climatológica y Precipitación

2.1.2.1 Clasificación del Clima

Panamá está ubicada en la zona intertropical próxima al Ecuador terrestre. Es una franja de tierra angosta orientada de Este a Oeste y bañada en sus costas por los océanos Atlántico y Pacífico.

Uno de los factores básicos en la definición del clima es la orografía, ya que el relieve no sólo afecta el régimen térmico produciendo disminución de la temperatura del aire con la elevación, sino que afecta la circulación atmosférica de la región y modifica el régimen pluviométrico general.

Las grandes masas oceánicas del Atlántico y Pacífico son las principales fuentes del alto contenido de humedad en nuestro ambiente y debido a lo angosto de la franja que separa estos océanos, el clima refleja una gran influencia marítima. La interacción océano-atmósfera determina en gran medida las propiedades de calor y humedad de las masas de aire que circulan sobre los océanos. Las corrientes marinas están vinculadas estrechamente a la rotación de la tierra y a los vientos.

El anticiclón semi permanente del Atlántico Norte, afecta sensiblemente las condiciones climáticas de Panamá, ya que desde este sistema se generan los vientos alisios del noreste que en las capas bajas de la atmósfera llegan a Panamá, determinando sensiblemente el clima de la República. Existe una zona de confluencia de los vientos alisios de ambos hemisferios (norte y sur) que afecta el clima de los lugares que caen bajo su influencia y que para nuestro país tiene particular importancia: la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual se mueve siguiendo el movimiento aparente del sol a través del año. Esta migración norte-sur de la ZCIT produce las dos estaciones (seca y lluviosa) características de la mayor parte del territorio. Los índices que dan los

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

límites entre diferentes climas en el sistema de clasificación climática de Köppen coinciden con los grupos de vegetación y se basan en datos de temperaturas medias mensuales, temperatura media anual, precipitaciones medias mensuales y precipitación media anual.

Este tipo de sistema de clasificación distingue zonas climáticas y, dentro de ellas, tipos de clima, de tal manera que resultan 13 tipos fundamentales de climas. Para Panamá, básicamente se han estipulado 2 zonas climáticas

- Zona A: Comprende los climas tropicales lluviosos en donde la temperatura media mensual de todos los meses del año es mayor de 18°C. En esta zona climática se desarrollan las plantas tropicales cuyos requerimientos son mucho calor y humedad, o sea, que son zonas de vegetación meso termal.
- Zona C: Comprende los climas templados lluviosos en que la temperatura media mensual más cálida es mayor de 10°C y la temperatura media mensual más fría es menor de 18°C, pero Mayor de -3°C. La vegetación característica de esta zona climática necesita calor moderado y suficiente humedad, pero generalmente no resiste extremos térmicos o pluviométricos, las zonas que se distinguen son de vegetación meso termal. Para el área específica del Proyecto según la clasificación de Köppen predominan dos de los cinco tipos de clima que imperan en el país:
- Clima tropical muy húmedo (Afi): lluvia copiosa todo el año, en el mes más seco la precipitación es de >60 mm, temperatura media del mes más fresco >18°, la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el más fresco < 5°.
- Clima tropical húmedo (Ami): precipitación anual Mayor de 2,500 mm, uno o más meses con precipitación menor 60mm, temperatura media del mes más fresco y del mes más cálido < 5°. Para el análisis de los parámetros climáticos se utilizó la estación meteorológica de David, Tipo A (108-023), cuyas coordenadas geográficas son 8°24' Norte y 82°25' Oeste y su elevación es El 27.0 m.

2.1.2.2 Precipitación

El promedio de precipitación pluvial es de 3,000 mm por año. El régimen de precipitación de esta zona varía sustancialmente, extendiéndose los meses de lluvia desde mayo hasta mediados de diciembre y la estación o periodo seco desde mediados de diciembre hasta el mes de abril. Se ha utilizado el mapa de isoyetas de la cuenca contigua ver figura No. 4.

Se ha realizado un análisis para determinar la intensidad de la tormenta para el cálculo del caudal,

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

$$P(T/t) = (0.21 \ln(T) + 0.52) * (0.54 t^{0.25} - 0.50) * P(10/60)$$

Donde:

$P(T/t)$ = Lluvia en mm de duración “t” (minutos) y periodo de retorno “T” (años)

T = Periodo de retorno (años)

t = Duración de la lluvia (minutos)

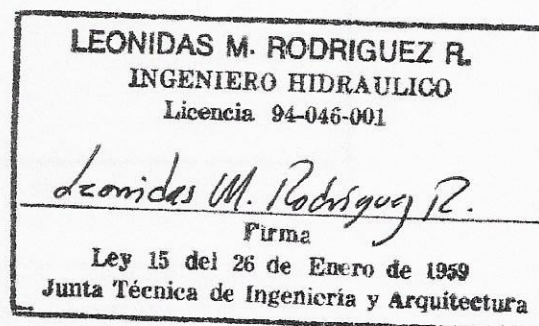
$P(10/60)$ = Lluvia de 60 minutos de duración y 10 años de periodo de retorno = 40 mm / hora

Cuadro 3³

Resumen de Intensidad para determinar la curva IDF para la estación de lluvia de David

te (min)	Periodos de retorno en años					
	2	5	10	15	50	100
5	227.1	243.3	248.8	256.7	278.3	287.0
10	150.0	174.4	190.0	195.4	203.3	212.0
15	121.2	140.8	155.0	165.8	178.3	187.0
30	96.9	116.1	123.3	128.3	139.2	143.5
60	65.8	74.8	87.0	91.3	95.7	97.4
120	37.9	51.6	56.8	58.5	62.0	67.2

Fuente: Datos ETESA

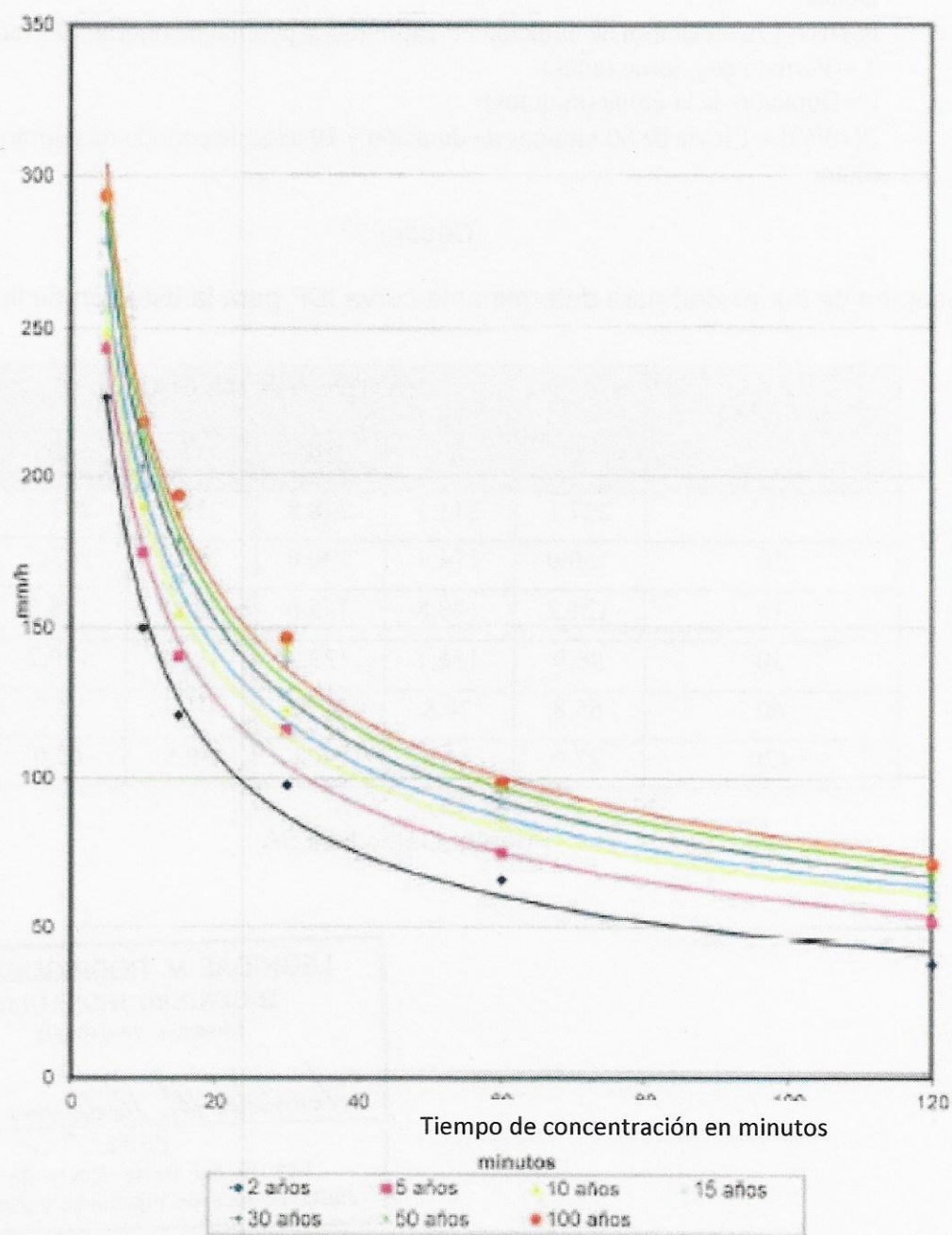


³ Estudio hidrológico e hidráulico de la Quebrada Grande y Quebrada sin Nombre. Proyecto “Centro de Control Nacional de Frontera de Paso Canoas. David Trejos, Johnny Cuevas, junio 2020.

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Figura No. 6. Curva de Duración Intensidad-Frecuencia de las lluvias

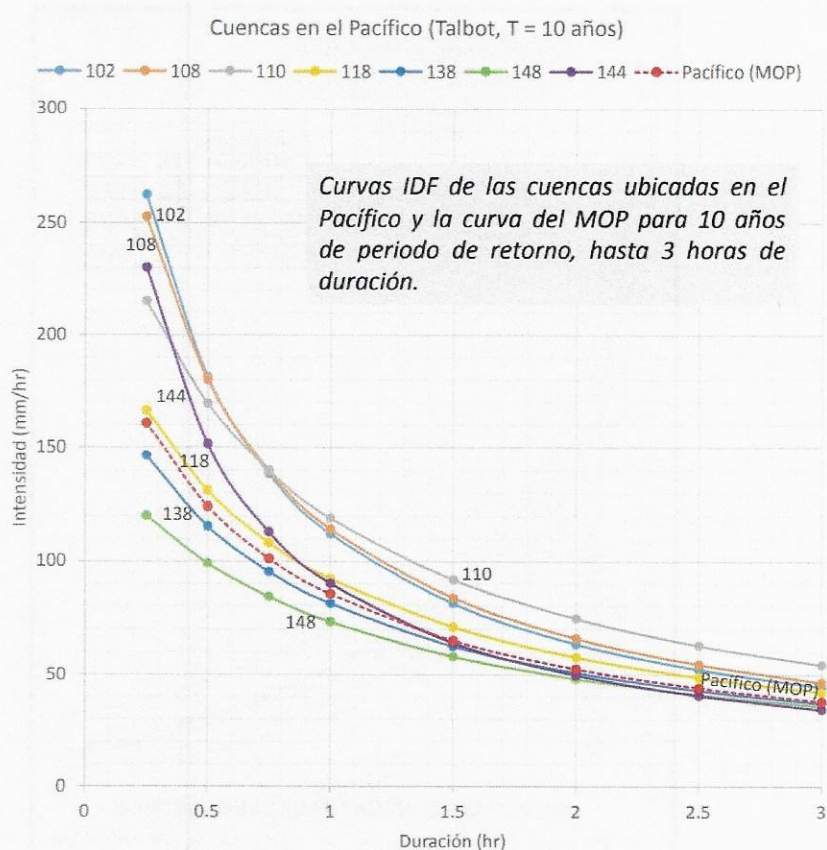
Estación David (108023) 1971-1996



Fuente: Hidrometeorología de ETESA

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Figura No. 74 Curvas IDF de las cuencas ubicadas en el Pacífico

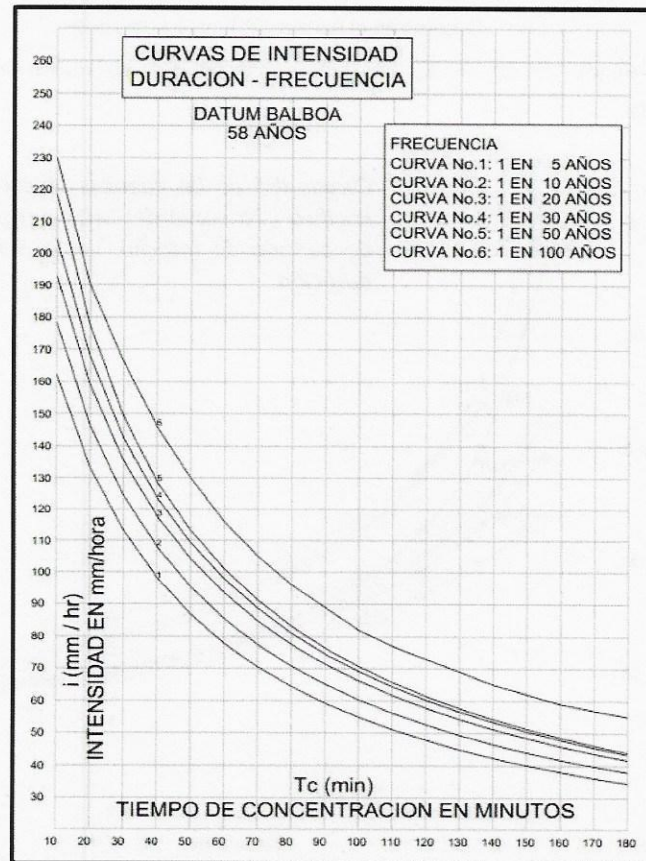


- En el Pacífico, las lluvias más intensas ocurren en la provincia de Chiriquí.
- En la cuenca de Juan Díaz (144) se registran intensas lluvias, sobre todo en los primeros minutos.
- En la región oeste del istmo, las lluvias registran aproximadamente 100 mm/hr por encima de las cuencas ubicadas en la región central.

⁴ Generación de Relaciones intensidad Duración frecuencia para las cuencas de la República de Panamá, Aracely Lau, Antonio Pérez, UTP, 2015.

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Figura No. 8 Curva de Intensidad Duración-Frecuencia. Estación Balboa



Para determinar la lluvia de diseño, se analizaron los datos de las curvas IDF de las estaciones de lluvias, no hay estaciones. Se han comparados distintas estaciones, la estación David, la estación Balboa y la curva del MOP, figura No. 6, 7 y 8.

2.2 Fundamentos teóricos para el cálculo de caudales máximos.

Los fundamentos teóricos de las metodologías utilizadas para la determinación de caudales máximos en este estudio, las cuales son algunas de las utilizadas en la república de Panamá; fueron obtenidos de variada bibliografía, detallada en el apartado bibliográfico de este documento.

Las teorías hidrometeorológicas para el cálculo de caudales máximos son las siguientes: Método Racional, el cual comprende determinación de coeficiente de escurrimiento C , Curvas de Intensidad-Frecuencia-Duración y cálculos de tiempos de concentración; Hidrogramas Unitarios, los cuales se dividen en Sintéticos (Snyder, Triangular y SCS) y Complejos.

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

La determinación de los caudales a tener en el proyecto de las redes de drenaje pluviales puede realizarse por cualquiera de los siguientes métodos:

- a) Fórmulas Empíricas.
- b) Método Racional.
- c) Estudios de correlación entre lluvia y escorrentía.
- d) Método de la hidrógrafa.
- e) Método de entrada.
- f) Modelos con ordenadores digitales.

Por las condiciones geográficas e hidrológicas locales y la escorrentía de la superficie de la pequeña cuenca analizada, y el grado de protección que se desea proporcionar, se ha elegido el método racional como método de análisis; además de ser uno de los métodos más utilizados, para análisis de cuencas con áreas de drenaje menores de 250 hectáreas.

El área de drenaje de la quebrada sin nombre es de 19.8 hectáreas.

Pendiente del cauce, S

Es la pendiente media del tramo del lecho del drenaje en estudio, Se determina como:

$$S = \frac{H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}}{L}$$

Cota al inicio de la pequeña cuenca Hmax = 60 msnm

Cota aguas abajo de la alcantarilla Hmin = 50 msnm

Longitud del cauce principal 300 metros.

$$S = (60-50) / 300 = 0.0333 = 3.33\%$$

Cálculo de caudales máximos utilizando el método de la Fórmula Racional

Este método, que la literatura inglesa atribuye a Lloyd-George en 1906, si bien los principios de este fueron establecidos por Mulvaney en 1850, Esta relación empírica toma en cuenta el área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación y las características de la superficie del terreno. Con estos datos, calcula la descarga máxima asumiendo que la lluvia es uniforme en toda la cuenca y la descarga máxima se dará cuando la totalidad de la superficie esté drenando, es decir, que el escurrimiento de la parte baja, de la parte media y de la parte más lejana de la cuenca se acumulan a la salida, estableciendo la máxima suma posible de volumen de agua.

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Dado lo anterior, la duración de la lluvia será determinada a través del tiempo de concentración de la cuenca (concepto explicado más adelante), con el objetivo de maximizar el caudal de diseño.

El método racional para la evaluación del caudal consiste en la aplicación de la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 CiA \quad (1)$$

Donde:

Q, es la descarga máxima, en m³/s.

C, es el coeficiente de escorrentía, adimensional.

i, es la intensidad de la lluvia de diseño, en mm/h.

A, Área de la cuenca, en Km².

El coeficiente de escorrentía C se define como la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de precipitación de una tormenta. Nótese que debido a la variabilidad de la intensidad de una tormenta el coeficiente de escorrentía varía con el tiempo. Es por ello por lo que una mejor definición de C es expresada como la relación entre la escorrentía y la precipitación en un periodo de tiempo determinado.

Siempre se debe tener en cuenta que la proporción de lluvia que escurrirá dependerá de la pendiente del terreno, la porosidad y la permeabilidad del suelo, la vegetación, la posición del nivel freático, entre los factores más importantes. Además, la tasa de infiltración disminuye a medida que la lluvia continúa y también es influida por las condiciones de humedad antecedentes en el suelo.

Existen muchas tablas de referencia para determinar los valores de coeficiente de escorrentía, las cuales se pueden utilizar según se adecuen a las condiciones del proyecto. A manera de ilustración, en la Tabla 1 y 2 (Chow, Maidment, & Mays, 1994) pueden consultarse distintos valores de C de acuerdo con las características del suelo y periodo de retorno para zonas urbanas y rurales.

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Tabla No. 1⁵

Coefficiente de escorrentía recomendados para ser usados en el método racional

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2 – 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 – 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2 – 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de Cultivo							
Plano, 0 – 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2 – 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0 – 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 – 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0 – 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2 – 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

De la tabla 4.7 se ha seleccionado

Áreas no desarrolladas, pastizales, promedio, 2 % - 7%, período de retorno 50 años, C = 0.45

⁵ Chow, Maidment, & Mays, 1994

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Continuación Tabla No.2⁶

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO PARA ÁREAS NO DESARROLLADAS O RURALES (1)				
	TIPOS DE CUENCAS			
	EXTREMO	ALTO	NORMAL	BAJO
Relieve	0.28 – 0.35 Empinado, terreno escarpado con pendientes promedio por encima del 30%	0.20 – 0.28 Montañoso, con pendientes promedio del 10 al 30%	0.14 – 0.20 Ondulado con pendientes promedio del 5 al 10%	0.08 – 0.14 Tierras relativamente planas, con pendientes promedio del 0 al 5%
Infiltración del suelo	0.12 – 0.16 Cubierta de suelo ineficiente, con cualquiera de los dos roca o manto de suelo delgado de capacidad de infiltración despreciable	0.08 – 0.12 Lento para tomar agua, arcilla o tierra negra, suelos superficiales de baja capacidad de infiltración, imperfecta o pobremente drenados	0.06 – 0.08 Normal, suelos con textura de suelos ligeros a medianamente bien drenados, arenas arcillosas, limas y llimos arcillosos	0.04 – 0.06 Altas, arenas profundas u otros suelos que guardan agua rápidamente, suelos muy ligeros bien drenados
Cobertura vegetal	0.12 – 0.16 Cubierta de plantas ineficiente, desnuda o muy dispersa	0.08 – 0.12 De mala a regular, cultivos limpios, o cubierta natural pobre, menos que el 20% del área de drenaje con buena cubierta	0.06 – 0.08 De regular a buena, alrededor del 50% del área con tierras cubiertas de grama o bosques, no más del 50% con áreas en la producción de cosechas	0.04 – 0.06 Buena a excelente, acerca del 90% del área de drenaje con buenos pastizales, bosques o albaledas o cubiertas equivalentes
Almacenaje superficial	0.10 – 0.12 Depresiones superficiales despreciables pocas y planas; drenajes empinados y cortos, sin pantanos	0.08 – 0.10 Bajo sistemas cortos de drenajes bien definidos, sin lagunas ni pantanos	0.06 – 0.08 Normal, considerables depresiones superficiales, lagos y lagunas y pantanos	0.04 – 0.06 Alta, superficie de almacenaje alta, sistema de drenaje no bruscamente definido, grandes planicies de inundación o gran número de lagunas o pantanos
Ejemplo	Dado: Una cuenca rural consistente de 1) terreno ondulado con pendientes promedio del 5%, 2) tipos de suelos arcillosos, 3) Área de pastizales, y 4) depresiones superficiales normales. Encuentre: el coeficiente de escurrimiento, C, para la cuenca señalada arriba		Solución 0.14	Relieve: Infiltración del suelo: 0.08 Cubierta vegetal: 0.04 Superficie de almacenaje: 0.06 C = 0.32

De la tabla 4.8

Relieve	bajo	0.14
Infiltración del suelo	normal	0.06
Cobertura vegetal	Alto	0.12
Almacenaje	Superficial	0.10
	C =	0.42

⁶ Nota: Los valores de la Tabla No.1, son los estándares utilizados por el Departamento de Transporte de California en el Manual de Diseño de Carreteras, tabla 4.7 y tabla 4.8.

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Se selecciona el valor $C = 0.42$, ya que considera más factores.

La intensidad de la lluvia se puede seleccionar en base a estudios o referencias locales, y en caso de contar con curvas de IDF para la región, en nuestro caso la estación Macano, se debe seleccionar para un determinado periodo de retorno la intensidad que corresponde a una duración de la lluvia igual al tiempo de concentración de la cuenca. El tiempo de concentración (t_c) se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca aporten agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida de ésta. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante; el punto hidrológicamente más alejado es aquél desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida.

Puede obtenerse a través de observaciones experimentales o utilizarse alguna de las ecuaciones que a continuación se exponen.

Cuadro No. 4⁷

Formulas empíricas para el cálculo del tiempo de concentración.

Fórmula	Ecuación	Parámetros
Kirpich	$T_c = 0.06628 \left(\frac{L_D}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$	T = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m)
Témez	$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$	T = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (%)
Williams	$T_c = 0.683 \left(\frac{LA^{0.40}}{DS^{0.25}} \right)$	T = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) D = Diámetro de una cuenca circular con área A (km) A = Área de la cuenca (km ²)
Bransby – Williams	$T_c = \frac{14.6L}{A^{0.1}S^{0.2}}$	T = Tiempo de concentración de la cuenca (min) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m) A = Área de la cuenca (km ²)

⁷ Informe de Diseño Conceptual, Reservorios Multipropósito Cuenca Parita. Presa Parita. Volumen, vías y drenaje. Canal de Panamá junio 2020. Contrato de consultoría No. 026 (2016).

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Giandotti	$T_c = \left(\frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{LS}} \right)$	T = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m) A = Área de la cuenca (km ²)
Johnstone y Cross	$T_c = 2.6 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.5}$	T = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/km)
SCS – Ranser	$T_c = 0.947 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$	T = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) H = Diferencia de cotas entre los puntos extremos de la corriente principal (m)
Ventura – Heras	$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$	T = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (%)
Ven Te Chow	$T_c = 0.273 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.64}$	T = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m)
Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos	$T_c = 0.28 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$	T = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m)

En el caso del cálculo de tiempos de concentración se aplicaron varias metodologías empíricas deducidas en otros países cuyas cuencas de estudio poseen características diferentes entre sí; por ejemplo, el método de Kirpich fue deducido en pequeñas cuencas agrícolas (áreas entre 0.004 y 0.453 km²) de Tennessee y Pensilvania, mientras que el SCS desarrolló su ecuación como la suma de tiempos de viaje individual para diferentes regiones (áreas menores a 8 km²), desde zonas boscosas con cauces pendientes a planicies con escorrentía lenta y zonas impermeables. Por otro lado, las ecuaciones empíricas no tienen en cuenta el efecto de la vegetación, a excepción de las que involucran número de curva o coeficiente de escorrentía. Estos aspectos aumentan el grado de incertidumbre en el cálculo del tiempo de concentración.

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

En el cuadro No. 4 se presentan los cálculos de los tiempos de concentración (T_c).

Cuadro No. 5

Formula	T_c , minutos
Kirpich	85.00*
Témez	33.79
Williams	118.00*
Bransby-Williams	852*
Giandotti	48.39*
Johnstone y Cross	236.00*
SCS-Ranser	8.57
Ventura-Heras	17.74
Ven Te Chow	27.88
Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos	28.59
Promedio	23.314

*Valores no considerados en el promedio

Por lo anterior, el tiempo de concentración se adoptó como el promedio de los tiempos de concentración estimados con las diferentes metodologías empíricas presentadas, descartando previamente los valores que se encuentran por fuera del rango de confianza definido por la media aritmética y la desviación estándar de los resultados mencionados (media menos desviación estándar hasta media más desviación estándar).

El tiempo de concentración a utilizar será $T_c = 23.314$ minutos

Para el cálculo de la ecuación (1) se debe calcular la intensidad con el T_c , obtenido anterior.

La intensidad de la lluvia ha sido determinada donde se ubica el proyecto analizado.

Según el Manual de Aprobación de Planos del Ministerio de Obras Públicas, la intensidad de la lluvia para un periodo de retorno de 1:100 años, medido en pulgada/hora está dado por:

$$I = \frac{370}{33 + T_c} \quad (2)$$

I = Intensidad de la lluvia (pulgada/hora)

T_c = Tiempo de concentración (minutos)

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Al estimar el caudal de escorrentía mediante el método racional se supone que el valor de la intensidad media de la lluvia a utilizar en los cálculos es el correspondiente a la duración de aquella igual al tiempo de concentración.

Remplazando obtenemos:

$$I = \frac{370}{33+27.664} \quad (2)$$

$$I = 6.099 \text{ pulgada/hora}$$

$$I = 154.91 \text{ mm/hora}$$

El cálculo por la fórmula (2) es muy alto para el tamaño de cuenca en estudio, se desarrolla el cálculo del **Cuadro No. 4**, como se explicó anteriormente.

Cálculo del caudal máximo ecuación (1)

Con el tiempo de concentración de 23.314 minutos entramos a las curvas de David y Balboa, los valores de intensidad para 50 años son similares, $i = 125 \text{ mm/hora}$, tomamos este valor para el cálculo del caudal

Sustituyendo los valores

$$Q_{\text{máx}} = 0.278 \text{ CiA}$$

$$Q_{\text{máx}} = 0.278 * 0.42 * 125 * 0.198$$

$$Q_{\text{máx}} = 2.88 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de los niveles del agua en la Alcantarilla en, que se encuentra en la carretera Santiago-Soná.

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Se utiliza la fórmula de Manning para canales abiertos o circulares (cualquier sección)

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

Donde:

Q: Caudal m³/s

Coeficiente de rugosidad de Manning n = 0.014

Con el software HCANALES aplicamos el método de Manning

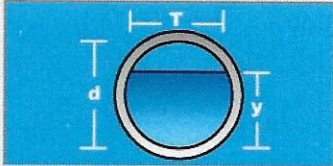


Aplicando la ecuación de Manning se obtienen los resultados siguientes


Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Lugar:	Carretera Santo.Sona	Proyecto:	Veraguas
Tramo:	Alcantarilla	Revestimiento:	Concreto


Datos:	
Caudal (Q):	2.88 m ³ /s
Diámetro (d):	1.10 m
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.0333 m/m




Resultados:			
Tirante normal (y):	0.4714 m	Perímetro mojado (p):	1.5701 m
Área hidráulica (A):	0.3890 m ²	Radio hidráulico (R):	0.2477 m
Espejo de agua (T):	1.0887 m	Velocidad (v):	5.1416 m/s
Número de Froude (F):	2.7463	Energía específica (E):	1.8188 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		




Calcular




Limpiar Pantalla



Imprimir



Menú Principal



Calculadora

Ejecuta las operaciones

1:42 p. m. 10/02/2022

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Es importante destacar que la Quebrada sin nombre en estudio solamente tiene agua durante los meses de mayo a diciembre, temporada lluviosa.
2. Los mapas topográficos han permitido obtener los datos necesarios de la cuenca de la quebrada sin nombre. (ver mapas).
3. Área de drenaje hasta la alcantarilla 19.8 hectáreas = 0.198 Km².
Longitud de la quebrada hasta la alcantarilla = 418 m
Cota de nacimiento = 82 msnm
4. Se han consultados diferentes trabajos hidrológicos en la provincia de Chiriquí. Y las cuencas vecinas, los cuales han sido de gran utilidad para el trabajo aquí desarrollado.
5. Los valores calculados del tiempo de concentración, y el valor elegido $T_c = 23.314$ minutos (de acuerdo con todos los parámetros utilizados), permiten obtener del gráfico la Intensidad de la lluvia, $I = 125$ mm/horas.
6. Se ha utilizado el software Hcanales para verificar el funcionamiento de la alcantarilla
7. Una vez definidos los valores contenidos en la Fórmula (1), el valor 1:50 años es $Q = 2.88$ m³/s.
8. Los tirantes obtenidos reflejan un adecuado drenaje, con el valor de 1:50 años se mantienen en la sección de la alcantarilla, de diámetro 1.1 m.

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Tubo de Concreto

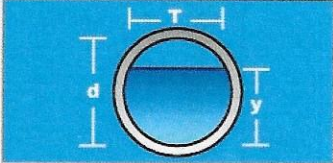
Diámetro de la Alcantarilla = 1.10 m

Pendiente = 3.33%


Tirante normal $Y_n = 0.47$ m


Lugar:	Carretera Santiago.Sona	Proyecto:	Veraguas
Tramo:	Alcantarilla	Revestimiento:	Concreto


Datos:	
Caudal (Q):	2.88 m ³ /s
Diámetro (d):	1.10 m
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.0333 m/m





Resultados:	
Tirante normal (y):	0.4714 m
Area hidráulica (A):	0.3890 m ²
Espejo de agua (T):	1.0887 m
Número de Froude (F):	2.7463
Tipo de flujo:	Supercrítico
Perímetro mojado (p):	1.5701 m
Radio hidráulico (R):	0.2477 m
Velocidad (v):	5.1416 m/s
Energía específica (E):	1.8188 m-Kg/Kg

 Calcular

 Limpiar Pantalla

 Imprimir

 Menú Principal

 Calculadora

Ejecuta las operaciones 1:42 p. m. 10/02/2022

9. El Cuadro No.1, Moderadamente bien drenado, que corresponde al "Catastro Rural de tierras y aguas de Panamá CATAPAN"
10. De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente Informe podemos concluir que la alcantarilla existente maneja adecuadamente la crecida de diseño.

LEONIDAS M. RODRIGUEZ R.
INGENIERO HIDRAULICO
Licencia 94-046-001

Leonidas M. Rodriguez R.
Firma

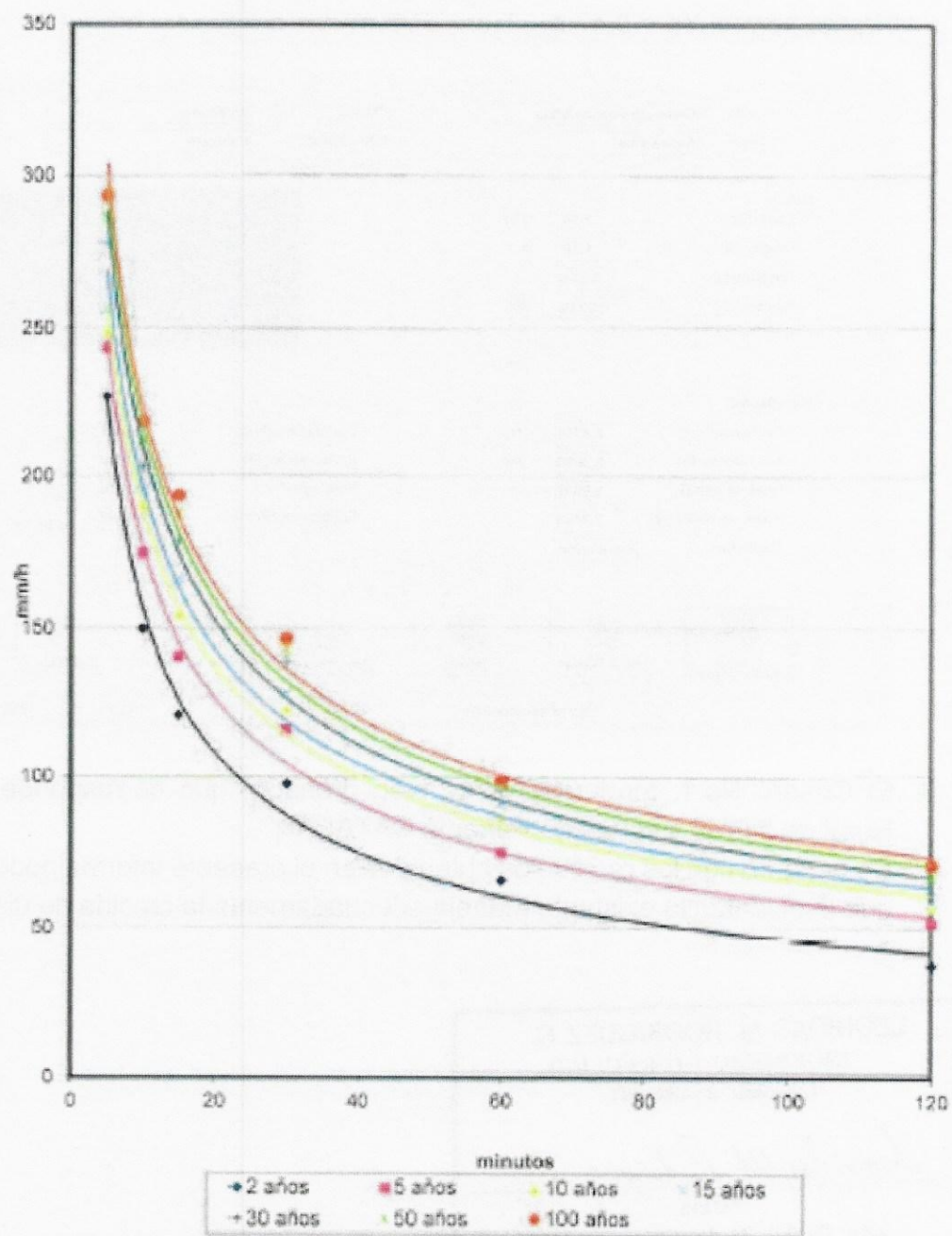
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

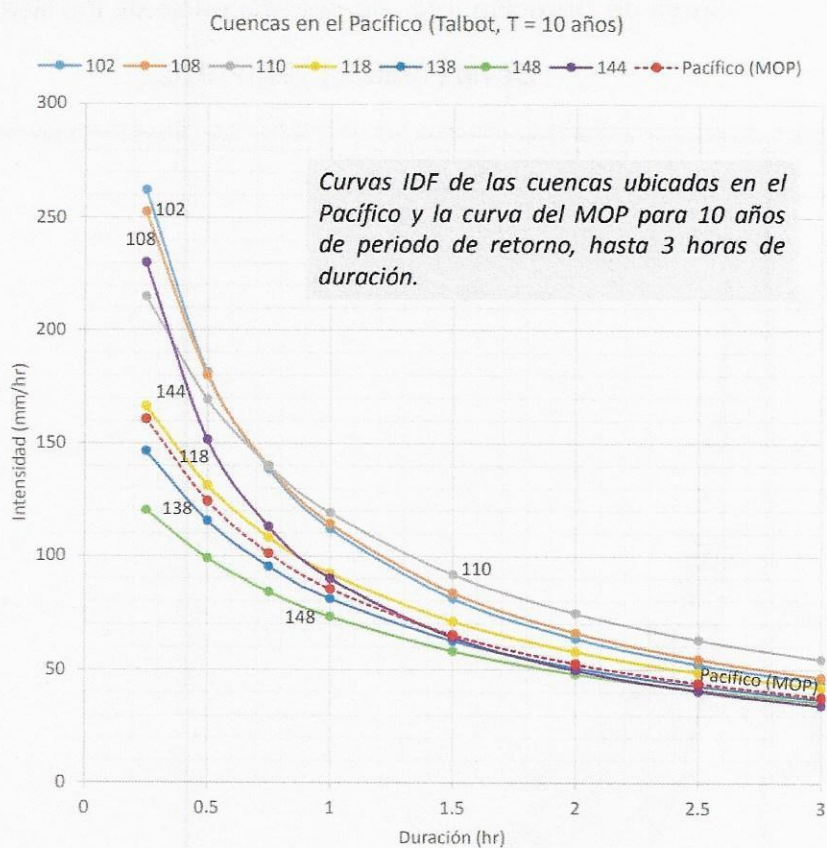
4. ANEXOS

Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia

David (108023) 1971-1996



Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.



Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Curva de Duración Intensidad-Frecuencia de las lluvias

David (108023) 1971-1996

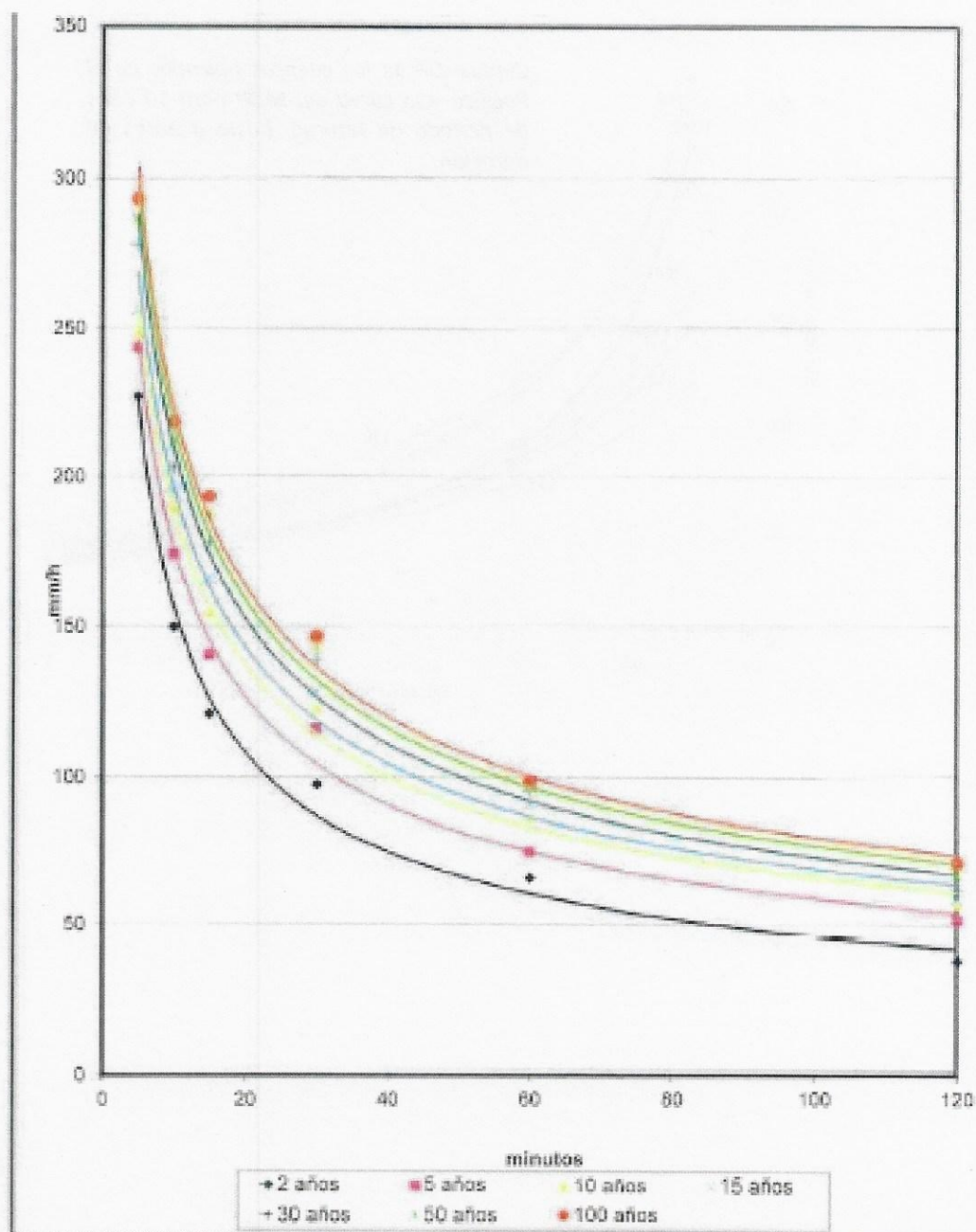
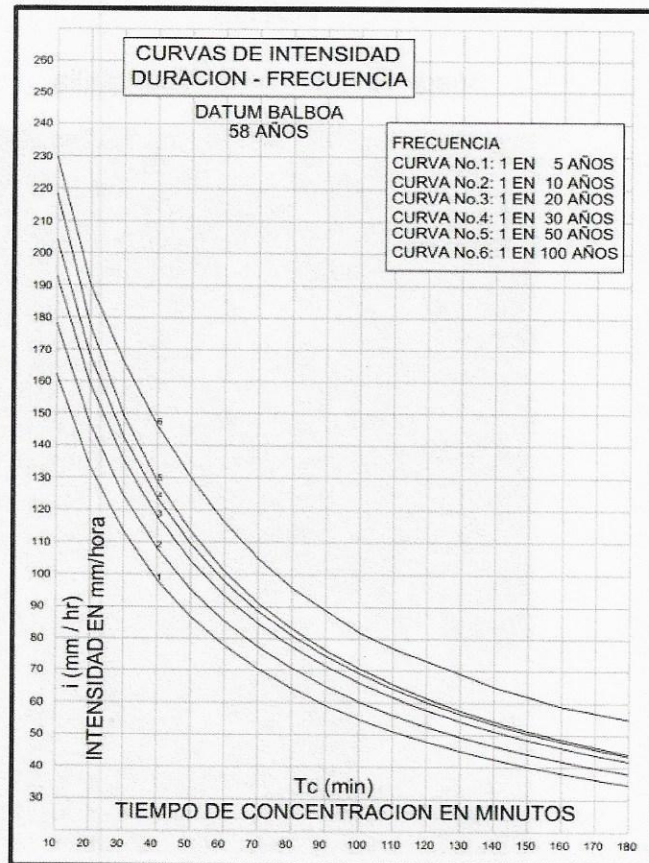


Figura 13. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para la estación meteorológica David.

Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.



Los cálculos se han basado en la fórmula de Manning, para canales.

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

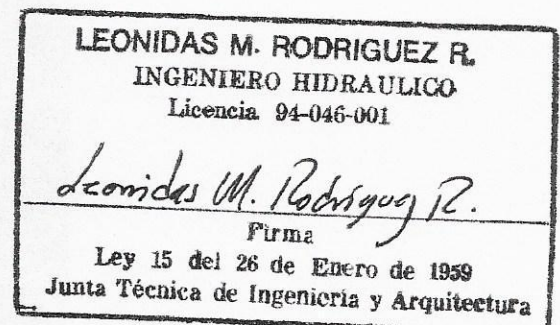
Donde:

Q: Caudal m³/s

n: coeficiente de rugosidad de Manning

A: área mojada, m²

R: radio hidráulico



Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

FOTOS

Vista del tubo de la Alcantarilla

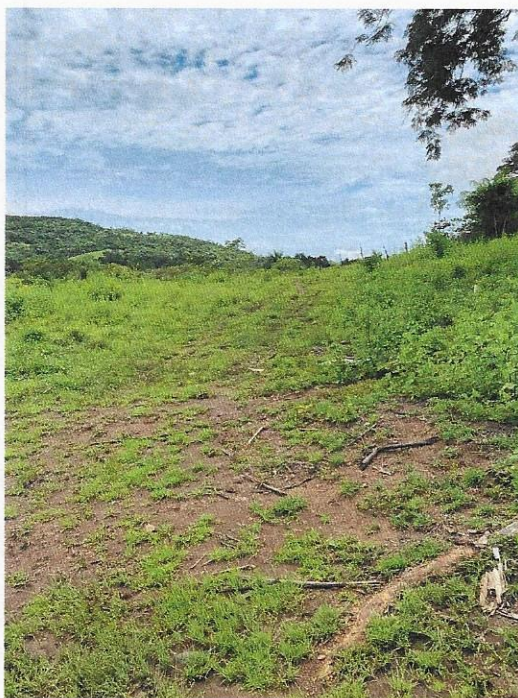


Quebrada sin nombre

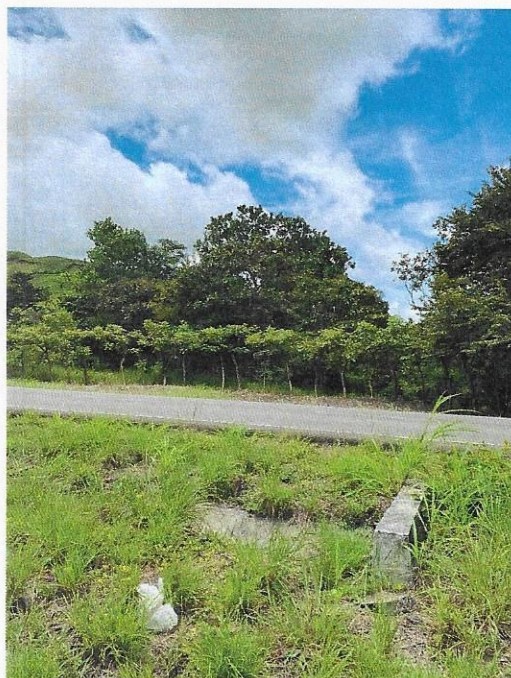


Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

Terreno del Matadero



Carretera Santiago-Soná



Determinar las crecidas máximas en la Quebrada sin nombre próxima a la propiedad del Matadero.

5. BLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Generación de Relaciones Intensidad Duración Frecuencia para cuencas en al República de Panamá, Trabajo de Graduación Universidad de Panamá. Alcely Lau y Antonio Pérez. 2015.
2. Estudio Hidrológico e Hidráulico de la Quebrada Grande y Quebrada sin Nombre. Proyecto: "Centro de Control Nacional de Frontera de Paso Canosa". Chiriquí. David Trejos, Johnny Cuevas. junio 2020.
3. Empresa de Transmisión Eléctrica S.A., ETESA, 2008. Gerencia de Hidrometeorología. Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá, Periodo 1971 – 2006. República de Panamá.
4. Chow V.T., Maydment D., Mays L., 1994
Applied Hydrology Mac Graw Hill Book Co., New York.
5. Informe de Diseño Conceptual, reservorio multipropósito cuenca Parita Presa Parita, volumen vías y drenajes. Autoridad del Canal de Panamá, 2017
6. Proyecto Hidroeléctrico Pedregalito, Estudio hidrológico. MWH, 14 junio 2006.
7. Esquema de Ordenamiento Territorial proyecto: Central Solar La Inmaculada Solar. Arquitecto Eric Giovani Delgado Montilla. 2021
8. Manual de Consideraciones técnicas Hidrológicas e Hidráulicas Para La Infraestructura Vial en Centroamérica. El Salvador 2016.
9. Hidrología en cuencas pequeñas. La Fórmula Racional. Ing. Msc Airthon Angel Espejo Rospigiossi. Cochabamba Bolivia.

