

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE LA QUEBRADA
GRANDE Y QUEBRADA SIN NOMBRE**

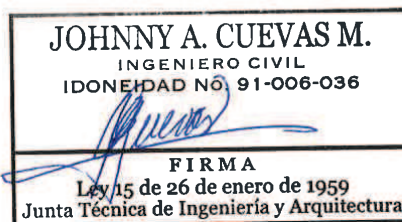


**PROYECTO:
"CENTRO DE CONTROL NACIONAL DE FRONTERA DE PASO CANOAS".**

Lugar Quebrada Grande, distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí

Cliente
Equipo Técnico
Ing. David Trejos Hurtado
Ing. Johnny A. Cuevas Marín
Consultora Socioambiental BID
gerencia@alcglobal.net
www.alcglobal.net

AUTORIDAD NACIONAL DE ADUANAS
Hidro-Consult
CI 2013-006-046
CI 1991-006-036
Amelia Landau
Tel: (507) 730-9182 (507) 6611-7232



-Junio 2020 -



CONTENIDO

- 1. INTRODUCCIÓN 6
- 2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO “CENTRO DE CONTROL NACIONAL DE FRONTERA DE PASO CANOAS” 7
- 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MICROCUENCAS DE LAS QUEBRADAS GRANDE Y SIN NOMBRE 10
 - 3.1. Cuenca del río Chiriquí Viejo 10
 - 3.2. Red de drenaje de la Quebrada Grande 12
 - 3.3. Red de drenaje de la Quebrada Sin Nombre 12
- 4. GEOLOGÍA: 14
- 5. TEXTURA: 14
- 6. CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS 17
- 7. COBERTURA BOSCOsa Y USOS DEL SUELO: 20
- 8. CLIMA Y ZONAS DE VIDA: 25
 - 8.1. Clima Subecuatorial con estación seca: 25
 - 8.2. Zonas de vida según Holdridge 25
 - 8.3. Bosque muy Húmedo Tropical 26
 - 8.4. Bosque Muy Húmedo Premontano: 27
- 9. DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN: 28
- 10. INFORMACIÓN BÁSICA 30
 - 10.1. Información cartográfica existente: 30
 - 10.2. Información meteorológica e hidrológica 30
- 11. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA QUEBRADA GRANDE Y Quebrada sin nombre 33
- 12. MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA QUEBRADA GRANDE UTILIZANDO MODELO HEC-HMS 36
 - 12.1. Descripción del modelo HEC-HMS 36
 - 12.2. Requerimientos del modelo HEC-HMS 36
 - 12.3. Metodología 37
 - 12.4. Análisis de la Precipitación: 38

12.5.	Método del bloque alterno	39
12.6.	Caudales de diseño para periodo de retorno de 100 años:.....	43
13.	CORRIDA DEL MODELO HEC-HMS PARA la QUEBRADA GRANDE	44
13.1.	Resultados de la modelación HMS de la microcuenca de la Quebrada Grande	45
14.	CÁLCULO DE CAUDAL MÁXIMO DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE USANDO EL MÉTODO RACIONAL	46
14.1.	Descripción del modelo	46
14.2.	Superficie de drenaje y coeficiente de escorrentía.....	46
14.3.	Intensidad de la lluvia	46
15.	MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA DETERMINAR LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN DE LAS QUEBRADAS GRANDE Y SIN NOMBRE.....	48
15.1.	Descripción del Modelo HEC-RAS	48
15.2.	Requerimientos del Modelo:	49
15.3.	Resultados de la Modelación Hidráulica en HEC-RAS:.....	50
15.4.	Análisis de los Resultados de la Simulación Hidráulica de la Quebrada Grande	52
15.5.	Análisis de los Resultados de la Simulación Hidráulica de la Quebrada Sin Nombre.....	54
16.	VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD HIDRÁULICA DE UN CAJÓN PLUVIAL CON SECCIÓN TRANSVERSAL DE B=2.50 M Y H=2.75 M.....	56
17.	CONCLUSIONES:	57
18.	RECOMENDACIONES	58
19.	BIBLIOGRAFÍA:.....	59
20.	ANEXOS	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Localización regional del proyecto	8
Figura 2	Plano de zonificación del proyecto	9
Figura 3	Red de drenaje de las microcuencas de la Quebrada Grande y Sin nombre	13
Figura 4	Suelo Franco Arenoso	15
Figura 5	Mapa de textura del suelo del área de proyecto	16
Figura 6	Capacidad agrológica de los suelos en las microcuencas de Quebrada Grande y Quebrada sin Nombre	19
Figura 7	Mapa de cobertura boscosa y uso de suelo	24
Figura 8	Nomograma de Zonas de Vida según Holdridge	25
Figura 9	Mapa de isoyetas de las microcuencas de Quebrada Grande y Quebrada sin Nombre	29
Figura 10	Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas e hidrológicas de las cuencas vecinas	32
Figura 11	Foto de B.M. del puente con código CR-CPA-4 y a base CAMTU-2	35
Figura 12	Esquema del Modelo HEC-HMS de la microcuenca de la Quebrada Grande	38
Figura 13	Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para la estación Meteorológica David	42
Figura 14	Hietograma de la microcuenca de la Quebrada Grande	43
Figura 15	Resultados de la modelación hidrológica en el HEC-HMS	45
Figura 16	Hidrograma de la Quebrada Grande hasta el sitio del proyecto Para el periodo de retorno de 1 en 100 años	45
Figura 17	Foto de la ribera oeste de la Quebrada Grande donde se localiza vivienda en las planicies de inundación de la Quebrada	52
Figura 18	Foto de la Quebrada sin Nombre dentro de los predios del Proyecto propuesto	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Distribución Política Administrativa de la Cuenca del Río Chiriquí Viejo	11
Tabla 2	Clasificación geológica del área de estudio	14
Tabla 3	Textura del área de estudio	15
Tabla 4	Clasificación de la capacidad agrológica de los suelos del área	17
Tabla 5	Cobertura boscosa y uso de suelo del área de estudio	20
Tabla 6	Estaciones Hidrométricas de la Cuenca 102 del Río Chiriquí Viejo	31
Tabla 7	Estaciones Meteorológicas de la Cuenca 102 del Río Chiriquí Viejo y 108 del Río Chiriquí	31
Tabla 8	Secciones transversales de la Quebrada Grande	33
Tabla 9	Secciones transversales de la Quebrada Sin Nombre	34
Tabla 10	Intensidades para diferentes periodos de retorno de la Cuenca del Río Chiriquí Viejo (mm/hr) por el método de Talbot	39
Tabla 11	Resumen de intensidad para determinar la curva IDF para la Estación de Lluvia de David	41
Tabla 12	Hietograma de lluvia de diseño desarrollado en incrementos de 10 minutos para una tormenta de 100 años y duración de 120 minutos para la microcuenca de la Quebrada Grande, usando el método de bloques alternos	41
Tabla 13	Salida de HEC-RAS de la Quebrada Grande para un periodo de retorno de 100 años	51
Tabla 14	Salida de HEC-RAS de la Quebrada Sin Nombre (cauce original) para un periodo de retorno de 100 años	53
Tabla 15	Salida de HEC-RAS del canal de la Quebrada Sin Nombre (rectificación de cauce y diseño de cajón) para un periodo de retorno de 100 años	55

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe hidrológico e hidráulico de las Quebradas Grande y Sin Nombre, ha sido desarrollado para el proyecto: Centro de Control Nacional de Frontera de Paso Canoas, en el marco del Programa de Integración Logística Aduanera, cuyo promotor es la Autoridad Nacional de Aduanas (ANA). Este estudio complementa el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto, ya que se identificaron en las proximidades del predio donde se ejecutará, cauces de agua que pueden afectar el funcionamiento de la futura obra y las áreas circundantes.

El objetivo principal del estudio hidrológico es definir los cuerpos de agua que circundan el proyecto, tanto externa como internamente y determinar los caudales máximos de diseño requeridos. Por su parte, el estudio hidráulico tiene como objetivo definir las planicies de inundación, los niveles máximos de crecidas, y niveles de terracerías seguras para el diseño final y construcción del proyecto. Se presenta el estudio de los dos cuerpos de agua en un solo informe, por requerimientos del Ministerio de Ambiente (MiAmbiente) de analizar las planicies inundables de manera integral.

Para el análisis se revisaron los datos meteorológicos de la zona bajo estudio, se identificaron las estaciones de precipitación y se determinaron parámetros como tiempo de concentración, intensidad de la lluvia, entre otros. Para la hidrología se determinaron de manera integral las superficies de drenajes, pendientes, caudales de diseño para periodos de retorno de 50 y 100 años, para las Quebradas Grande y Sin Nombre, objeto del estudio.

En el informe se presenta una descripción general de la cuenca hidrográfica 102 del Río Chiriquí Viejo y detallada de las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre incluyendo, localización y descripción general del área, cálculo de caudal máximo de diseño, modelación hidráulica para determinar las planicies de inundación y terracería segura de ambas quebradas estudiadas. También se presenta la estimación de una sección preliminar para encauzar la Quebrada Sin Nombre que atraviesa el proyecto.

Finalmente, se presentan los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones.

2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO “CENTRO DE CONTROL NACIONAL DE FRONTERA DE PASO CANOAS”

El Proyecto denominado “CENTRO DE CONTROL NACIONAL DE FRONTERA DE PASO CANOAS”, se encuentra localizado geográficamente a 82° 49'00.05” de longitud oeste y 8°30'23.75” de latitud norte. El proyecto está ubicado en el corregimiento de San Isidro, perteneciente al distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí, aproximadamente a 43.5 km en línea recta al oeste de la ciudad de David. El acceso al mismo toma aproximadamente una hora viajando por la Carretera Interamericana desde la cabecera de la provincia (*Ver Figura 1, Mapa de localización regional del proyecto*).

El corregimiento de San Isidro limita al norte con el corregimiento de Progreso, en el distrito de Barú, el corregimiento de Breñón, en el distrito de Renacimiento y el corregimiento de Gómez, en Bugaba, al este con el corregimiento Aserrió de Gariché, al sur con los corregimientos de Progreso y Aserrió de Gariché y al oeste con el corregimiento de Progreso.

De acuerdo con los datos recolectados en el último Censo Poblacional de la República de Panamá (año 2010), la población del distrito de Bugaba es de 78209 habitantes, de los cuales 40086 son hombres y 38123 son mujeres distribuidos en 173 lugares poblados. Para ese censo, el corregimiento de San Isidro formaba parte del corregimiento de Aserrió de Gariché.

El Programa de Integración Logística Aduanera plantea, como uno de sus proyectos, el desarrollo de 11.6 hectáreas para la construcción y operación del Centro de Control Nacional de Frontera (o Centro de Control Integrado). La promotora es la Autoridad Nacional de Aduanas (ANA), y el objetivo es servir a la zona fronteriza de Paso Canoas, en la frontera de Panamá con Costa Rica. Este proyecto incluye el desarrollo de una Zona Pública, Zona de Estacionamiento Previo (ZEP), Canal de Despacho Expedito (CDE), Zona de Carga, Pasajeros e Instalaciones, en total cerca del 74% del área del proyecto está ocupado por estas zonas, el otro 26% forma parte de las áreas verdes incluidas dentro de la superficie total del polígono a desarrollar. (*Ver Figura 2, Plano de zonificación*).

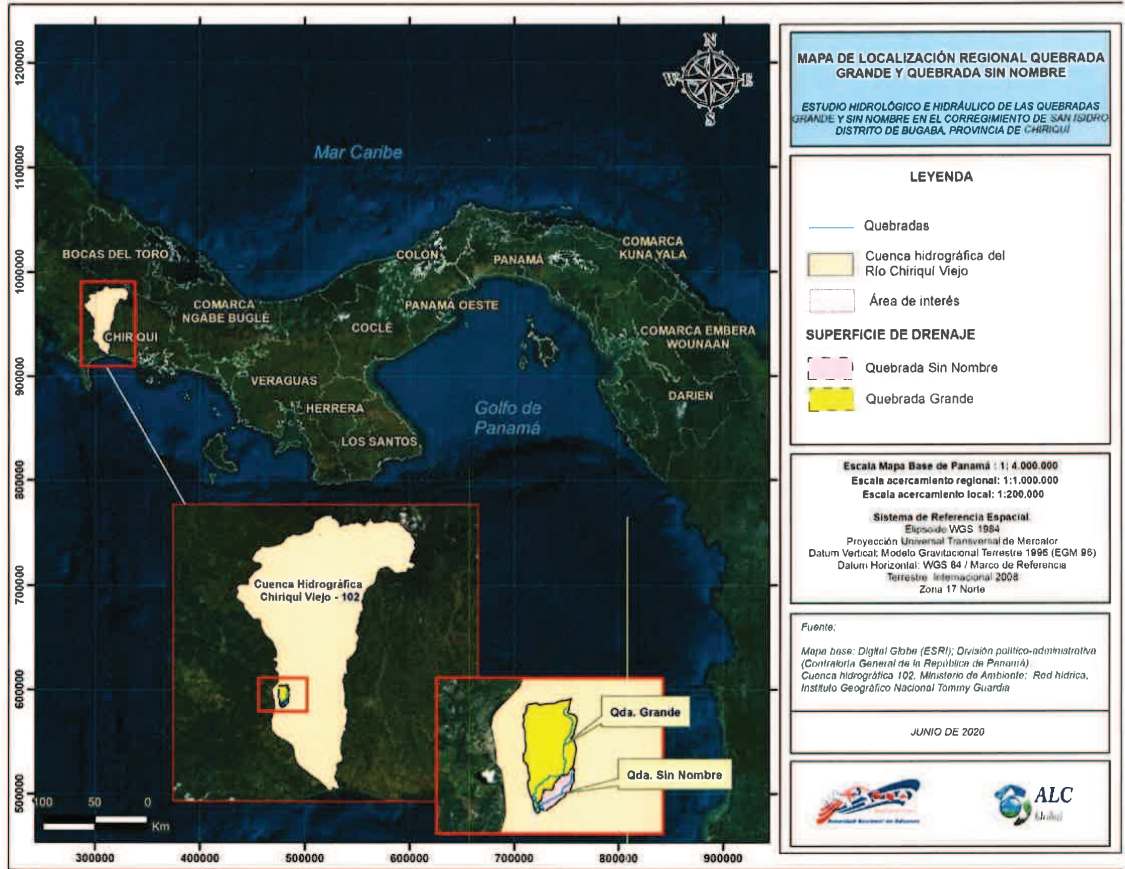


Figura 1. Mapa de Localización Regional del Proyecto

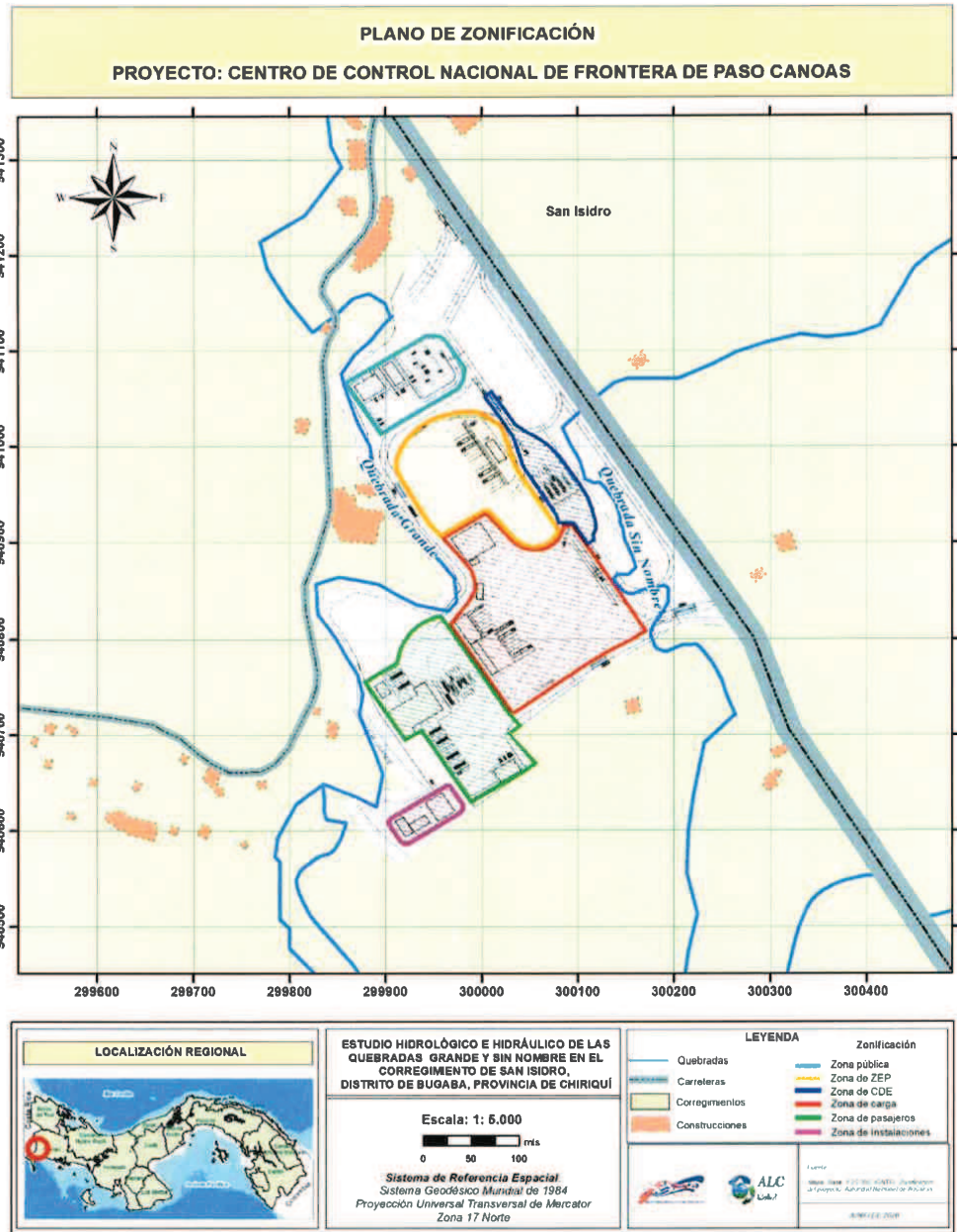


Figura 2. Plano de Zonificación del Proyecto

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MICROCUENCAS DE LAS QUEBRADAS GRANDE Y SIN NOMBRE

Las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre, objeto de este estudio hidrológico e hidráulico, pertenecen a la región hídrica Pacífico Occidental. Esta región cubre a la provincia de Chiriquí, el sur de la Comarca Ngäbe Buglé y la parte oeste y sur de la provincia de Veraguas. Los cursos de agua de las cuencas hidrográficas de esta región, desembocan hacia la vertiente del Océano Pacífico. Sus rangos de precipitación oscilan entre 1000 y 3000 mm y en el caso del norte de la provincia de Chiriquí, llegando hasta los 6000 mm. Forman parte de la cuenca hidrográfica del río Chiriquí Viejo, designada con el número 102 según el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA). Esta cuenca limita, al norte, con la Cordillera Central, línea natural que establece la división política entre las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro; al sur, con la bahía de Charco Azul en el Océano Pacífico; al este, con la divisoria de aguas de los ríos Caldera, Macho de Monte y Escarrea; y al oeste, con la divisoria de aguas de los ríos Grande de Térraba y Coto en Costa Rica.

3.1 Cuenca del río Chiriquí Viejo

La cuenca 102 del río Chiriquí Viejo, está localizada geográficamente en la región occidental de la provincia de Chiriquí, en la República de Panamá, entre las coordenadas 986443.88 - 920711.77 m N y 310813.25 - 312395.80 m E (ver *Figura 1, Mapa de localización regional*). Comprende una superficie total de drenaje superficial de 1339.4 km² desde su nacimiento en la Cordillera Central hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, con una longitud del cauce principal de 161 km y un caudal medio de 29.80 m³/s de acuerdo con el Ministerio de Ambiente (fuente <http://cuencas.cathalac.org/cuencas/cuencas-prioritarias/rio-chiriqui-viejo>). Según la Dirección de Hidrometeorología de ETESA¹, la elevación media de la cuenca es de 1100 msnm (Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006, 2008, p. 33); su punto más alto se encuentra sobre el Volcán Barú, en la parte nororiental con una elevación de 3474.6 msnm.

¹ La Dirección de Hidrometeorología de ETESA es el organismo oficial que administra las estaciones hidrometeorológicas en el país.

Administrativamente la cuenca del río Chiriquí Viejo (102) pertenece a la provincia de Chiriquí, “Valle de la Luna” en la etnia Ngäbe Buglé, distribuida en siete (7) distritos y veintisiete (27) corregimientos:

Tabla 1. Distribución Política Administrativa de la Cuenca del Río Chiriquí Viejo

PROVINCIA	DISTRITO	CORREGIMIENTO	LEY	Km ²
CHIRIQUÍ	ALANJE	Divalá	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	29.99
		Nuevo México	Ley No. 41 del 06 de mayo de 2003	73.94
	BARÚ	Baco	Ley No. 5 del 19 de enero de 1998	19.08
		Progreso	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	18.66
	BOQUERÓN	Cordillera	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	1.15
	BOQUETE	Los Naranjos	Ley No. 58 del 29 de julio de 1998	8.32
		Palmira	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	0.46
	BUGABA	Aserrío de Gariché	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	52.53
		Gómez	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	40.18
		La Estrella	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	16.23
		San Andrés	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	65.46
		San Isidro	Ley No. 10 del 14 de febrero de 2018	47.11
		Santa Marta	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	30.16
		Santa Rosa	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	38.10
		Santo Domingo	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	51.03
	RENACIMIENTO	Breñón	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	36.19
		Cañas Gordas	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	60.39
		Dominical	Ley No. 41 del 6 de mayo de 2003	82.72
		Monte Lirio	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	45.96
		Plaza Caisán	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	96.62
		Río Sereno	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	77.04
		Santa Clara	Ley No. 41 del 6 de mayo de 2003	69.65
		Santa Cruz	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	59.50
	TIERRAS ALTAS	Cerro Punta	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982 - se segrega del distrito de Bugaba, para conformar el distrito de Tierras Altas mediante la Ley No. 55 del 13 de septiembre de 2013	71.81
		Nuevo California	Ley No. 55 del 13 de septiembre de 2013	122.38
		Paso Ancho	Ley No. 55 del 13 de septiembre de 2013	42.91

PROVINCIA	DISTRITO	CORREGIMIENTO	LEY	Km ²
		Volcán	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982 - se segrega del distrito de Bugaba, para conformar el distrito de Tierras Altas mediante la Ley No. 55 del 13 de septiembre de 2013	81.74

Fuente: Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia

Hidrográficamente la cuenca está conformada por las siguientes subcuencas: río Chiriquí Viejo (872.1 km²), río Jacú (350.5 km²) y río Gariché-Divalá (116.7 km²).

3.2 Red de drenaje de la Quebrada Grande

La microcuenca de la Quebrada Grande está localizada al oeste de la provincia de Chiriquí, cuenta con una superficie de drenaje de 9.28 kilómetros cuadrados, el cauce principal tiene una longitud de 7.23 kilómetros desde el punto más alto hasta el sitio del proyecto. Los afluentes principales de la Quebrada Grande son las quebradas Salitre y una Quebrada sin Nombre (ver figura 3, Red de drenaje de la microcuenca de la Quebrada Grande y Quebrada Sin Nombre), las cuales confluyen en la Quebrada Grande justo cerca de la Carretera Interamericana al noroeste del Proyecto. El paisaje de esta microcuenca está dominado por tierras bajas.

3.3 Red de drenaje de la Quebrada Sin Nombre

La microcuenca de la Quebrada Sin Nombre está localizada al oeste de la provincia de Chiriquí, cuenta con una superficie de drenaje de 149 ha (1.49 kilómetros cuadrados), su cauce principal tiene una longitud de 2.99 kilómetros desde el punto más alto hasta el sitio del proyecto (ver Figura 3, Red de drenaje de las microcuencas de la Quebradas Grande y Sin Nombre).

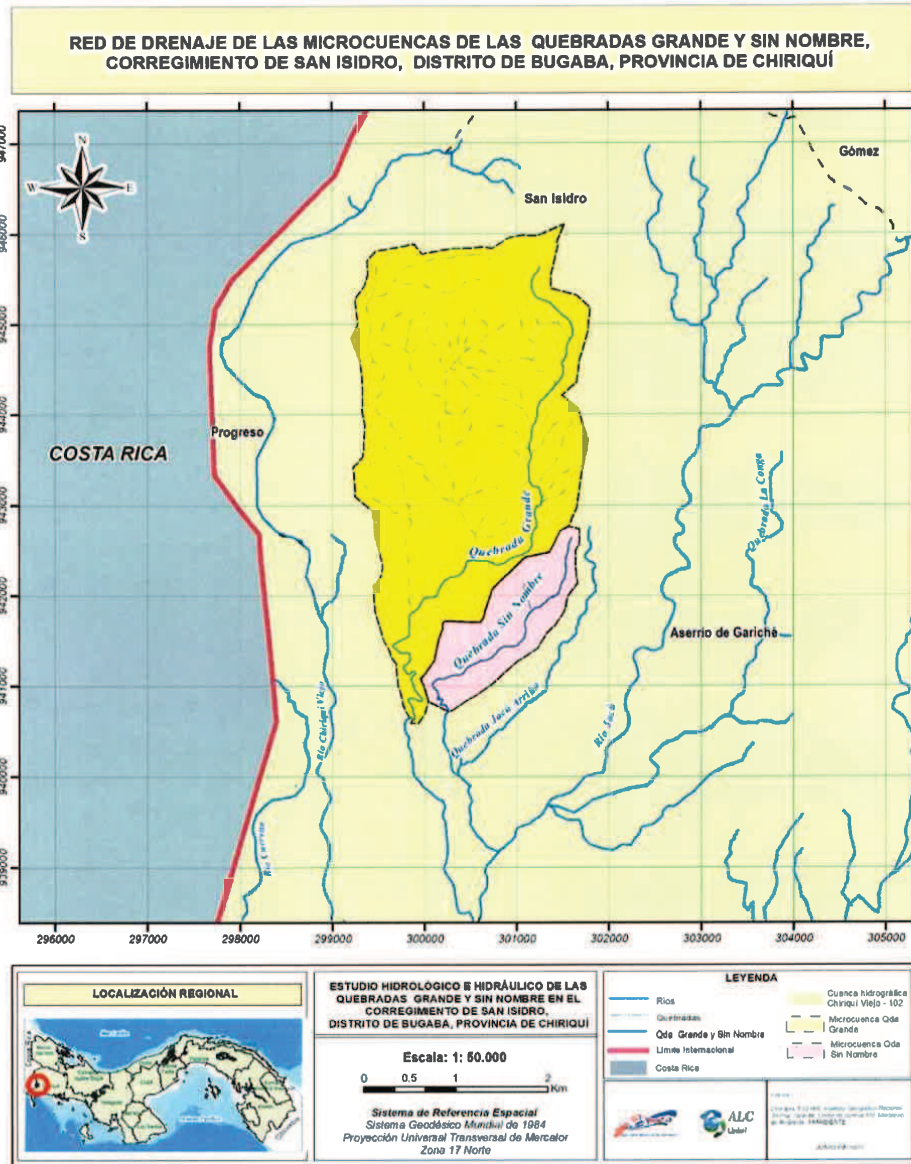


Figura 3. Red de drenaje de las microcuencas de la Quebrada Grande y Sin Nombre

4. GEOLOGÍA

Litológicamente hablando, el área de estudio se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias del Terciario, generalmente ocupado por calizas, lutitas, conglomerados, areniscas, entre otras.

En cuanto a su geología, el área se ve influenciada por el arco volcánico, ubicado en la parte sur de la Cordillera Central, y están constituidas por series litológicas de origen volcánico, donde predominan rocas andesíticas, basálticas y piroclásticas (aglomerados y tobas).

Tabla 2 Clasificación geológica del área de estudio					
Geología					
Grupo	Formación	Símbolo	Significado	Área (km ²)	%
sd	Barú	QPS-BA	Basaltos/andesita, cenizas, tobas aglomerados y lavas	7.73	71.81
Gatún	Gatún-Uscari	TM-GAus	Lutitas, limolitas, areniscas, conglomerados, piroclásticos	2.97	27.61
Aguadulce	Las Lajas	QR-Ala	Aluviones, sedim. Consolidada, areniscas, corales, conglomerados, lutitas carb, tipo delta.	0.060	0.56

Fuente: Atlas Ambiental de Panamá, 2010.

5. TEXTURA

Conceptualmente, la textura del suelo hace referencia al tamaño de las partículas o las cantidades relativas de arena, limo y arcilla. En la Figura 4. se presenta el ejemplo de una foto de un suelo franco arenoso.

La totalidad de los suelos en la superficie de drenaje de las Quebradas Grande y Sin Nombre tienen una textura de tipo franco-arenosa (Ver Figura 5. Mapa de textura del suelo del área del proyecto). Este tipo de suelos se caracterizan por tener más arena de lo óptimo. Tienen una textura áspera, es muy poco moldeable y genera coloración al contacto. Adicionalmente poseen baja capacidad para retener nutrimentos y agua debido a que

presentan poros grandes que facilitan la lixiviación de estos y la volatilización de nitrógeno nítrico.



Figura 4. Suelo Franco Arenoso

Tabla 3 Textura del área de estudio

Leyenda	Textura	Área (Km2)
	Franco - Arenosa	10.76
TOTAL		10.76

Fuente: Tabla generada por el Consultor con datos del IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá), 2006. Proyecto: "Zonificación de suelos de Panamá por niveles de nutrientes".

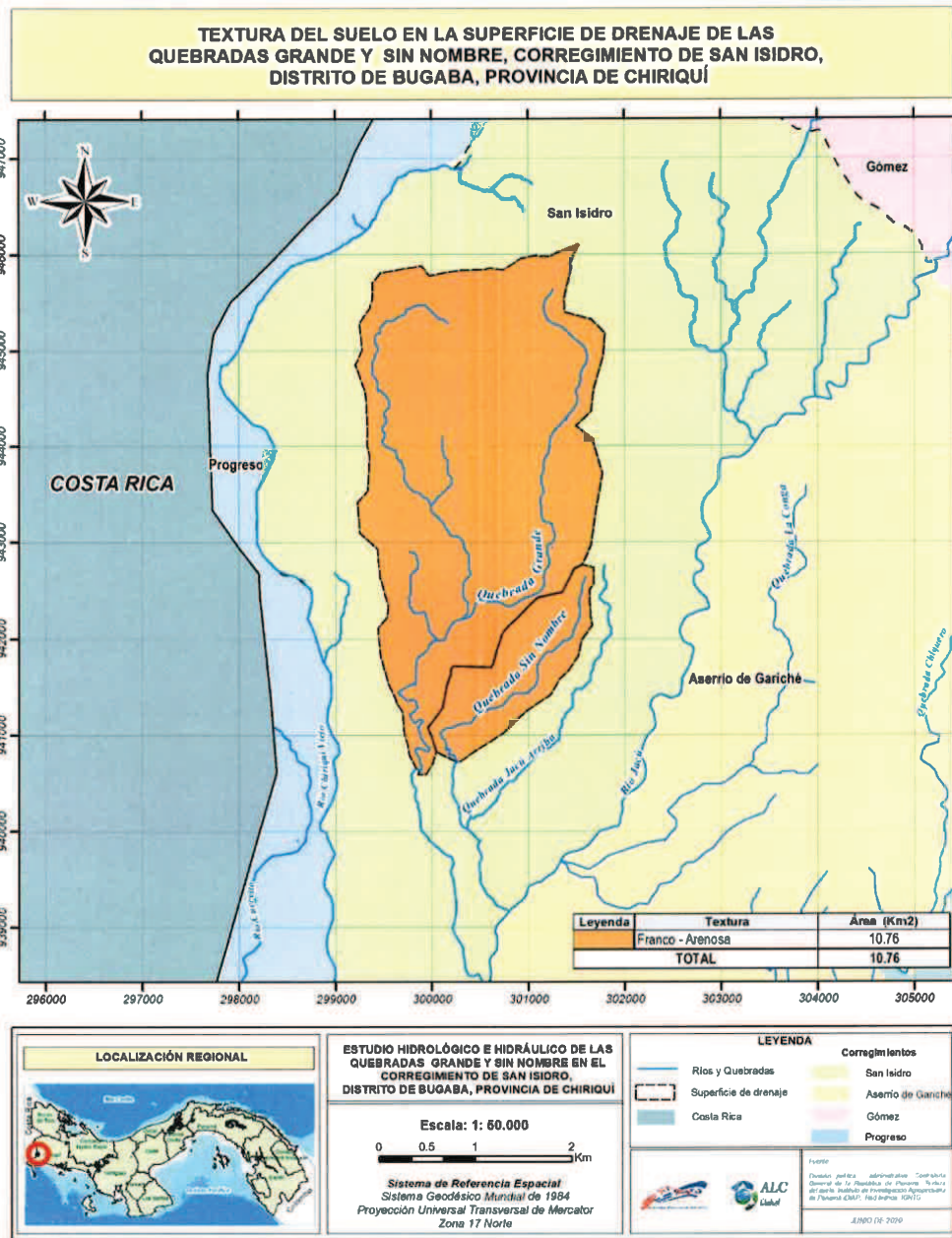


Figura 5. Mapa de textura del suelo en el área de proyecto

6. CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS

Los suelos se clasifican en ocho clases de tierras y se designan con números romanos, que van del I al VIII. Las tierras de Clase I son las tierras óptimas, es decir, que no tienen limitaciones y a medida que aumentan las limitaciones se designan progresivamente con números romanos hasta la Clase VIII. Las tierras de las Clases I a IV son de uso agrícola. Las Clases II y III tienen algunas limitaciones, y la Clase IV es marginal para la agricultura. Las Clases V, VI y VII son para uso forestal, frutales o pastos. La Clase VIII son tierras destinadas a parques, áreas de esparcimiento, reservas y otras.

Los suelos de las microcuencas de la Quebrada Grande y Sin Nombre se clasifican en tres clases, según su capacidad de uso (*Ver Figura 6. Capacidad agrológica de los suelos en las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre*):

Tabla 4 Clasificación de la Capacidad Agrológica de los Suelos del área bajo estudio.

Nomenclatura	Clasificación	Área (km ²)	%
II	Arable, algunas limitaciones en la selección de las plantas.	0.0004 6	0.004
III	Arable, severas limitaciones en la selección de las plantas.	4.567	42.43
IV	Arable, muy severas limitaciones en la selección de las plantas.	6.195	57.55
TOTAL		10.76	100

Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010

- **CLASE II Arable, algunas limitaciones en la selección de las plantas:** Estos terrenos son aptos para la producción de cultivos anuales. Las tierras de esta clase presentan algunas limitaciones que solas o combinadas reducen la posibilidad de elección de cultivos, o incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo o de conservación de suelos.
- **CLASE III Arable, severas limitaciones en la selección de las plantas:** Las tierras de esta clase son aptas para la producción de cultivos anuales. Pueden

utilizarse además en las mismas actividades indicadas en la clase anterior. Los terrenos de esta clase presentan limitaciones severas que, restringen la selección de cultivos o incrementan sustancialmente los costos de producción. Requiere conservación especial.

- **CLASE IV Arable, muy severas limitaciones en la selección de las plantas:** Estas tierras son aptas para la producción de cultivos permanentes o semipermanentes. Los cultivos anuales sólo se pueden desarrollar en forma ocasional y con prácticas muy intensas de manejo y conservación de los suelos, esto debido a las muy severas limitaciones que presentan estos suelos, para ser usados en este tipo de cultivos de corto período vegetativo. También se permite utilizar los terrenos de esta clase en ganadería, producción forestal y protección. Requiere un manejo muy cuidadoso.

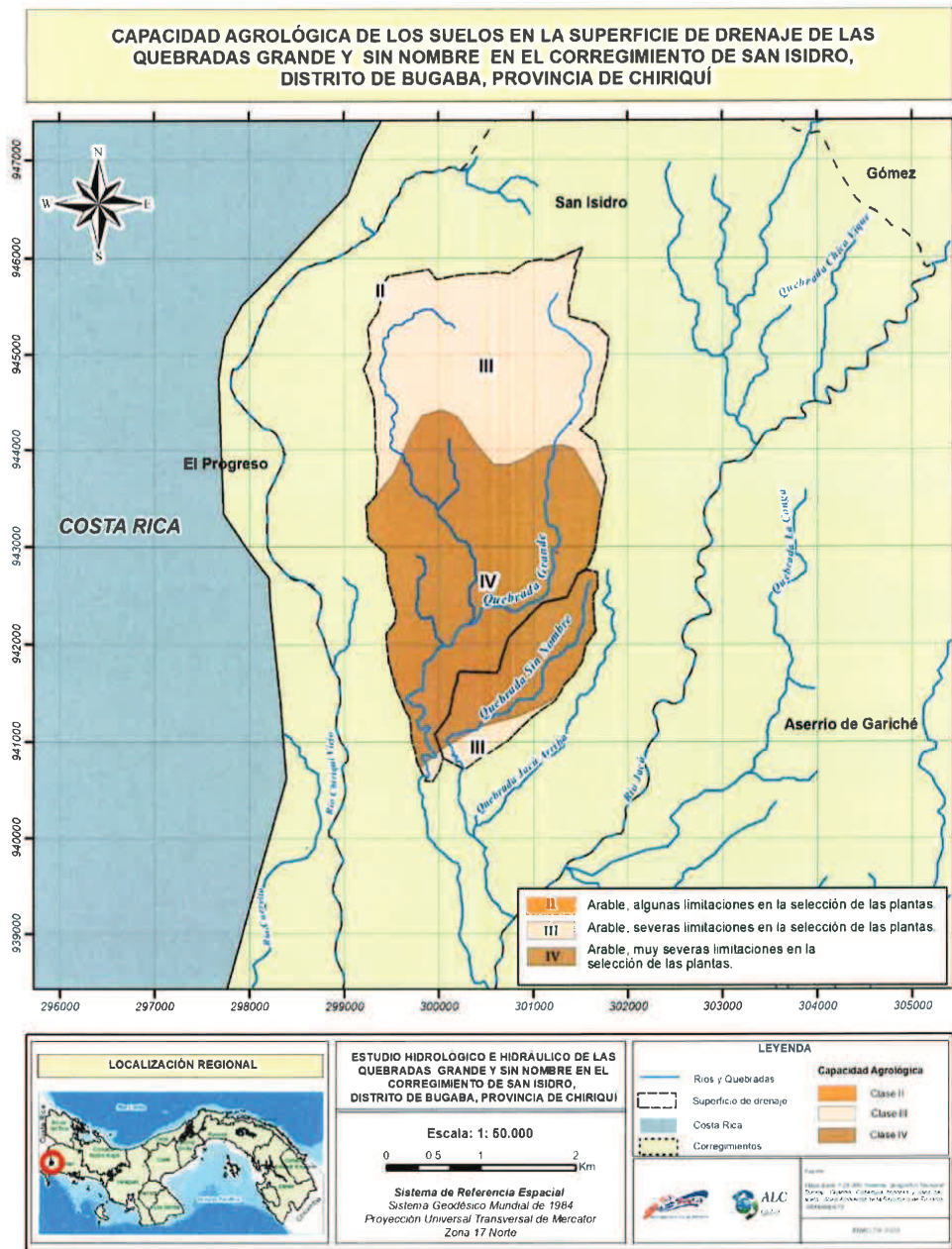


Figura 6. Capacidad agrológica de los suelos en las microcuencas de Quebrada Grande y Quebrada sin Nombre

7. COBERTURA BOSCOSA Y USOS DEL SUELO:

La cobertura y/o uso del suelo en el área de estudio, tiene una relación directa con las variables de elevaciones, clima y tipo de suelo.

En los suelos de la superficie de drenaje de las Quebradas Grande y Sin Nombre existe una predominancia de uso del 71% con suelos destinados a pastos, 15% a bosques secundarios y en menor proporción 5 categorías más, las cuales se muestran en la siguiente tabla (*Ver Figura 7. Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo*):

Tabla 5 Cobertura Boscosa y Uso de Suelo del área de estudio.

Leyenda	Cobertura y/o uso del suelo	Área (Km ²)	%
	Áreas pobladas	0.53	4.89
	Bosque plantado latifoliado	0.02	0.18
	Bosque secundario	1.56	14.56
	Infraestructuras	0.32	2.95
	Otros cultivos anuales	0.36	3.38
	Pastos	7.64	70.99
	Rastrojo	0.33	3.05
TOTAL		10.76	100

Fuente: Ministerio de Ambiente, 2012

Esta es un área muy intervenida, en la que predominan los suelos con destinación pecuaria y agrícola, además de las zonas habitacionales.

A continuación, se describen las categorías de cobertura y uso de los suelos encontrados dentro del área de estudio:

Área poblada

Área poblada urbana: Lugar poblado con 1500 o más habitantes y que partiendo de un núcleo central, presenta continuidad física en todas las direcciones, hasta ser interrumpida por terrenos no edificados. Reúne todas o la mayor parte de las siguientes características:

- Servicio de alumbrado eléctrico
- Acueducto público
- Sistema de alcantarillado
- Trazado de calles, varias de ellas pavimentadas y con aceras
- Edificios contiguos o alineados
- Uno o más colegios secundarios
- Establecimientos comerciales
- Centros sociales y recreativos

Área poblada rural: Lugar poblado con menos de 1500 habitantes que no cumpla con la mayoría de las características descritas para los poblados urbanos.

Bosque plantado de latifoliadas

Bosque plantado, compuesto predominantemente por especies latifoliadas.

Bosque secundario

Bosque en un estado sucesional anterior al bosque maduro, que se desarrolló después de que toda o la mayoría de la vegetación original fue eliminada por actividades humanas y/o fenómenos naturales. Corresponde a estados sucesionales que no presentan características de rastrojo ni de bosque maduro.

El bosque secundario se caracteriza por:

- Mayor presencia de especies pioneras.
- Poca presencia de árboles con copas grandes.

- Mayor proporción del área basal concentrada en clases diamétricas medias y bajas.
- Mayor presencia de sotobosque.

El bosque secundario se distingue del rastrojo por tener una altura promedio mayor a 5 metros y una cobertura de dosel superior al 30 por ciento. Se considera también como bosque secundario a los rastrojos con altura menor a 5 metros que hayan sido declarados para fines forestales.

Infraestructura

Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad. Ejemplo: zonas industriales o comerciales, red vial, ferroviaria y terrenos asociados, zonas portuarias, aeropuertos, obras hidráulicas, redes de transmisión eléctrica, etc.

Cultivo anual

Tierra con cultivos agrícolas temporales. No incluye tierra que queda abandonada después de un cultivo migratorio. Los cultivos anuales se pueden subdividir en:

- Arroz
- Caña de azúcar
- Horticultura mixta
- Maíz
- Piña
- Otro cultivo anual

Pastos

Tierra utilizada para producir forraje herbáceo, ya sea que éste crezca de manera natural o que sea cultivado.

Rastrojo

Rastrojo es la vegetación secundaria de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que aparece naturalmente después de un uso agropecuario. Tiene una altura promedio menor de 5 metros. Aunque cumple con los criterios de bosque en términos de su capacidad de alcanzar una altura promedio mayor de 5 metros y 30% de cobertura de copa in situ, no se considera bosque hasta que haya alcanzado una altura promedio de 5 metros y una cobertura de copa de 30 por ciento. Excepción: rastrojos con una altura promedio menor de 5 metros, y que in situ sean capaces de alcanzar los criterios establecidos en la definición de bosque, podrán ser considerados como bosque cuando su uso ha sido declarado con fines forestales.

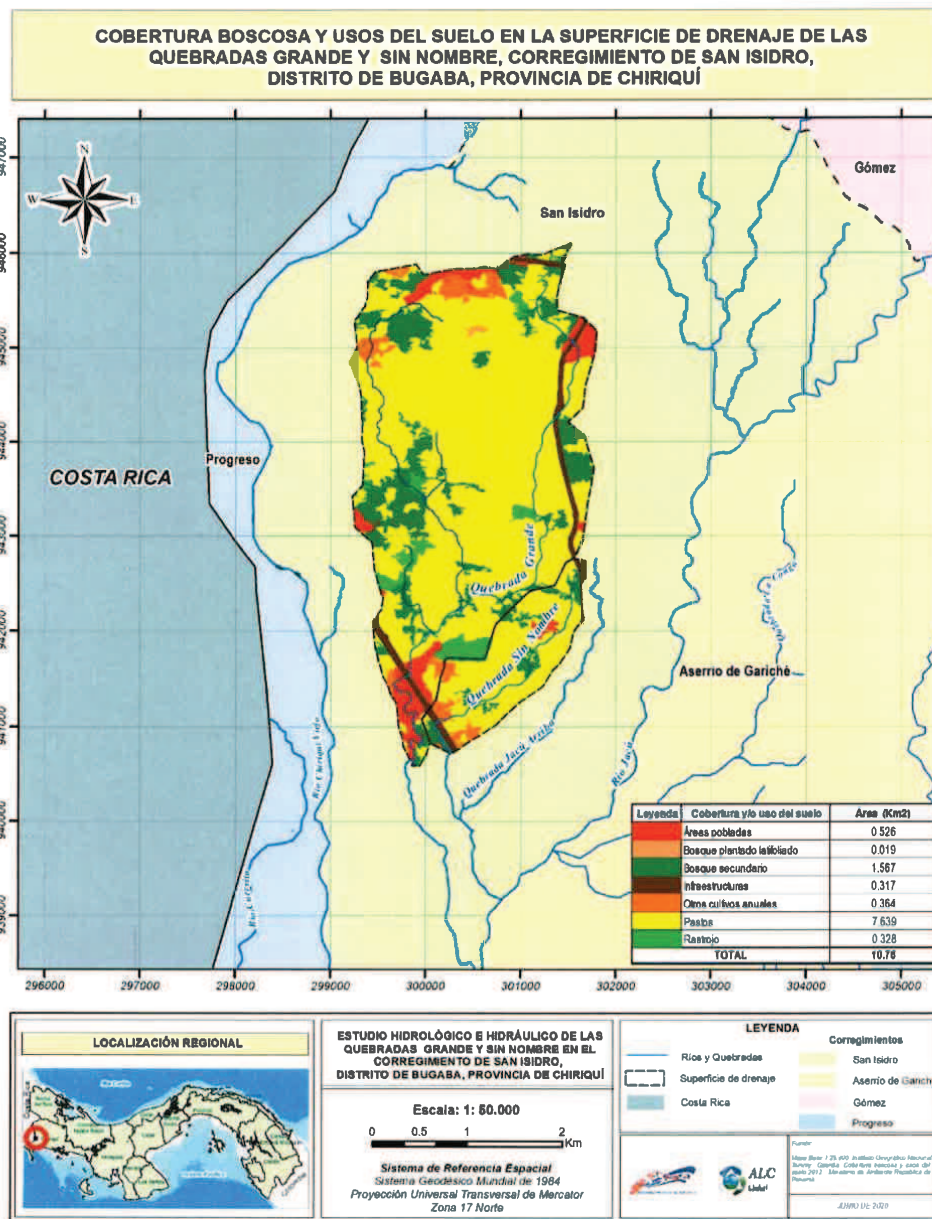


Figura 7. Mapa de cobertura boscosa y uso de suelo

8. CLIMA Y ZONAS DE VIDA

De acuerdo con la clasificación climática de Alberto McKay (2000) que se presenta en el Atlas Ambiental de la República de Panamá (2010); las microcuencas objeto de este análisis presentan un clima subecuatorial con estación seca.

8.1 Clima Subecuatorial con estación seca:

Este clima se presenta como el clima de mayor extensión en Panamá. Es cálido, con promedios anuales de temperatura de 26.5 a 27.5 °C en las tierras bajas (< 20 msnm), en tanto que para las tierras altas (aprox. 1000 m) la temperatura puede llegar a 20°C. Se encuentra en las tierras bajas y montañosas hasta 1000 metros de altura en la vertiente del Pacífico en Chiriquí, Veraguas, en sectores montañosos de Azuero y Coclé y en las montañas de Panamá, San Blas y Darién. Los niveles de precipitación son elevados, cercanos o superiores a los 2500 mm, alcanza los 3519 en Remedios. El clima es de estación seca corta y acentuada con tres a cuatro meses de duración.

8.2 Zonas de vida según Holdridge

De acuerdo con Holdridge: “Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas, las etapas de sucesión y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo”.

El sistema de zonas de vida de Holdridge permite la clasificación de dichas áreas en 30 clases, 12 de las cuales se encuentran en Panamá:

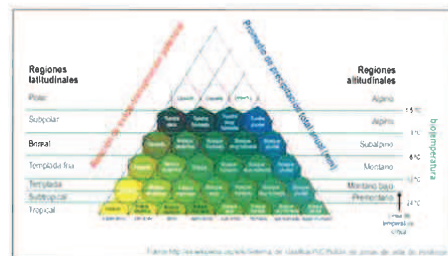


Figura 8. Nomograma de Zonas de Vida según Holdridge.

Zona de vida	Siglas*	Superficie (km ²)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Bosque húmedo montano bajo	bh-MB	30.71 (0.04%)	> 12	< 2,000
Bosque húmedo premontano	bh-PM	2,299.6 (3.07%)	> 24	1,450 - 2,000
Bosque húmedo tropical	bh-T	29,899.9 (40%)	24 - 26	1,850 - 3,400
Bosque muy húmedo montano	bmh-M	5.62 (0.007%)	6 - 12	2,000
Bosque muy húmedo montano bajo	bmh-MB	183.71 (0.25%)	12 - 18	2,000 - 4,000
Bosque muy húmedo premontano	bmh-PM	13,153.5 (17.55%)	17.5	2,000 - 4,000
Bosque muy húmedo tropical	bmh-T	16,609.6 (22.17%)	25.5 - 26	3,800 - 4,000
Bosque pluvial montano	bp-M	211.12 (0.28%)	6 - 12	> 2,000
Bosque pluvial montano bajo	bp-MB	1,619.54 (2.16%)	10.8 - 13.5	> 4,000
Bosque pluvial premontano	bp-PM	7,441.98 (9.93%)	18 - 24	4,000 - 5,500
Bosque seco premontano	bs-PM	612.51 (0.82%)	18 - 24	< 1,100
Bosque seco tropical	bs-T	2,847.74 (3.8%)	18 - 24	1,100 - 1,650

Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá (2010)

Las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre se encuentran dentro de las siguientes zonas de vida:

8.3 Bosque muy Húmedo Tropical

Esta zona de vida es uno de los mejores bio climas para uso forestal. Ocupa un área significativamente grande en Panamá, alcanzando unos 10900 kilómetros cuadrados o sea 13.4% del territorio nacional, representado en bloques grandes, continuos o en fajas, a elevaciones generalmente bajas a lo largo de la costa del Caribe, y en la parte oeste de la península de Azuero, en la Sierra de Cañazas, en la Cordillera costera desde el norte de la ciudad de Panamá, hasta la frontera con Colombia y en los valles montañosos adyacentes

al Chocó colombiano en Darién. Áreas más pequeñas pero significativas, se presentan en Chiriquí cerca de la frontera con Costa Rica y en la cordillera del Tabasará en el este de Chiriquí y oeste de Veraguas.

El bosque natural presenta una variedad de asociaciones que se encuentran en planicies y filos bien drenados y cuevas convexas superiores, con estratos bien definidos y una rica variedad de especies conformadas por arbóreas, arbustivas leñosas, epifitas, lianas, heliconias y otras más. Sus temperaturas oscilan entre los 25.5 y 26 °C y su nivel de precipitación anual va de los 3800 a 4000 mm.

8.4 Bosque Muy Húmedo Premontano:

Esta zona le sigue en extensión al Bosque Húmedo Tropical, totalizando 15200 kilómetros cuadrados, lo cual representa un 18% de la superficie del territorio nacional. Presenta áreas grandes y continuas tanto en el norte como en el sur de la división continental, encontrándose la mayor parte de esta en el lado Pacífico. La línea de elevación superior de esta formación se da entre los 1300 a 1600 metros sobre el nivel del mar, con una bio – temperatura media anual de unos 17.5 °C y una precipitación promedio entre los 2000 a 4000 mm.

Los bosques de tierras elevadas que ocupan principalmente suelos erosionables de baja fertilidad, son altos como los encontrados en el Bosque Húmedo Tropical, con una densidad mayor, tronco más delgado y la copa de los dominantes son menos anchas y desparramadas, más redondeadas y compactas. Los rodales contienen generalmente más especies perennifolias en todos los niveles y la estratificación es menos pronunciada.

Estos bosques en su condición de madurez, son la base para el inicio de la ordenación del uso sostenible, sin embargo, es necesario la implementación y aplicación de investigaciones científicas para definir el grado y métodos para su aprovechamiento y posterior manejo.

9. DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN:

En la cuenca hidrográfica 102 del Río Chiriquí Viejo se identifican dos temporadas bien definidas: la temporada seca que va de mediados de diciembre a mediados de mayo y la lluviosa que va desde mediados de mayo a mediados de diciembre.

La cuenca registra una precipitación media anual de 3341 mm. Se presentan dos (2) núcleos de precipitación: el primero, de baja precipitación (entre 2200 y 2400 mm) ubicado en la parte nororiental de la cuenca; el segundo, de alta precipitación (entre 4000 y 4800 mm) ubicado en la parte media de la cuenca. El 90 % de la lluvia, ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el 10 % restante se registra entre los meses de diciembre a abril; en la parte nororiental donde llueve menos, la distribución es más homogénea, con un 15 % de la lluvia en el período seco.

La temporada lluviosa se caracteriza por lluvias abundantes, de intensidad entre moderada a fuerte, acompañadas de actividad eléctrica que ocurre especialmente en horas de la tarde y que son por lo general de origen convectivo. Dentro de esta temporada se presenta frecuentemente un período seco conocido como Canícula o Veranillo de San Juan, entre julio y agosto. El período entre diciembre y abril corresponde a la temporada seca.

Las máximas precipitaciones en esta región, están asociadas generalmente a sistemas atmosféricos bien organizados, como las ondas y ciclones tropicales, y la distribución estacional está asociada a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

En la Figura 9, se presenta el Mapa de Isoyetas de las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre.

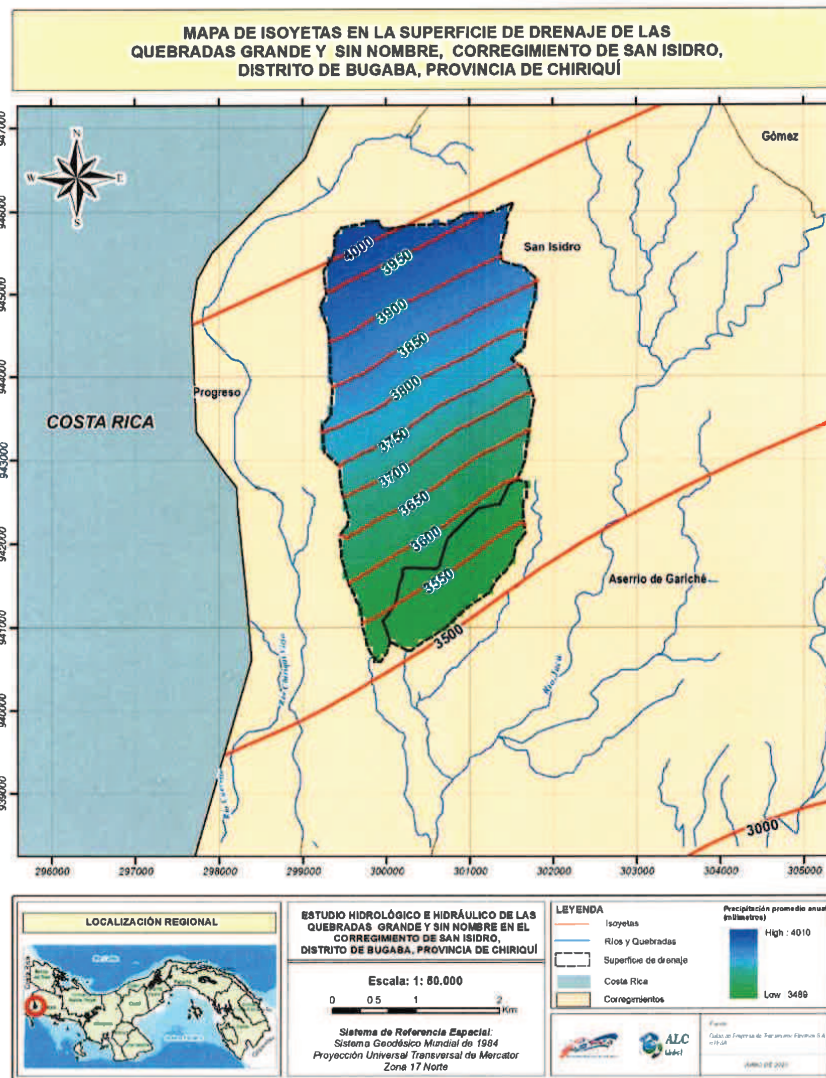


Figura 9. Mapa de Isoyetas de las microcuencas de Quebrada Grande y Quebrada sin Nombre

10. INFORMACIÓN BÁSICA

La información básica para el desarrollo del estudio hidrológico se obtuvo de tres fuentes principales:

- Información cartográfica existente
- Información hidrológica y meteorológica
- Levantamiento topográfico

10.1 Información cartográfica existente:

La información cartográfica se obtuvo de los mosaicos topográficos a escala 1:25000 generados por el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia de la República de Panamá, con proyección UTM (Universal Transversal de Mercator), curvas de nivel a intervalos de 10 m y curvas suplementarias de 5 m, elipsoide WGS84 y generadas con imágenes de radar aerotransportado del área, tomadas en el año 2012.

La finalidad fue trazar y definir la superficie de drenaje, longitud del cauce y otras características morfométricas de la cuenca. Las hojas cartográficas que contienen a las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre se encuentran en las hojas de Progreso con nomenclatura 3641 III NE y Paso Canoas 3641 IV SE de la República de Panamá.

10.2 Información meteorológica e hidrológica

Las superficies de drenaje de las Quebradas Grande y Sin Nombre no cuentan dentro de su área, con estaciones de medición de precipitación y caudales, pero por estar ubicada dentro de la cuenca hidrográfica del río Chiriquí Viejo (102) y su proximidad a la cuenca hidrográfica del río Chiriquí (108), cuenta con información de estaciones cercanas.

La distribución espacial de las estaciones que se encuentran cercanas y cuyo comportamiento tienen influencia dentro de la superficie de drenaje de las quebradas objeto de este estudio hidrológico e hidráulico (*Ver Figura 10. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas e hidrológicas de las cuencas vecinas*).

A continuación, se muestran las tablas con las estaciones hidrométricas y meteorológicas que inciden en el área de estudio del proyecto.

Tabla 6 Estaciones Hidrométricas de la Cuenca 102 del Río Chiriquí Viejo.

Número	Río	Lugar	Tipo de Estación	Elevación	Latitud	Longitud
102-01-01	CHIRIQUI VIEJO	VOLCAN	Cv	1533	8° 48' 51"	82° 37' 51"
102-01-02	CHIRIQUI VIEJO	PASO CANOA	At	100	8° 31' 52"	82° 49' 58"
102-01-03	CHIRIQUI VIEJO	BAITUN	At	380	8° 38' 00"	82° 48' 00"
102-01-04	CHIRIQUI VIEJO	PRESA BAITÚN (LAGO)	At	395	8° 39' 38"	82° 49' 04"
102-01-05	CHIRIQUI VIEJO	SITIO DE PRESA MONTE LIRIO	At	970	8° 48' 12"	82° 44' 37"
102-01-06	CHIRIQUI VIEJO	SITIO DE PRESA EL ALTO	At	616	8° 45' 27"	82° 50' 06"
102-01-07	CHIRIQUI VIEJO	SITIO DE PRESA BAJO MINA	At	505	8° 43' 00"	82° 49' 58"
102-01-08	CHIRIQUI VIEJO	SITIO DE PRESA BAJO FRIO	At	274	8° 35' 41"	82° 47' 10"
102-02-01	CANDELA	RIO SERENO	Cv	870	8° 49' 00"	82° 50' 00"

Tabla 7 Estaciones Meteorológicas de la Cuenca 102 del Río Chiriquí Viejo y 108 del Río Chiriquí.

Número	Nombre	Tipo de Estación	Elevación	Latitud	Longitud
102-001	CERRO PUNTA	CC	1830	8° 52' 00"	82° 35' 00"
102-007	CAISAN CENTRO	AA	1150	8° 45' 48"	82° 47' 36"
102-009	BAJO GRANDE	BC	2300	8° 51' 00"	82° 33' 00"
102-014	CANAS GORDAS	CC	1140	8° 45' 04"	82° 54' 40"
102-015	BRENON	CC	700	8° 38' 07"	82° 49' 44"
102-016	GOMEZ ARRIBA	CC	380	8° 34' 00"	82° 44' 00"
102-017	SANTA CRUZ	CM	670	8° 39' 00"	82° 46' 00"
102-019	COTITO	CA	1900	8° 52' 41"	82° 42' 21"
102-020	PIEDRA CANDELA	CC	1440	8° 52' 35"	82° 46' 34"
102-029	SORTOVA	AM	400	8° 33' 07"	82° 39' 06"
102-034	VOLCAN	AA	1381	8° 46' 56"	82° 38' 29"
102-035	CHIRIQUI VIEJO VOLCAN	CA	1537	8° 48' 45"	82° 37' 42"
108-023	DAVID	AC	27	8° 23' 48"	82° 25' 42"

11. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA QUEBRADA GRANDE Y QUEBRADA SIN NOMBRE

El levantamiento topográfico de las Quebradas Grande y Sin Nombre fue realizado entre el lunes 18 y jueves 21 de mayo de 2020. Se levantaron 41 secciones transversales de la Quebrada Grande y 30 de la Quebrada Sin Nombre (ver Tabla 9 y 10).

Tabla 8. Secciones transversales de la Quebrada Grande.

Sección	Nomenclatura HEC-RAS
41	0k+000
40	0k+020
39	0k+040
38	0k+045
37	0k+050
36	0k+055
35	0k+060
34	0k+065
33	0k+070
32	0k+075
31	0k+080
30	0k+100
29	0k+120
28	0k+140
27	0k+160
26	0k+180
25	0k+200
24	0k+220
23	0k+240
22	0k+260
21	0k+280
20	0k+300
19	0k+320
18	0k+340
17	0k+360
16	0k+380
15	0k+400

Sección	Nomenclatura HEC-RAS
14	0k+420
13	0k+440
12	0k+460
11	0k+480
10	0k+500
9	0k+520
8	0k+540
7	0k+560
6	0k+580
5	0k+600
4	0k+620
3	0k+640
2	0k+660
1	0k+680

Tabla 9. Secciones transversales de la Quebrada Sin Nombre

Sección	Nomenclatura HEC-RAS
30	0k+000
29	0k+020
28	0k+040
27	0k+045
26	0k+050
25	0k+055
24	0k+060
23	0k+065
22	0k+070
21	0k+075
20	0k+080
19	0k+100
18	0k+120
17	0k+140
16	0k+160
15	0k+180
14	0k+200
13	0k+220
12	0k+240
11	0k+260
10	0k+280
9	0k+300
8	0k+320
7	0k+340
6	0k+360
5	0k+380
4	0k+400
3	0k+420
2	0k+440
1	0k+460

El levantamiento topográfico de las secciones transversales fue amarrado y referenciado a las elevaciones tomadas a partir del B.M de la República de Panamá con código CR- CPA-4 cuya elevación es 80.2721 metros. A partir de cálculos satelitales utilizando equipo de doble frecuencia y glonass se da posición con coordenadas UTM, zona 17 Norte y datum WGS 84 al trabajo realizado. Información adicional sobre el trabajo topográfico realizado,

se encuentra en el informe “INFORME DE TRABAJO DE SECCIONAMIENTO A QUEBRADAS: GRANDE, SIN NOMBRE Y ZANJAS, EN AREA LIMÍTROFE ENTRE LAS REPÚBLICAS DE PANAMÁ Y COSTA RICA – AREA DE PANAMÁ EN EL CORREGIMIENTO DE SAN ISIDRO, DISTRITO DE BUGABA Y PROVINCIA DE CHIRIQUI”.

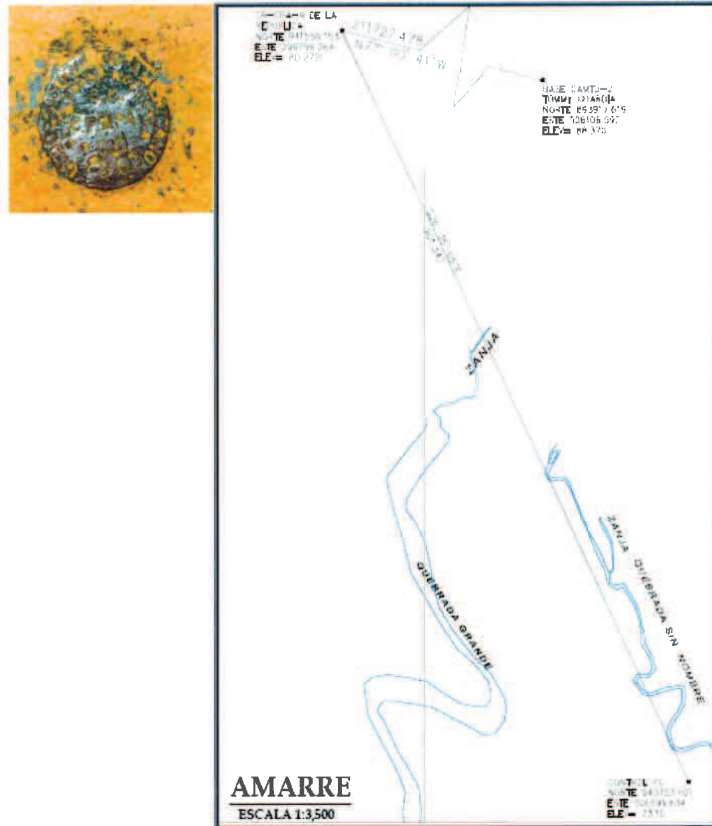


Figura 11. Foto de B.M del puente, con código CR- CPA- 4 y a base CAMTU-2.

12. MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA QUEBRADA GRANDE UTILIZANDO MODELO HEC-HMS

La microcuenca de la Quebrada Grande tiene una superficie de drenaje de 928 hectáreas y debido a que es mayor a 250 hectáreas, el Manual de Requisitos y Normas Generales actualizadas para la Revisión de Planos, parámetros recomendados en el diseño del sistema de calles, y drenajes pluviales de acuerdo a lo exigido en el Ministerio de Obras Públicas recomienda para la obtención del caudal máximo el uso de una modelación hidrológica.

12.1 Descripción del modelo HEC-HMS

El modelo HEC-HMS fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en los años 60 y es un modelo de precipitación escorrentía cuyo precursor se conoce con el nombre de HEC-1. El HEC-HMS, es uno de los programas de simulación de eventos de mayor difusión y que se puede utilizar de manera gratuita. Se utilizó la versión 3.5 para el análisis de los caudales de diseño.

12.2 Requerimientos del modelo HEC-HMS

Debido a que se necesita validar el caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años y estos se pueden considerar eventos, los requerimientos del modelo dependen de la información hidrometeorológica disponible y del método seleccionado para determinarlos. Para nuestro caso, se requiere como elementos de entrada para simular el evento, la precipitación.

Los requerimientos para este método se refieren a características físicas como superficie de drenaje, el tiempo de concentración de la microcuenca de la Quebrada Grande, longitud y pendiente del cauce, pendiente de las laderas y estimación del número de curvas los cuales fueron obtenidos usando el Sistema de Información Geográfica (SIG).

Toda esta información se determina por medio de imágenes de satélite, mosaicos topográficos, fotografías aéreas y principalmente la inspección de campo.

12.3 Metodología

El modelo HEC-HMS, está diseñado para simular la escorrentía superficial que resulta de una lluvia, mediante la representación de una cuenca como un sistema de componentes interconectados. Cada componente puede simular de manera individual un aspecto del proceso lluvia-escorrentía dentro de un área o microcuenca; los componentes incluyen la escorrentía superficial de la subárea, los canales y los embalses. Cada componente se representa por un conjunto de parámetros que especifica las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen sus procesos físicos. Los resultados finales del proceso de modelación son los hidrogramas de salida o escorrentía superficial directa para cada subárea previamente especificada. En la *Figura 11* se presenta el esquema del HEC-HMS de la microcuenca de la Quebrada Grande.

El componente de escorrentía superficial para una subárea, se utiliza para presentar el movimiento del agua sobre la superficie del terreno para los cauces de los ríos y quebradas. La entrada de este componente es un hietograma de precipitación, el cual fue diseñado por el método de los bloques alternos. El exceso de lluvia se calcula restando la infiltración y las pérdidas por detención, y en nuestro caso se seleccionó el método del número de curva del Soil Conservation Services (SCS) y alternativamente se utilizó el modelo del hidrograma unitario de Clark para calcular los hidrogramas de escorrentía en la microcuenca.

El componente de tránsito de avenidas representa el movimiento de las ondas de crecidas en los canales. La entrada de este componente es el hidrograma obtenido aguas arriba, que resultó de las combinaciones individuales o combinadas de la escorrentía de las subáreas, el tránsito de caudales o las derivaciones.

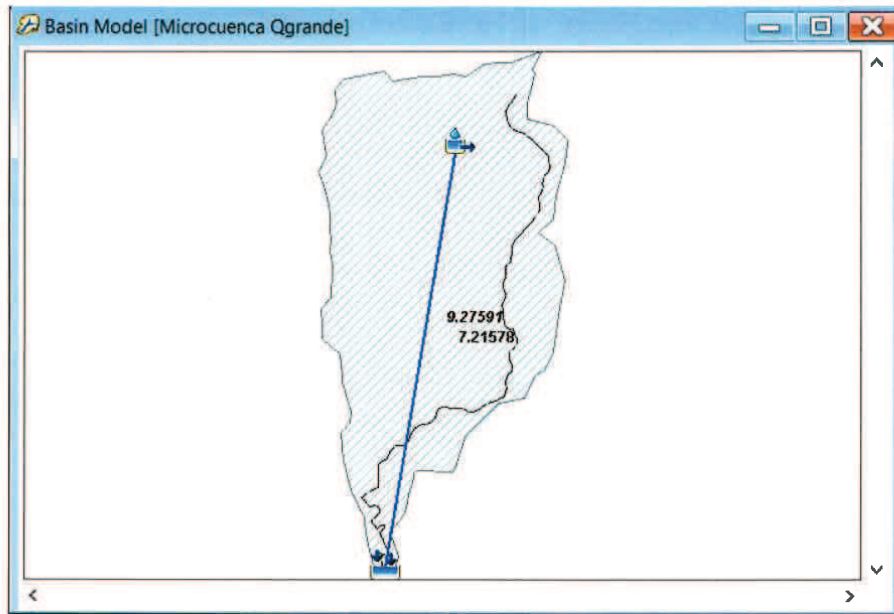


Figura 12. Esquema del Modelo HEC-HMS de la microcuenca de la Quebrada Grande.

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

12.4 Análisis de la Precipitación:

Para obtener el hietograma de diseño de la microcuenca de la Quebrada Grande, se analizaron los datos de las estaciones meteorológicas que se encuentran en la cuenca hidrográfica del Río Chiriquí Viejo y las cuencas vecinas. Debido a que la microcuenca de la Quebrada Grande no se cuenta con estaciones meteorológicas completas (tipo A), se analizaron los datos de las estaciones más representativas del comportamiento tanto temporal como espacial de la lluvia.

Se revisaron y analizaron los datos de intensidades máximas de precipitación de las estaciones meteorológicas Tipo A de Caisán Centro (102-007), Bajo Grande (102-009) y David Aeropuerto (108-023).

Por ejemplo, en la Tabla 11 se presenta las intensidades y duración para diferentes periodos de retorno de la Cuenca del Río Chiriquí Viejo (mm/hr) calculados por el método de Talbot, y que fueron obtenidos por la Tesis *Generación de Relaciones Intensidad Duración*

Frecuencias para Cuencas en la República de Panamá realizados por la Ing. Alcely Lau y el Ing. Antonio Pérez.²

Tabla 10 Intensidades para diferentes periodos de retorno de la Cuenca del Río Chiriquí Viejo (mm/hr) por el método de Talbot.

Duración [Hr]	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	20	30	50	100
0.25	148.200	249.188	320.567	392.916	435.983	491.107	567.442
0.50	103.477	152.041	183.706	214.679	232.719	255.467	286.453
0.75	83.069	118.357	140.715	162.287	174.742	190.352	211.467
1.00	66.413	93.708	110.823	127.252	136.707	148.529	164.477
1.50	46.876	65.440	76.939	87.911	94.200	102.041	112.585
2.00	38.963	51.798	59.207	66.016	69.821	74.477	80.603
2.50	33.505	45.457	52.587	59.256	63.030	67.690	73.887
3.00	29.161	39.881	46.350	52.438	55.896	60.181	65.898

El paso siguiente fue diseñar la lluvia para un periodo de retorno de 100 años.

12.5 Método del bloque alterno

Se requiere de una metodología para distribuir la lluvia y en nuestro caso usamos el método del bloque alterno. El método del bloque alterno es generalmente utilizado también para desarrollar el hietograma de diseño si no se conoce la lluvia del evento. Conocido el tiempo de concentración y las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de la estación más cercana al proyecto en estudio se puede diseñar la lluvia. El hietograma de diseño generado por este método determina la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempos sucesivos de duración Δt sobre una duración de $T_d = n\Delta t$. Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño y el intervalo de tiempo Δt , la intensidad es leída de la curva IDF o en su defecto se aplica la ecuación generada para la curva, para cada una de las duraciones para cada Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$..., y la profundidad de precipitación correspondiente se

² Lau A. y Pérez A. (2015) *Generación de Relaciones Intensidad Duración Frecuencia para Cuencas en La República de Panamá*. Universidad Tecnológica de Panamá

encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Determinando la diferencia entre los valores sucesivos de profundidad de la lluvia, se encuentra la cantidad total de precipitación que debe añadirse por cada unidad de tiempo Δt . Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de manera que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida T_d y que los bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central de manera de conformar el hietograma de diseño del proyecto.

En la *Tabla 12* se presenta el resumen de la intensidad para determinar la curva IDF de la estación David Aeropuerto (ver *Figura 12. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para la estación meteorológica David. Fuente: ETESA, 1971-1996. Revisión y validación por consultor mayo 2020*). Los datos de intensidades de precipitación, se usaron para elaborar el hietograma de la tormenta de diseño en el método de los bloques alternos (ver *Figura 13. Hietograma de la microcuenca de la Quebrada Grande*) con la finalidad de estimar la crecida de diseño para un periodo de retorno de 100 años y en la *Tabla 13* se presentan los valores del hietograma de la lluvia de diseño de la Quebrada Grande.

Para determinar la lluvia de diseño, se analizaron y compararon los datos de las curvas IDF de las estaciones de lluvia más cercanas, las cuales fueron Caisán Centro (102-007), Bajo Grande (102-009) y David (108-023). Según la revisión de los registros de precipitación realizada por el consultor, se identificó que la estación de David Aeropuerto, es la que representa las características de la parte baja de la cuenca, por lo que se seleccionó como la adecuada para el desarrollo del hietograma de diseño de la zona bajo estudio. Esta estación fue operada por el antiguo IRHE (actualmente Dirección Hidrometeorología de ETESA).

Tabla 11. Resumen de Intensidad para determinar la curva IDF para la Estación de Lluvia de David.

tc (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, tabla revisada y generada por el Consultor mayo 2020.

Tabla 12. Hietograma de lluvia de diseño desarrollado en incrementos de 10 minutos para una tormenta de 100 años y duración de 120 minutos para la Microcuenca de la Quebrada Grande usando el método de bloques alternos.

Tc (min)	t (hr)	Intensidad (mm/hr)	Precipitación neta (mm)	Int para cada 10 minutos	Hietograma (mm)
10	0.17	223.29	37.21	37.21	7.23
20	0.33	163.91	54.64	17.42	7.94
30	0.50	136.79	68.40	13.76	8.95
40	0.67	120.32	80.21	11.82	10.56
50	0.83	108.92	90.77	10.56	13.76
60	1.00	100.42	100.42	9.65	37.21
70	1.17	93.75	109.37	8.95	17.42
80	1.33	88.33	117.77	8.40	11.82
90	1.50	83.81	125.71	7.94	9.65
100	1.67	79.96	133.26	7.56	8.40
110	1.83	76.63	140.49	7.23	7.56
120	2.00	73.71	147.43	6.94	6.94

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

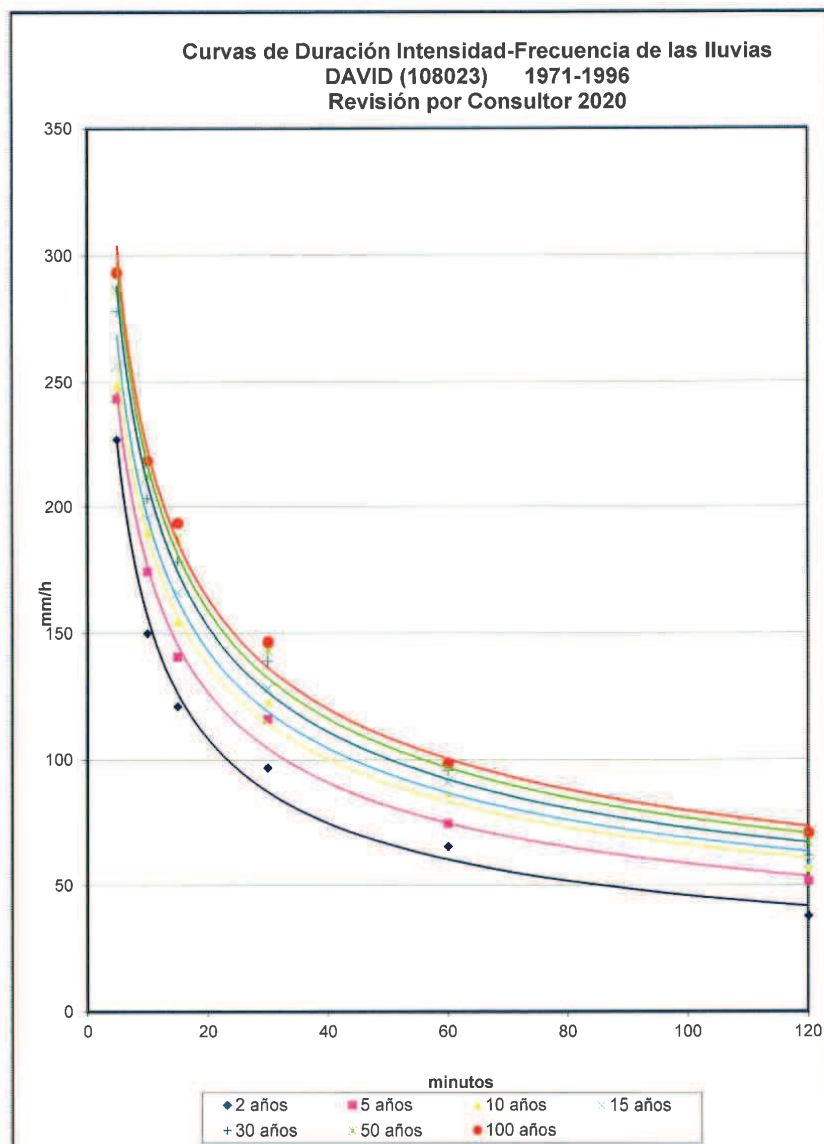


Figura 13. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para la estación meteorológica David.

Fuente: Hidrometeorología de ETESA. Revisión por consultor, mayo 2020.

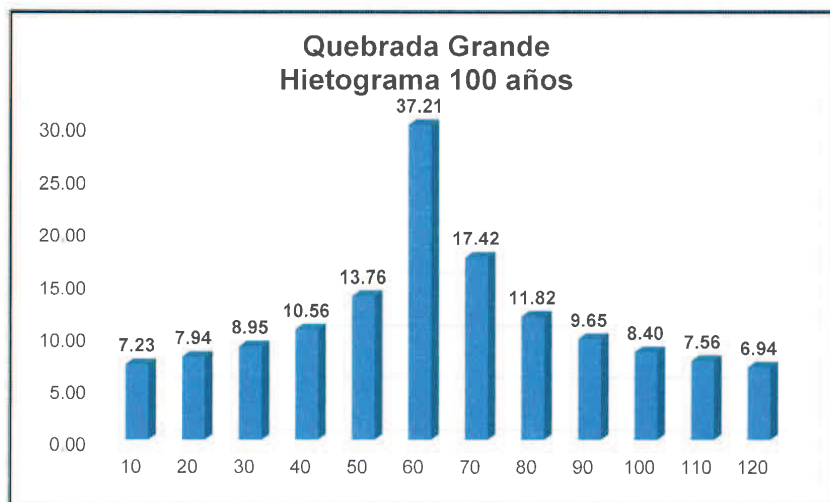


Figura 14. Hietograma de la microcuencia de la Quebrada Grande.

Fuente: Desarrollado por el consultor, junio de 2020.

12.6 Caudales de diseño para periodo de retorno de 100 años:

Determinado el hietograma de diseño de la lluvia desarrollado en incrementos de 10 minutos para una tormenta con periodo de retorno de 100 años, el siguiente paso fue el diseño del hidrograma de crecida. Para el diseño se utilizó el programa hidrológico HEC-HMS³ desarrollado por el cuerpo de ingenieros del Centro de Ingeniería Hidrológica de los Estados Unidos y que es de licencia gratuita.

El objetivo de aplicar el modelo HEC-HMS es establecer el hidrograma de entrada para el tránsito de la crecida con un periodo de retorno de 100 años.

Los parámetros del modelo fueron obtenidos de las imágenes de satélite, aplicando diferentes herramientas del Sistema de Información Geográfica.

³ HEC-HMS, Sistema de Modelación Hidrológica del Centro de Ingeniería Hidrológica por sus siglas en inglés.

13. CORRIDA DEL MODELO HEC-HMS PARA la QUEBRADA GRANDE

Obtenidos todos los parámetros físicos y el hietograma de lluvia requeridos por el modelo HEC-HMS, se procedió a ensamblar el modelo.

El trazado y medición de las microcuencas de las quebradas Grande y Quebrada Sin Nombre se obtuvieron mediante medición SIG digital de los mosaicos 1:25000 del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. De los mosaicos también se obtuvieron las características físicas de la cuenca como la superficie de drenaje, longitud de los cauces, pendiente media de los cauces y de las laderas perpendiculares al cauce del río.

Con estos parámetros se procedió a determinar el tiempo de concentración para la microcuenca, adoptando el método de Kirpich.

El modelo se ensambló de la siguiente manera:

- Se declaró la superficie de drenaje de la Quebrada Grande y se alimentó el modelo con los parámetros requeridos.
- Se asumió que la lluvia de diseño es homogénea en toda la cuenca.
- Se introdujo el hietograma para la tormenta de diseño de 100 años de periodo de retorno.
- Se seleccionó el método del SCS (Soil Conservation Service de Estados Unidos) para calcular las pérdidas por infiltración y el método Hidrograma Unitario de Clark para determinar los hidrogramas de crecidas.
- Se realizaron las corridas para el periodo de retorno seleccionado.

Obtenidos los resultados de las corridas con el HEC-HMS, se comparó con los caudales máximos del Análisis de Frecuencia de Caudales Máximos (ETESA).

13.1 Resultados de la modelación HMS de la microcuenca de la Quebrada Grande

El caudal de diseño obtenido, para un periodo de retorno de 100 años para la Quebrada Grande es de 113.6 m³/s. En la *Figura 14* se presentan los resultados de la modelación hidrológica del HEC-HMS.

En la *Figura 15* se presenta el hidrograma de la Quebrada Grande hasta el sitio del proyecto para el periodo de retorno de 1 en 100 años.

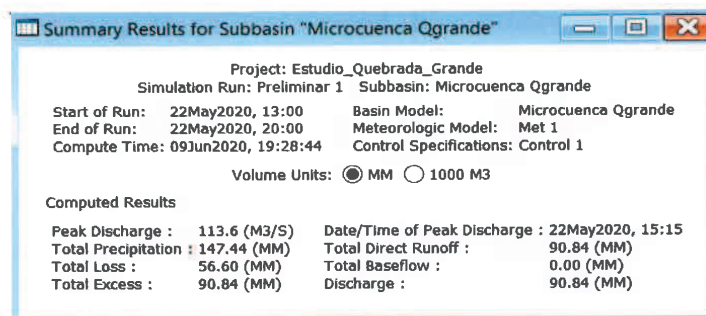


Figura 11. Resultados de la modelación hidrológica en el HEC-HMS

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

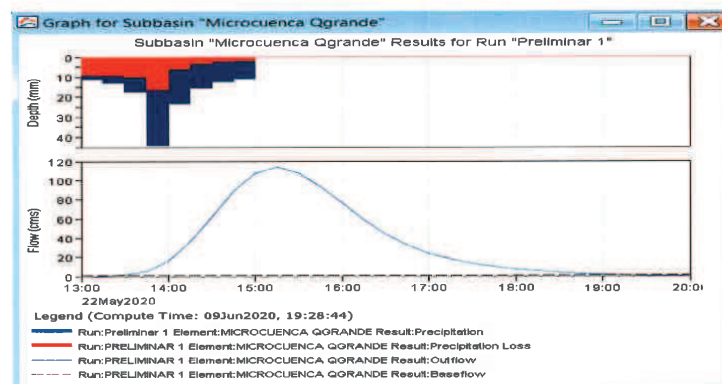


Figura 16. Hidrograma de la Quebrada Grande hasta el sitio del proyecto para el periodo de retorno de 1 en 100 años.

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020

14. CÁLCULO DE CAUDAL MÁXIMO DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE USANDO EL MÉTODO RACIONAL

La microcuenca de la Quebrada Sin Nombre tiene una superficie de 149 hectáreas, y el Manual de Requisitos y Normas Generales actualizadas para la Revisión de Planos, permite dentro de sus parámetros recomendados para el diseño del sistema de calles y drenajes pluviales de acuerdo a lo exigido en el Ministerio de Obras Públicas, usar la formula Racional hasta una superficie de drenaje de 250 has.

Descripción del modelo

Para la determinación del caudal máximo, se utilizó el Método Racional.

$$Q = 0.278 * C * i * A$$

Donde:

Q = Caudal Máximo Instantáneo en m³/s.

C = Coeficiente de Escorrentía de la superficie de la cuenca bajo estudio.

I = Intensidad de la Lluvia en mm/h.

A = Superficie de Drenaje de la Cuenca en km².

Superficie de drenaje y coeficiente de escorrentía

Para la determinación de la superficie de drenaje de la microcuenca, se utilizó una imagen georreferenciada de los mapas topográficos de las áreas de Progreso y Paso Canoas en escala 1:25000 obtenido de la página web del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. Se determinó que la superficie de drenaje de la microcuenca de la Quebrada Sin Nombre es 1.49 km². De la inspección de campo y del análisis de las imágenes satelitales, se asumió un coeficiente de escorrentía C = 0.70 lo que indica que el 70% del agua que cae escurre superficialmente.

Intensidad de la lluvia

Para calcular la intensidad de la lluvia, primero se determinó el tiempo de concentración T_c. El tiempo de concentración se define como, el tiempo que demora una gota de agua para fluir

del punto más remoto de la cuenca, hasta la salida. Para este estudio se evaluaron las siguientes ecuaciones empíricas para determinar el tiempo de concentración:

Kirpich (1940): Desarrollada a partir de información del SCS en 7 cuencas rurales en Tennessee con caudales bien definidos y pendientes empinadas (3%-10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.40; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.20; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo de cunetas.

$$T_c = 0.0078 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

T_c= Tiempo de Concentración (minutos)

L= Longitud del Canal desde aguas arriba hasta la salida (pies)

S= Pendiente promedio de la Cuenca (pies/pie)

Datos:

L= 9799.46 pies

S= 2.56%

$$T_c = (0.0078) * (9799.46)^{0.77} * (0.0256)^{-0.385}$$

T_c= 37.93 ≈ 37.9 min

California Culverts Practice (1942): Esencialmente es la ecuación de Kirpich desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California (US Bureau of Reclamation 1973).

$$T_c = 60 * [11.9 * L^3 / H]^{0.385}$$

T_c = Tiempo de concentración (minutos)

L= Longitud del curso de agua más largo (millas)

H= Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (pies)

Datos

$$L = 1.86 \text{ mi}$$

$$H = 250.40 \text{ pies}$$

$$T_c = 60[11.9 * 1.86^3 / 250.40]^{0.385}$$

$$T_c = 37.88 \text{ min} \approx 37.9 \text{ min}$$

$$T_{cprom} = 37.9 \text{ min}$$

Con $T_c = 37.9 \text{ min}$ y la curva IDF de la estación David 108-023, obtenemos la siguiente ecuación de intensidad:

$$i = -68.88 \ln(x) + 387.36$$

$$i = -68.88 \ln(37.9) + 387.36$$

$$i = 136.97 \text{ mm/h} \approx 137 \text{ mm/h}$$

$$Q = 0.278 * C * I * A = 0.278 * 0.70 * 137 * 1.49$$

$$Q = 39.72 \text{ m}^3/\text{s} \text{ caudal para el periodo de retorno de 100 años.}$$

15. MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA DETERMINAR LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN DE LAS QUEBRADAS GRANDE Y SIN NOMBRE

Para determinar las planicies de inundación a lo largo del área de estudio, para el periodo de retorno de 1 en 100 años, se utilizó el programa de modelación hidráulica HEC-RAS.

Una vez obtenido el caudal máximo instantáneo para un periodo de retorno de 1 en 100 años se procedió a introducir los caudales determinados, en el modelo HEC-RAS.

15.1 Descripción del Modelo HEC-RAS

HEC-RAS, fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros militares de los Estados Unidos (US Army Corps), el cual tiene como su predecesor el HEC-2 y ha sido actualizado desde su aparición a los inicios de los años 60.

La versión actual del programa, permite realizar cálculos de perfiles de agua para flujo permanente y no permanente en una dimensión, análisis de transporte de sedimento del lecho y análisis de temperatura del agua.

Se utilizó el HEC-RAS en su versión 4.1 el cual es un programa de dominio público, está ampliamente probado y tiene literatura disponible para consulta.

El modelo tiene disponible entre sus principales características la modelación de los perfiles de agua a lo largo de un cauce o canal, la modelación y cálculo hidráulico de estructuras hidráulicas tales como puentes, alcantarillas; además, de contar con un módulo que permite el diseño hidráulico de canales y el cálculo de corte y relleno.

Para el desarrollo de los mapas de las planicies de inundación, se utilizó el HEC-GeoRAS que es un conjunto de procedimientos, herramientas y utilidades para procesar datos geoespaciales en ArcGIS mediante una interfaz gráfica de usuario (GUI). La interfaz permite la preparación de datos geométricos para la importación a HEC-RAS y procesa los resultados de simulación exportados desde HEC-RAS.

Para crear el archivo de importación, el usuario debe tener un modelo de terreno digital (DTM) existente de la red de drenaje en formato ArcInfo TIN. El usuario crea una serie de temas de línea pertinentes al desarrollo de datos geométricos para HEC-RAS. Los temas creados son el eje central del cauce del río, eje central del tránsito del caudal (opcional), orillas del canal principal (opcional) y líneas de corte de sección transversal los que se denominan temas RAS.

15.2 Requerimientos del Modelo:

Luego de seleccionado el modelo para realizar el análisis hidráulico, se procedió a estudiar sus requerimientos mínimos. La información necesaria para la modelación incluyó los mapas topográficos del área, el levantamiento topográfico de las secciones transversales de las Quebradas Grande y Sin Nombre, que atraviesan el polígono del proyecto “Centro de Control Nacional de Frontera de Paso Canoas”, con su respectivo plano planta perfil en formato dwg.

Los datos de elevación y posición del levantamiento topográfico están referidos al sistema de referencia espacial UTM WGS84 zona 17.

15.3 Resultados de la Modelación Hidráulica en HEC-RAS:

Luego de alimentado el modelo HEC-Ras con los datos requeridos, se procedió a la modelación de los cuerpos de agua. La quebrada Grande, que pasa lateral al terreno bajo estudio, para el proyecto propuesto, se modeló a flujo no permanente o modelo hidrodinámico y la quebrada Sin Nombre, a flujo permanente.

La Tabla 14, presenta los datos de salida de la modelación con el HEC-RAS de la Quebrada Grande, para un periodo de retorno de 1 en 100 años. En la Tabla 15, se presenta la salida para la modelación en HEC-RAS de la Quebrada Sin Nombre para un periodo de retorno de 1 en 100 años.

Los resultados obtenidos de la Modelación Hidráulica del HEC-RAS fueron validados por la inspección realizada el lunes 18 de mayo de 2020 (ver en Anexos A.6.1.).

Tabla 13. Salida de HEC-RAS de la Quebrada Grande para un periodo de retorno de 100 años.

Sección	Q total (m³/s)	Min Ch El (m)	Elev. Agua(m)	E.G. Elev(m)	E.G. Slope(m/m)	Vel Chnl(m/s)	# Froude Chl
41	113.60	66.00	70.87	70.97	0.000332	1.46	0.26
40	113.60	66.36	70.86	70.97	0.000268	1.60	0.26
39	113.60	65.76	70.85	70.96	0.000242	1.68	0.25
38	113.60	65.82	70.86	70.95	0.000194	1.57	0.23
37	113.60	65.66	70.92	70.93	0.000017	0.47	0.07
36	113.60	65.25	70.86	70.92	0.000092	1.17	0.16
35	113.60	64.46	70.84	70.92	0.000119	1.30	0.18
34	113.60	65.41	70.85	70.91	0.00011	1.13	0.17
33	113.60	65.28	70.87	70.90	0.000071	0.94	0.14
32	113.60	64.71	70.88	70.90	0.000031	0.71	0.09
31	113.60	64.21	70.88	70.89	0.000032	0.75	0.10
30	113.60	64.16	70.86	70.89	0.000083	1.05	0.15
29	113.60	68.48	70.23	70.83	0.010671	4.00	1.29
28	113.60	63.33	65.28	70.02	0.047278	9.85	2.78
27	113.60	63.72	64.78	68.80	0.053712	9.05	2.94
26	113.60	63.87	65.67	67.60	0.017699	6.38	1.76
25	113.60	63.37	66.47	66.81	0.001174	2.78	0.52
24	113.60	63.05	66.18	66.76	0.002516	3.75	0.74
23	113.60	63.02	66.28	66.67	0.001345	3.10	0.56
22	113.60	62.65	65.68	66.58	0.004796	4.64	0.96
21	113.60	61.71	65.75	66.13	0.00125	2.85	0.53
20	113.60	61.55	65.64	66.09	0.001366	3.53	0.58
19	113.60	61.50	65.64	66.05	0.001041	3.12	0.51
18	113.60	61.48	65.78	65.97	0.000496	2.19	0.35
17	113.60	61.79	65.81	65.95	0.000389	1.92	0.31
16	113.60	61.75	65.86	65.91	0.000156	1.25	0.20
15	113.60	61.33	65.82	65.91	0.00022	1.60	0.24
14	113.60	61.05	65.61	65.88	0.000956	2.86	0.47
13	113.60	60.29	65.71	65.83	0.000228	1.61	0.24
12	113.60	63.43	65.39	65.79	0.00435	3.45	0.90
11	113.60	60.64	61.97	65.36	0.037471	8.33	2.51
10	113.60	60.57	61.93	64.41	0.026857	7.17	2.14
9	113.60	60.45	63.12	63.44	0.001281	2.66	0.53
8	113.60	59.35	62.95	63.39	0.001472	3.27	0.59
7	113.60	58.67	63.08	63.31	0.000573	2.28	0.38
6	113.60	59.14	63.14	63.27	0.000374	1.73	0.30
5	113.60	59.94	63.14	63.26	0.00044	1.76	0.32
4	113.60	59.49	63.16	63.24	0.000265	1.53	0.26
3	113.60	59.39	62.19	63.14	0.007814	4.71	1.18
2	113.60	58.21	61.66	61.80	0.000697	1.64	0.36
1	113.60	57.67	60.65	61.67	0.006783	4.46	1.04

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

15.4 Análisis de los Resultados de la Simulación Hidráulica de la Quebrada Grande

Los resultados de la modelación hidráulica de la Quebrada Grande para el caudal máximo extraordinario de $113.6 \text{ m}^3/\text{s}$, que representa un periodo de retorno de 1 en 100 años se presentan en la tabla 14 y en el mapa del Anexo, A.2. 2. Planicies de inundación de las Quebradas Grande y Quebrada Sin Nombre. En la figura 17, se presenta una foto de la ribera oeste de la Quebrada Grande, en donde se puede observar una vivienda en las planicies de inundación de la Quebrada Grande.

- Los terrenos y propiedades localizadas en la ribera oeste del cauce de la quebrada son áreas inundables.
- Los terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto, localizados en la ribera este de la Quebrada Grande de la quebrada, desde la Carretera Interamericana hacia aguas abajo, se inundan para el periodo de retorno de analizado.
- Según los resultados, el nivel de terracería segura debe tener una elevación de 70.92 msnm o más.



Figura 17. Foto de la ribera oeste de la Quebrada Grande donde se localiza vivienda en las planicies de inundación de la Quebrada Grande.

Tabla 14. Salida de HEC-RAS de la Quebrada Sin Nombre (cauce original) para un periodo de retorno de 100 años.

Sección	Q total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	Elev. Agua(m)	E.G. Elev(m)	E.G. Slope(m/m)	Vel Chnl (m/s)	#Froude Chl
30	39.72	67.65	71.45	71.47	0.000105	0.88	0.15
29	39.72	67.74	71.45	71.47	0.000117	1.01	0.17
28	39.72	67.54	71.43	71.47	0.000167	1.24	0.20
27	39.72	67.11	71.38	71.46	0.000431	2.17	0.34
26	39.72	66.92	70.86	71.40	0.00175	3.82	0.63
25	39.72	66.51	69.11	71.18	0.012892	8.32	1.66
24	39.72	66.11	69.34	69.48	0.000601	1.96	0.37
23	39.72	66.49	69.34	69.46	0.000722	2.10	0.40
22	39.72	66.36	69.39	69.43	0.000276	1.35	0.25
21	39.72	66.04	69.35	69.42	0.000242	1.30	0.24
20	39.72	66.47	69.33	69.41	0.000475	1.74	0.33
19	39.72	66.33	69.23	69.39	0.000894	2.40	0.45
18	39.72	66.12	69.29	69.35	0.000273	1.39	0.25
17	39.72	66.13	69.28	69.34	0.000307	1.49	0.27
16	39.72	65.70	69.30	69.33	0.000127	1.01	0.17
15	39.72	65.81	69.24	69.32	0.00029	1.50	0.26
14	39.72	66.08	69.24	69.31	0.000351	1.59	0.29
13	39.72	65.83	69.26	69.30	0.000172	1.19	0.21
12	39.72	65.68	69.18	69.28	0.000409	1.84	0.32
11	39.72	65.52	68.35	69.19	0.007938	4.41	1.01
10	39.72	65.49	67.14	68.88	0.013712	6.29	1.60
9	39.72	65.47	66.89	68.41	0.027022	6.55	1.96
8	39.72	65.48	66.82	67.98	0.013826	5.58	1.57
7	39.72	65.43	66.78	67.77	0.012786	5.29	1.50
6	39.72	65.04	66.70	67.51	0.00898	5.04	1.29
5	39.72	64.79	66.30	67.28	0.011521	5.29	1.43
4	39.72	64.58	65.99	67.03	0.015385	5.86	1.64
3	39.72	64.42	66.36	66.61	0.002189	2.73	0.65
2	39.72	64.33	66.44	66.54	0.00079	1.83	0.41
1	39.72	63.66	65.68	66.44	0.004887	4.24	0.99

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

15.5 Análisis de los Resultados de la Simulación Hidráulica de la Quebrada Sin Nombre

Los resultados de la modelación hidráulica de la Quebrada Sin Nombre, para el caudal máximo extraordinario de $39.72 \text{ m}^3/\text{s}$, que representa un periodo de retorno de 1 en 100 años, se presentan en la tabla 15 y en el mapa del Anexo, A.2. 2., “Planicies de inundación de las Quebradas Grande y Quebrada Sin Nombre”. En la figura 18, se presenta una foto de la Quebrada Sin Nombre dentro de los predios del proyecto propuesto.

- La parte frontal del terreno propuesto para el desarrollo del proyecto, se inunda debido a que el cauce de la quebrada los atraviesa.
- El nivel de terracería segura para la finca es de 71.45 msnm o más.



Figura 18. Foto de la Quebrada sin Nombre dentro de los predios del proyecto propuesto

Tabla 16. Salida de HEC-RAS del canal de la Quebrada sin Nombre (Rectificación de cauce y diseño de cajón) para un periodo de retorno de 100 años

Sección	Q total (m³/s)	Min Ch El (m)	Elev. Agua(m)	E.G. Elev(m)	E.G. Slope(m/m)	Vel Chnl (m/s)	#Froude Chl
30	20	68.20	71.39	71.39	0.000008	0.30	0.05
29	21	68.00	71.39	71.39	0.000007	0.35	0.06
28	21	68.00	71.22	71.38	0.000733	1.89	0.34
27	21	67.87	71.24	71.35	0.000548	1.66	0.29
26	21	67.72	70.96	71.30	0.001732	2.59	0.46
25	21	67.60	71.11	71.21	0.000598	1.69	0.29
24	21	67.47	71.16	71.18	0.000168	0.99	0.16
23	30	67.33	70.42	71.11	0.003157	3.74	0.68
22	30	67.20	70.84	70.90	0.000396	1.43	0.24
20	30	66.92	69.78	70.68	0.004781	4.20	0.79
19	30	66.80	69.73	70.58	0.004512	4.10	0.76
18	30	66.64	69.66	70.46	0.004202	3.98	0.73
17	30	66.51	69.66	70.35	0.003437	3.72	0.67
12	35	65.83	68.54	69.90	0.007423	5.17	1.00
5	35	64.88	66.36	66.77	0.006956	2.90	1.02
4	35	64.58	66.25	66.63	0.00483	3.71	0.95
3	35	64.42	66.10	66.46	0.003573	3.14	0.81
2	35	64.33	66.24	66.36	0.000988	1.91	0.45
1	35	63.66	65.54	66.25	0.005003	4.08	0.98

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

**16. VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD HIDRÁULICA DE UN CAJÓN PLUVIAL
CON SECCIÓN TRANSVERSAL DE B=2.50 M Y H=2.75 M**

Cajón Pluvial de Hormigón 2.50m x 2.75m

$$b = 2.5 \text{ m}$$

$$h = 2.75 \text{ m}$$

$$\lambda = 2b+h$$

$$\lambda = 7.75 \text{ m}$$

$$A = 6.875 \text{ m}^2$$

$$R = 0.887097 \text{ m} \quad 0.65$$

$$n = 0.013$$

$$i = 0.006715$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} i^{1/2}$$

$$Q = 40.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como $40.01 \text{ m}^3/\text{s} > 39.72 \text{ m}^3/\text{s}$

“La sección transversal del cajón pluvial cumple”

17. CONCLUSIONES:

- En la inspección al sitio del proyecto, se evidenció que la Quebrada Sin Nombre, recorre toda la parte frontal que limita al norte con la Carretera Interamericana y su cauce dificulta el acceso de manera directa al terreno propuesto para el desarrollo del proyecto. El informe va incluido en el Anexo 6.
- La superficie de drenaje de la microcuenca de la Quebrada Grande hasta el sitio del proyecto es de 928 ha, su tiempo de concentración es 76 minutos y el coeficiente de escorrentía según observaciones de campo y satelitales asumido es de 0.70.
- La superficie de drenaje para la microcuenca de la Quebrada Sin Nombre, es de 149 ha, su tiempo de concentración es 38 minutos y el coeficiente de escorrentía asumido es de 0.70.
- El caudal máximo instantáneo de la Quebrada Grande, hasta el punto de interés para un periodo de retorno de 1 en 100 años es 113.6 m³/s.
- El caudal máximo instantáneo de la Quebrada Sin Nombre para un periodo de retorno de 1 en 100 años hasta el sitio de interés es 39.7 m³/s.
- La salida de la simulación hidráulica de la Quebrada Grande, indica que el Nivel de Agua Máxima Extraordinaria (NAME) para el periodo de retorno de 1 en 100 años es 70.92 msnm (según Tabla 14).
- La salida de la simulación hidráulica de la Quebrada Sin Nombre, indica que el Nivel de Agua Máxima Extraordinaria (NAME), para el periodo de retorno de 1 en 100 años es de 71.45 msnm (según Tabla 15).
- El NAME de la Quebrada Sin Nombre difiere del NAME de la Quebrada Grande, por las características físicas de ambas microcuencas en cuanto a la superficie de drenaje, la profundidad, el ancho del cauce, las elevaciones y las pendientes.
- La salida de la simulación hidráulica de la Quebrada Grande para un periodo de retorno de 1 en 100 años, indica que el terreno ubicado en la ribera oeste se inunda.

- La salida de la simulación hidráulica de la Quebrada Sin Nombre para un periodo de retorno de 1 en 100 años, indica que el terreno ubicado en la parte frontal del proyecto se inunda.
- La sección transversal preliminar del cajón pluvial de 2.50 m x 2.75 m tienen capacidad hidráulica para el canal de la Quebrada sin Nombre.
- Se verificó que las noticias de los periódicos y las televisoras validan los resultados del modelo hidráulico que indican que los terrenos se inundan para un periodo de retorno 1 en 100 años (ver Anexo A.6.2.).
- Según la modelación hidráulica de la Quebrada Grande, la terracería segura para la finca es de 70.92 msnm o más.
- Según la modelación hidráulica de la Quebrada Sin Nombre, la terracería segura para la finca es de 71.45 msnm o más.

18. RECOMENDACIONES

- El nivel de terracería segura para toda la finca propuesta para el desarrollo del proyecto, según los resultados de la modelación hidráulica para un periodo de retorno de 1 en 100 años, debe tener una elevación de 71.45 msnm o más.
- Para acceder de manera fácil y expedita, desde la Carretera Interamericana al proyecto propuesto, se requiere emparejar el terreno para llevarlo a nivel de la calle.
- Como solución al problema de acceso a directo a los terrenos, se recomienda una alcantarilla tipo cajón de concreto reforzado⁴, con una sección hidráulica preliminar estimada de 2.50 metros de base y altura mínima de 2.75 metros. La pendiente de 0.006715 o 6.715 ‰.

⁴ La dimensión final de la estructura hidráulica de acceso, dependerá de la solución seleccionada

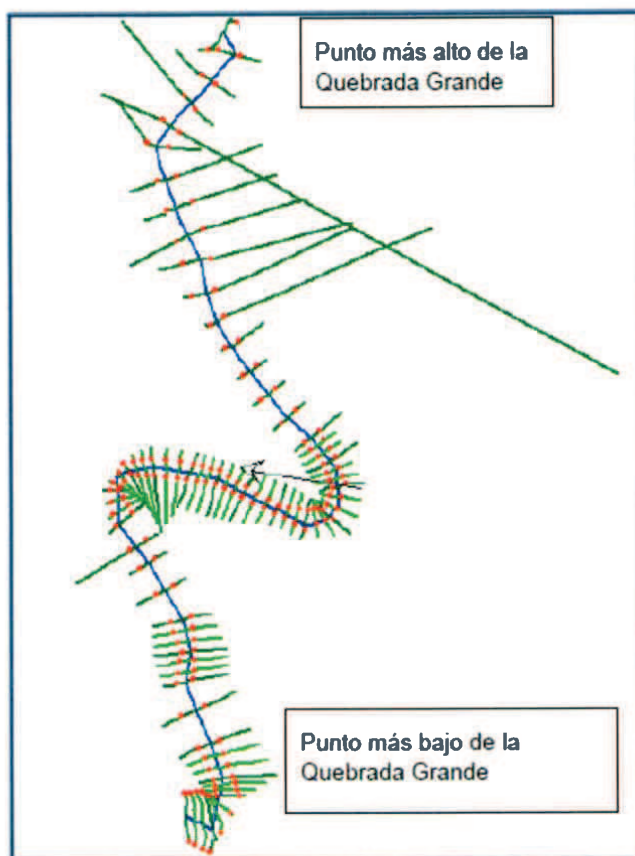
19. BIBLIOGRAFÍA:

- Chow, V.T., Maidment, D y Mays, L. (1993). *Hidrología Aplicada*. Lugar: McGraw Hill.
- Chow, V.T. (1995). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Lugar: McGraw Hill.
- Gonzalez D., Jaramillo I y De Calzadilla L. G. (2008). *Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá*. Panamá.
- Linsley, R. y Franzini, J. (1984). *Ingeniería de los Recursos Hidráulicos*. Lugar: CECSA.
- Lau A. y Pérez A. (2015) *Generación de Relaciones Intensidad Duración Frecuencia para Cuencas en La República de Panamá*. Universidad Tecnológica de Panamá.
- Ministerio de Ambiente (2010). *Atlas Ambiental de la República de Panamá*. Panamá.
- Ministerio de Obras Públicas (2003). *Manual de Requisitos para Revisión de Planos*. Panamá.
- Ministerio de Vivienda (2003). *Requisitos-Dirección-Nacional-de-Ventanilla-Única-Urbanizaciones-y-Segregaciones*. Panamá

20. ANEXOS

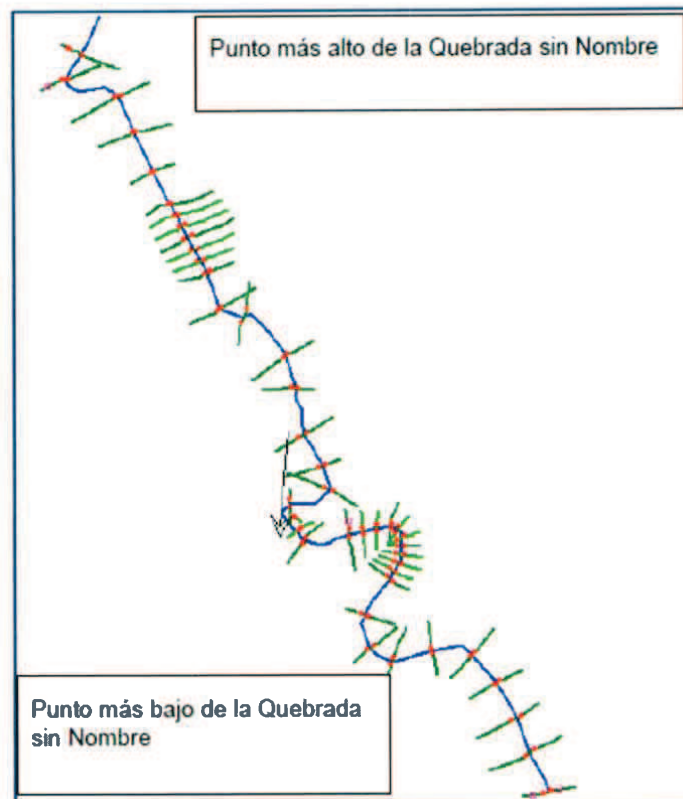
- A.1.1 Esquema de la modelación de la Quebrada Grande
- A.1.2 Esquema de la modelación de la Quebrada Sin Nombre
- A.1.3 Esquema de la modelación de la modificación de la Quebrada Sin Nombre
- A.2.1 Delimitación de la superficie de drenaje de las Quebradas Grande y Sin Nombre
- A.2.2 Planicies de inundación de las Quebradas Grande y Sin nombre para un periodo de Retorno de 1 en 100 años
- A.3.1 Secciones transversales de Quebrada Grande
- A.4.1 Secciones transversales Quebrada sin Nombre
- A.5.1 Secciones transversales de rectificación de cauce y entubamiento preliminar propuesto de la Quebrada Sin Nombre
- A.6.1 Informe de Inspección al proyecto Centro de Control Nacional de Frontera de Paso Canoas

A.1. 1. Esquema de la modelación de la Quebrada Grande.



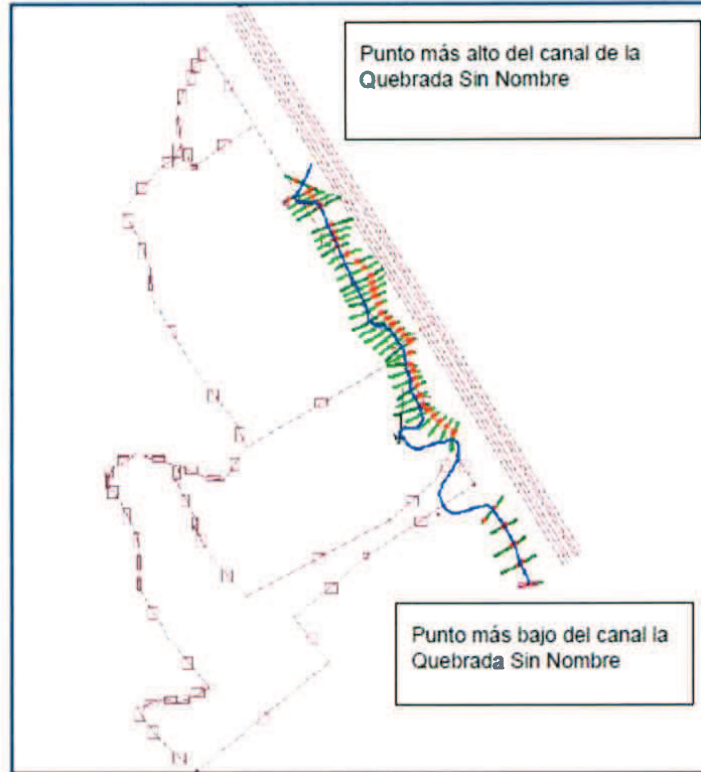
Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

A.1. 2. Esquema de la modelación de la Quebrada Sin Nombre



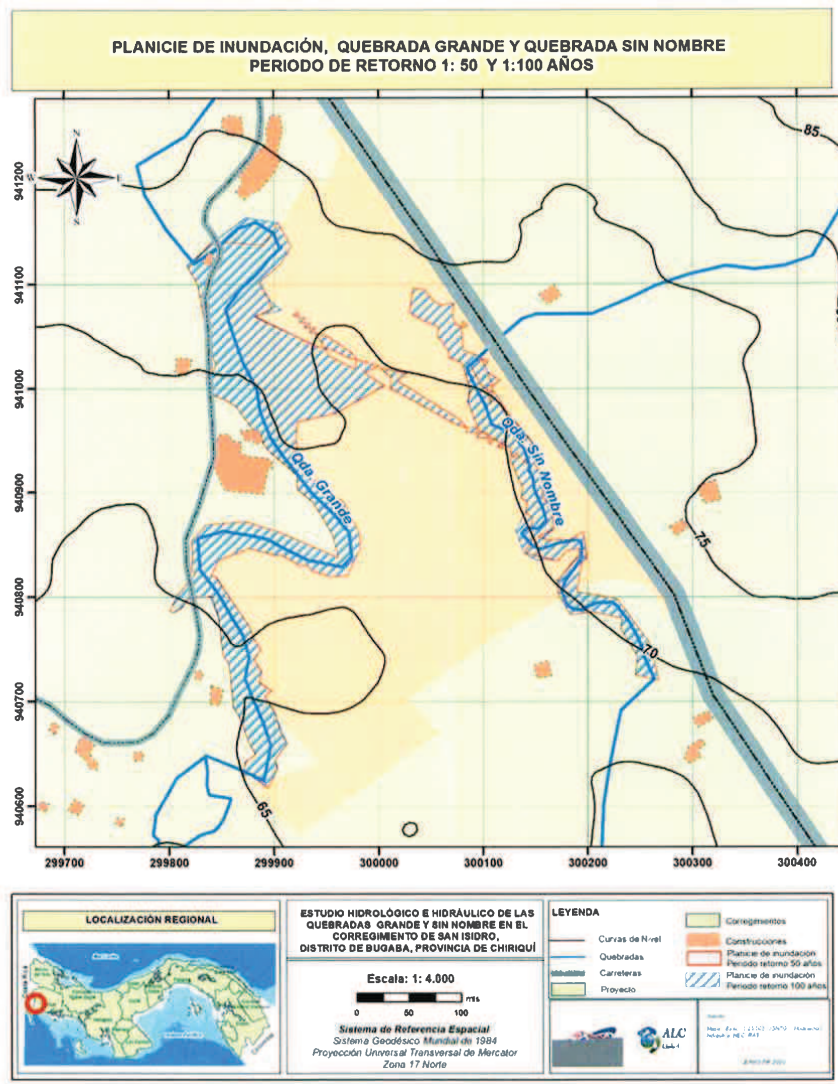
Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

A.1. 3. Esquema de la modelación de la modificación de la Quebrada sin Nombre



Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

A.2. 2. Planicies de inundación de las Quebradas Grande y Quebrada Sin Nombre para un periodo de retorno de 1 en 100 años.



A.3. 1. SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA GRANDE

Figura A.3.1.1 Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS.

Estación 41 del cauce de la Quebrada Grande, aguas arriba.

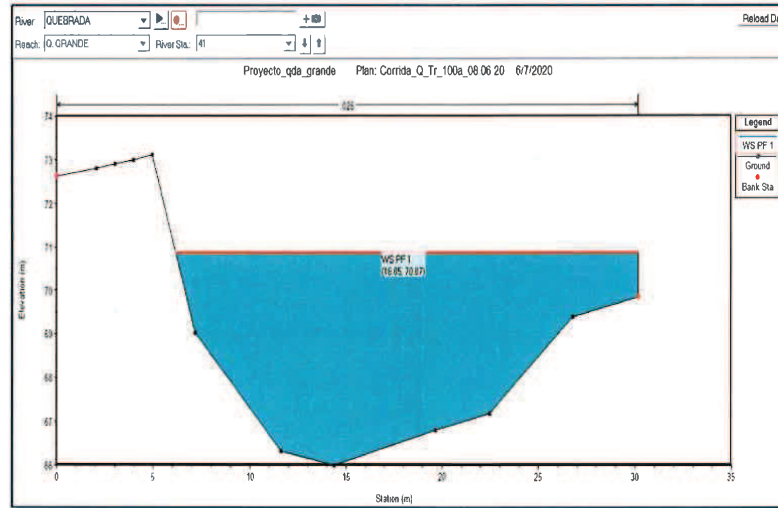


Figura A.3.1.2 Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS.

Estación 30 del cauce de la Quebrada Grande, aguas arriba.

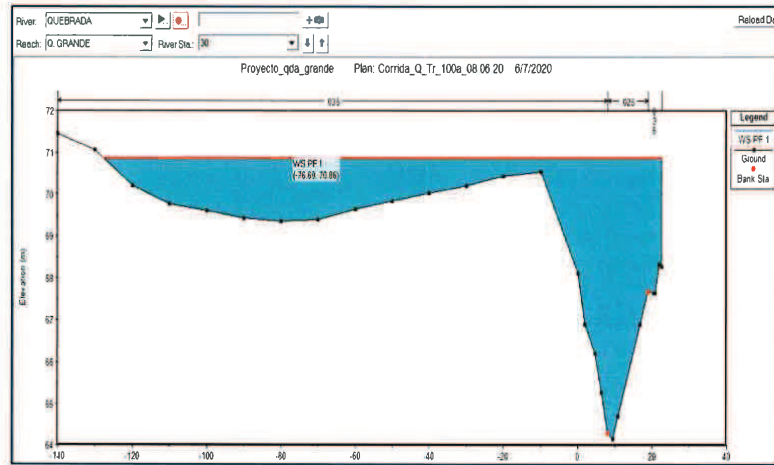


Figura A.3.1.3 Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS.
Estación 20 del cauce de la Quebrada Grande, aguas arriba.

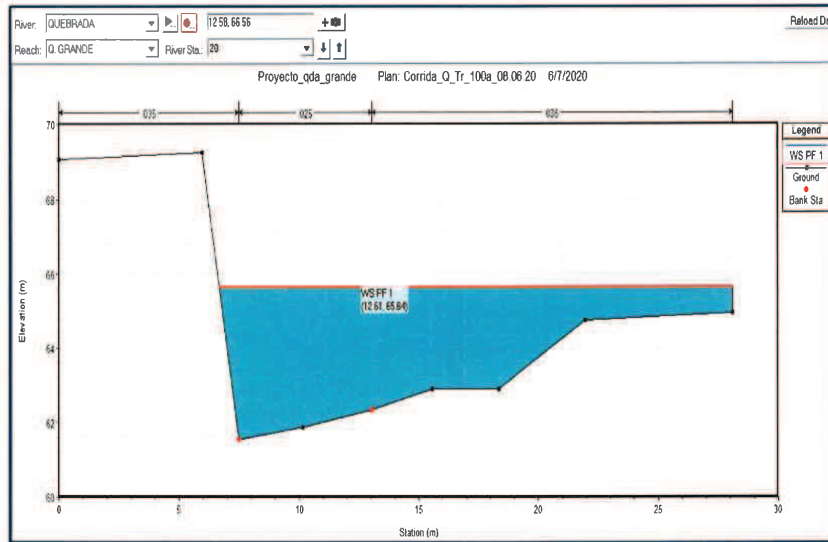


Figura A.3.1.4 Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS.
Estación 10 del cauce de la Quebrada Grande, aguas arriba.

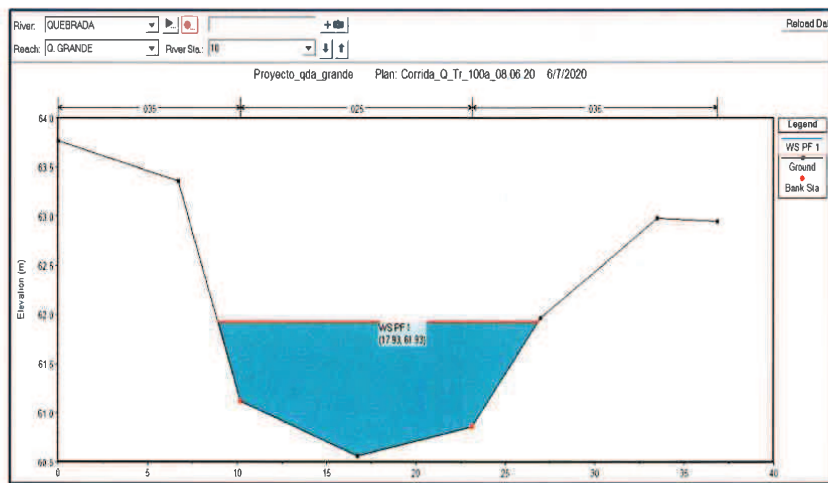
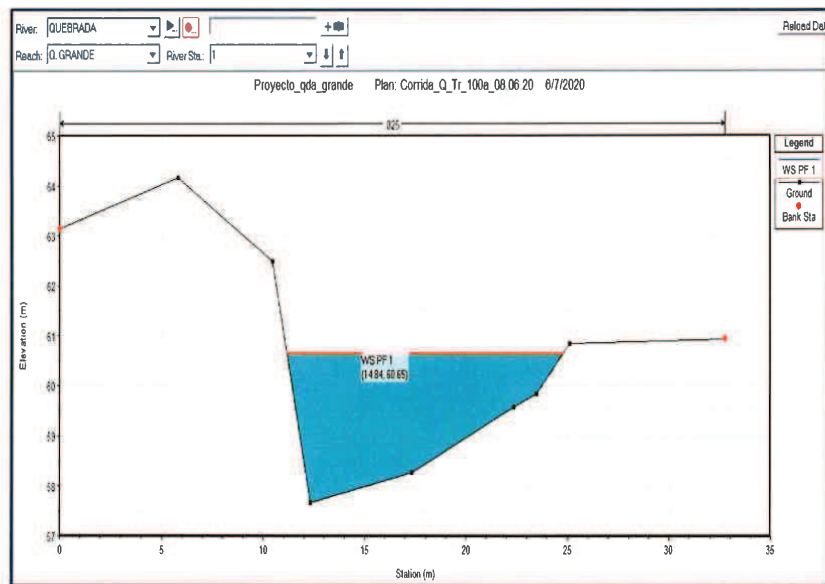


Figura A.3.1.5 Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS.
Estación 1 del cauce de la Quebrada Grande, aguas abajo.



A.4.2. SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA SIN NOMBRE

Figura A.4.1.1 Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS. Estación 30 del cauce de la Quebrada sin Nombre, aguas arriba.

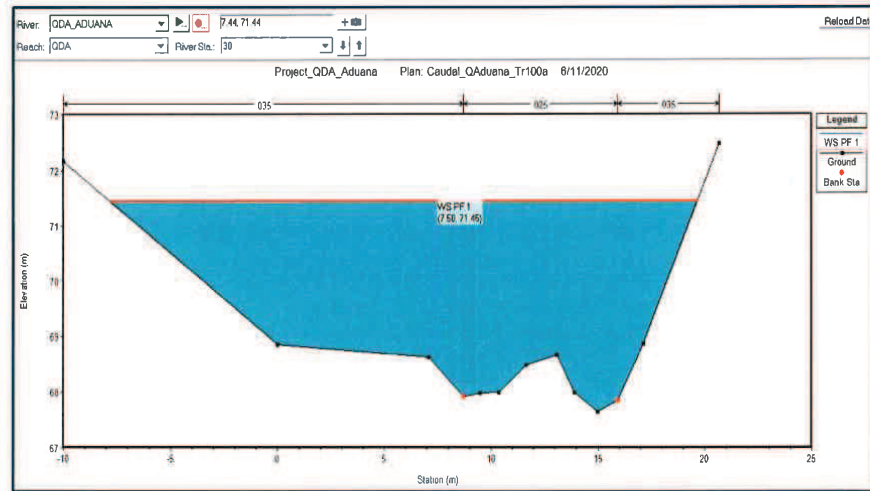


Figura A.4.1.2. Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS. Estación 20 del cauce de la Quebrada sin Nombre aguas arriba.

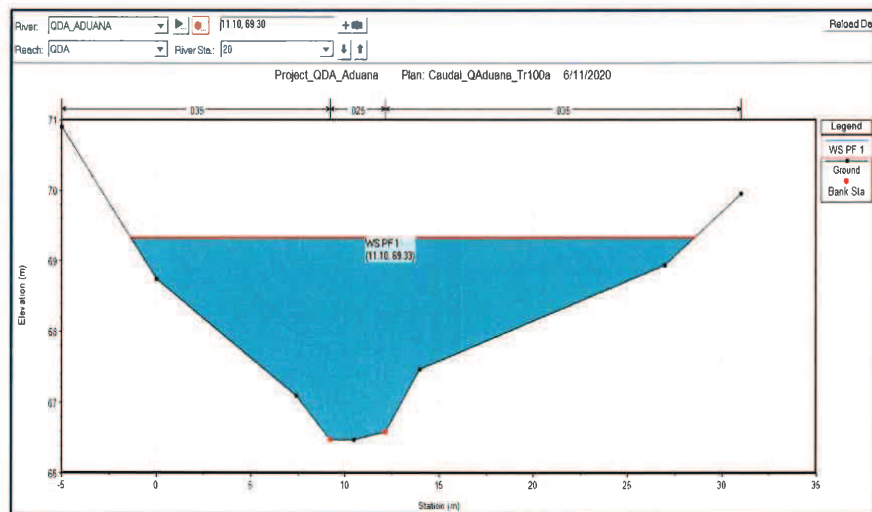


Figura A.4.1.3 Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS.
Estación 10 del cauce de la quebrada Sin Nombre, aguas arriba.

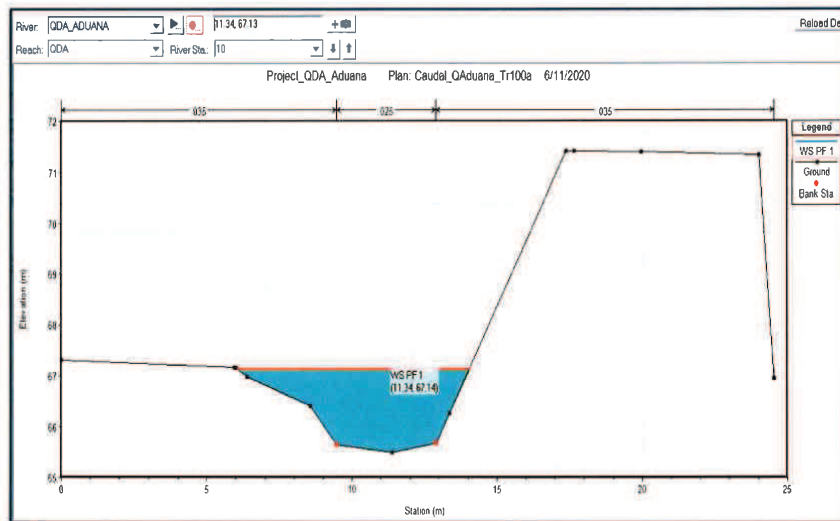
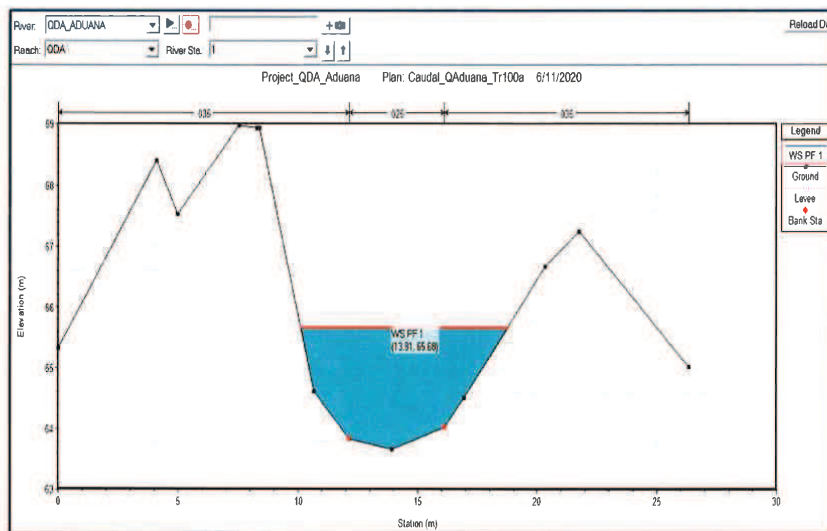


Figura A.4.1.4 Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS.
Estación 1 del cauce de la quebrada Sin Nombre, aguas abajo.



A.5. 2. SECCIONES TRANSVERSALES DE RECTIFICACIÓN DE CAUCE Y ENTUBAMIENTO PRELIMINAR PROPUESTO DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE.

A.5. 3. SECCIONES TRANSVERSALES DE RECTIFICACIÓN DE CAUCE Y ENTUBAMIENTO PRELIMINAR PROPUESTO DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE.

Figura A.5.1.1. Sección típica preliminar para rectificación de cauce y encauzamiento de la quebrada Sin Nombre.

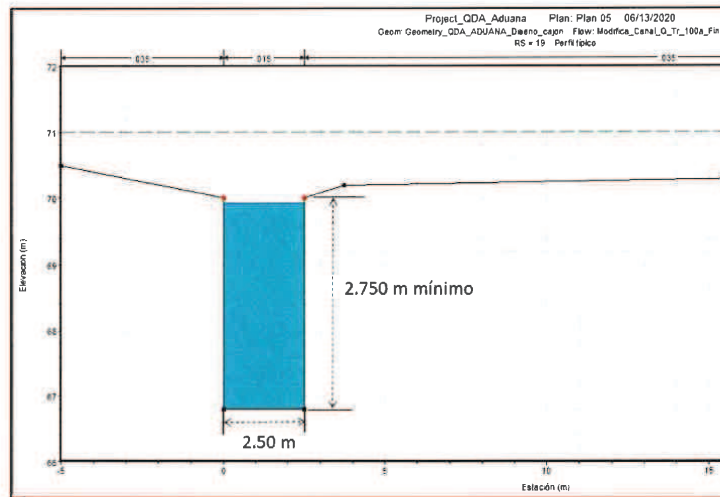


Figura A.5.1.2. Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS, Estación 20 del cauce de la quebrada Sin Nombre, aguas arriba.

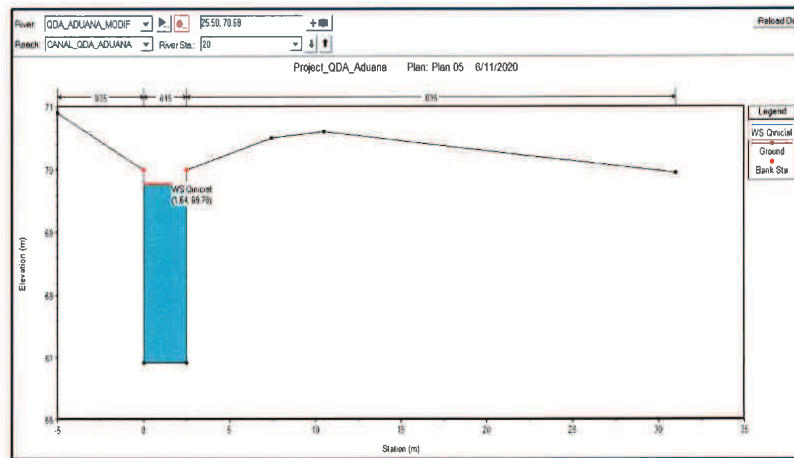


Figura A.5.1.3. Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS. Estación 12 del cauce de la quebrada Sin Nombre, aguas arriba.

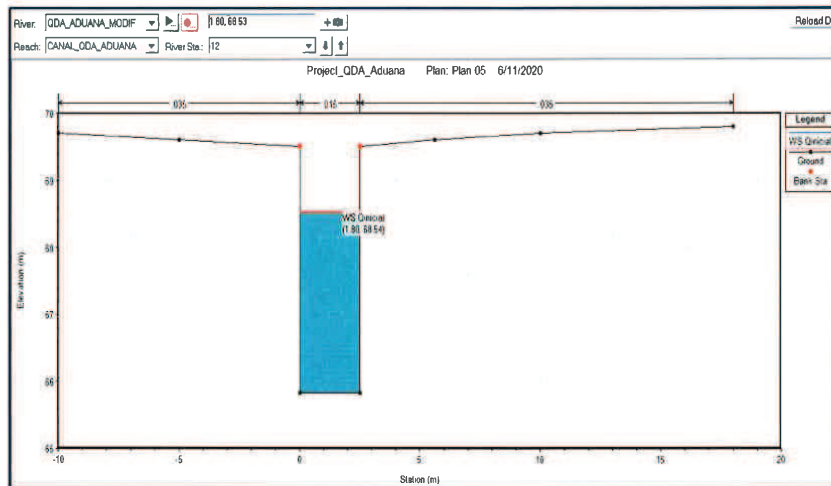
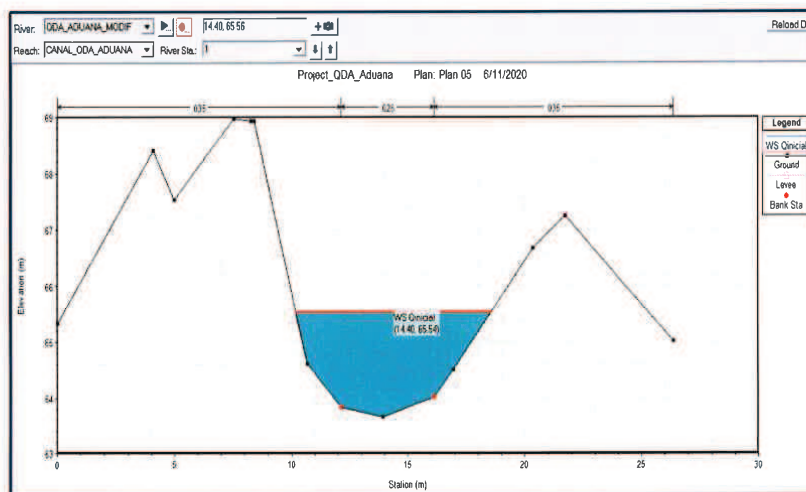


Figura A.5.1.4. Secciones transversales usadas para alimentar el programa HEC-RAS. Estación 1 del cauce de la quebrada Sin Nombre, aguas abajo.



A.6. 1. INFORME DE INSPECCIÓN AL PROYECTO “CENTRO DE CONTROL NACIONAL DE FRONTERA DE PASO CANOAS”.

Lugar: Quebrada Grande, distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí

Fecha: Lunes 18 de mayo de 2020

Tiempo: Nublado en la mañana y lluvioso en la tarde.

Inicio de la Gira por la Quebrada Sin Nombre: 9:00 a.m. a 10:30 a.m.

Gira por la Quebrada Grande: 11:55 a.m. a 2:30 p.m.

Participantes:

Ing. Eliecer Lay (ALC Global), Lic. Luis Quintero, Sr. José Rivera, Sr. Antonio Domínguez y los Ingenieros Johnny A. Cuevas M. y David E. Trejos H (JACUM Enterprises, S.A.).

Antecedentes:

A solicitud de los consultores encargados de desarrollar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto “Centro de Control Nacional de Frontera de Paso Canoas”, se realizó una visita al área del proyecto, con la finalidad de inspeccionar directamente el sitio e identificar cuerpos de agua que pudiesen afectar el desarrollo del proyecto.

El proyecto consiste en el desarrollo de aproximadamente 11.6 ha de terreno, localizadas cerca de la frontera y al oeste de la ciudad de David, en el corregimiento de San Isidro, distrito de Bugaba. El proyecto propuesto, consiste en el desarrollo de la construcción y puesta en operación de un Centro de Control Nacional de Frontera (o Centro de Control Integrado), para servir a la zona fronteriza de Paso Canoas, en la frontera con Costa Rica. Este proyecto incluye el desarrollo de una Zona Pública, Zona de Estacionamiento Previo (ZEP), Canal de Despacho Expedito (CDE), Zona de Carga, Pasajeros e Instalaciones.

Localización del Proyecto

El proyecto “Centro de Control Nacional de Frontera Paso Canoas”, se encuentra ubicado a aproximadamente 43.5 km en línea recta al oeste de la ciudad de David viajando por la Carretera Panamericana. Se localiza en el corregimiento de San Isidro, distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí y consiste de una finca de 11.6 ha. El promotor del proyecto es la Autoridad Nacional de Aduanas (ANA).

Detalle de la inspección

07:30 a.m. – 8:00 a.m.: Llegada al sitio de reunión acordado, en el Hotel Plaza Mirage en la Ciudad de David.

08:00 a.m. -08:42 a.m.: Traslado desde la Ciudad de David al sitio de inspección (ver Foto 1).

09:00-10:30 a.m.: Inicio de la Inspección de la Quebrada Sin Nombre.



Foto 1 Llegada al sitio de inspección. Fuente: JACUM, mayo 2020.

Después de identificar los límites de los terrenos del proyecto, con el personal de ALC Global, se procedió a recorrer la quebrada Sin Nombre, dentro de los predios donde se propone desarrollar el proyecto y de las áreas aledañas que puedan verse impactadas por el desarrollo del proyecto.

Bajo la orientación del Ing. Eliecer Lay, se nos proporcionó un machetero con conocimiento del sitio y que sirvió de guía a la vez, para recorrer los terrenos e inspeccionar el área haciendo énfasis principalmente en la topografía del terreno y los cuerpos de agua. Se identificaron en el terreno por medio de GPS de mano, varios puntos considerados importantes, que posteriormente fueron georreferenciados en un mapa de Google Earth. Nos adentramos al cuerpo de agua y caminamos de aguas abajo hacia aguas arriba empezando desde la orilla derecha (ver Foto 2 y 3). En el lado derecho de la quebrada, se identificó un árbol de guácimo, el cual fue un punto de referencia para localizar la confluencia con otro drenaje, que descarga en el cauce principal de la Quebrada Sin Nombre (ver Foto 4).



Foto 2. Vado de acceso a fincas localizadas aguas abajo del proyecto sobre la orilla derecha de la Quebrada Sin Nombre. Fuente: JACUM, mayo de 2020.



Foto 3. Vista desde la orilla izquierda de la Quebrada Sin Nombre. Fuente: JACUM, mayo de 2020.



Foto 4. Desde árbol de guácimo donde se encuentra la confluencia de otro afluente con el cauce principal de la Quebrada Sin Nombre. Fuente: JACUM, mayo de 2020.

11:55 a.m. a 2:30 p.m.: Terminada la inspección de la quebrada Sin Nombre, nos trasladamos a la ribera izquierda de la Quebrada Grande (Foto 5). Mediante los mapas del proyecto previamente suministrados por el promotor y el apoyo de la cuadrilla de topografía encargada del levantamiento de las secciones transversales de las quebradas, se verificó la influencia de los cuerpos de agua dentro del polígono para el desarrollo del proyecto propuesto.

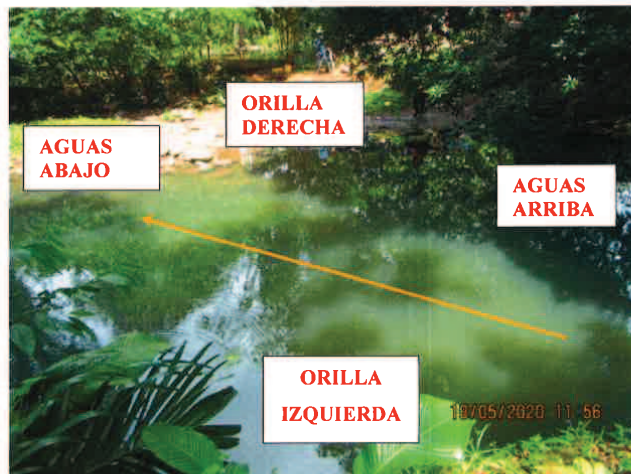


Foto 5. Vista desde la orilla izquierda de la Quebrada Grande, en la dirección desde aguas arriba hacia aguas abajo. Fuente: JACUM, mayo de 2020.

Ubicados en la orilla izquierda de la Quebrada Grande, se observa que el equipo de topografía estaba levantando las secciones transversales según se observa en la Foto 6. El personal de topografía, nos indica los pines de los puntos que delimitan el polígono del proyecto, y nos trasladamos al inicio del levantamiento topográfico donde se tomó la primera sección transversal aguas abajo del meandro de la Quebrada Grande (ver Foto 7).

En la orilla derecha de la Quebrada Grande, nos llamó poderosamente la atención un dique antiguo construido de rocas de río (gravas), aguas arriba de una vivienda de concreto localizada a la orilla del curso de agua (ver Foto 8). No se encontró a los residentes, pero se consultó a los vecinos de la vivienda y nos indicaron que casi todos los años, durante la

temporada lluviosa se inundan. Indican que en el año 2016 hubo un evento extraordinario que inundó hasta las ventanas de las casas. Debajo de un pertinaz aguacero típico de la época, nos trasladamos en el vehículo al otro lado de la Quebrada (orilla derecha), para consultarle a los residentes de la vivienda sobre cuales han sido los niveles máximos de agua que han ocurrido, cuantas veces ha sido sobrepasado el dique y cuál es la altura aproximada en la cual se les inunda su casa (ver Foto 9). Al llegar al dique ubicado cerca de la orilla derecha, hablamos con la Sra. Evelia Vásquez (dueña de la residencia), y nos informó que han sido afectados por eventos de inundaciones de la Quebrada Grande. Adicionalmente nos confirmó que cuando el dique es rebasado por la Quebrada Grande, se le inunda la casa a la altura de la ventana llegándoles el agua hasta la cintura.



Foto 6. Equipo de Topografía JACUM ejecutando el levantamiento de las secciones transversales de la Quebrada Grande. Fuente: JACUM, mayo de 2020.



Foto 7. Vista hacia aguas abajo del inicio del levantamiento topográfico de la Quebrada Grande, en meandro ubicado a 60 metros de una casa. Fuente: JACUM, mayo de 2020.



Foto 8. Vista del dique de roca localizado en la orilla derecha de la Quebrada Grande. Fuente: JACUM, mayo de 2020.



Anexo 3

Foto 9. Vista del Dique en la orilla derecha del lado de la casa. Fuente: JACUM, mayo de 2020.
Tomamos como referencia un punto con GPS del puente aguas arriba de la Quebrada Grande (ver Foto 10). Una vez terminado el recorrido por el lado derecho de la Quebrada Grande, continuamos la inspección de los drenajes por la vía Interamericana (ver Foto 11).



Foto 10. Vista desde puente en la dirección de aguas arriba hacia abajo de la Quebrada Grande. Fuente: JACUM, mayo de 2020.



Foto 11. Inspección de los drenajes en la vía Interamericana (vista hacia la frontera de Paso Canoas). Fuente: JACUM, mayo de 2020.

Se encontró una tubería de drenaje pluvial, que descarga hacia la Quebrada Sin Nombre (ver Foto 12) y se identificó un cauce que pasa por un cajón pluvial hacia el otro brazo de la Quebrada Sin Nombre (ver Foto 13).



Foto 12. Tubería de drenaje pluvial en la cual descarga hacia la Quebrada Sin Nombre. Fuente: JACUM, mayo de 2020.



Foto 13. Vista desde la Carretera Interamericana hacia aguas arriba, del drenaje que conduce las aguas hacia el cajón pluvial, que posteriormente descarga en la Quebrada Sin Nombre.
Fuente: JACUM, mayo de 2020.

Resultados de la Inspección:

Al momento de la inspección al sitio propuesto para el desarrollo del proyecto, se observó que la topografía del terreno presenta pendientes inclinadas e irregulares.

Se identificaron dos cuerpos de agua que influyen en desarrollo del futuro proyecto: Las Quebradas Grande y Sin Nombre.

El primer punto GPS de la Quebrada Sin Nombre donde se localiza el vado (ver Foto 1) tiene coordenadas 300216.17 E y 940759.31 N, y el cuerpo de agua está protegido por cobertura boscosa en galería (secundario), con vegetación que consiste de arbustos y árboles más desarrollados en altura (entre 8 a 11 m).

Se intentó ingresar directamente desde la Carretera Interamericana a los terrenos del proyecto, pero fue infructuoso debido a la densa vegetación, lo irregular del terreno, el cauce de la quebrada Sin Nombre que dificulta el acceso y la diferencia de elevación entre la carretera y el terreno.

La Quebrada Sin Nombre, recorre aproximadamente 2988 metros desde su nacimiento hasta al vado localizado aguas abajo de la finca, fuera de los linderos del terreno a desarrollar (ver Foto 1).

El curso de agua de la Quebrada Grande corre de norte a sur contigua al proyecto y su flujo es permanente. Sus riberas se encuentran protegidas por bosques de galería (secundario), con una vegetación que consiste de arbustos y árboles de mediana altura (entre 5 a 10 m).

En la Quebrada Grande, se observó que las riberas del terreno son más planas y que las orillas presentan pendientes más bajas comparadas con la quebrada Sin Nombre. El cauce está compuesto principalmente de cantos rodados y gravas.

La Quebrada Grande recorre aproximadamente 7232 metros desde su nacimiento hasta el meandro cerca de la casa de la orilla derecha (ver Foto 7).

Conclusiones:

- Se identificaron dos cuerpos de agua en el área bajo estudio, la Quebrada Grande que corre de norte a sur contigua al proyecto y la Quebrada Sin Nombre que atraviesa el polígono de la finca de este a oeste, hacia al frente del terreno que limita con la Carretera Interamericana.
- La configuración topográfica del terreno, que limita al norte con la Carretera Interamericana, es bastante irregular y está dominada por el cauce de la quebrada Sin Nombre.
- Las elevaciones de la Quebrada Sin Nombre obtenidas del levantamiento de las secciones transversales, indican que varían entre los 71.00 msnm en la Carretera Interamericana, y 64.50 msnm en el cauce (6.50 m), al final del polígono del terreno bajo estudio.
- Se identificó un dique de roca en las propiedades localizadas en la orilla oeste (occidental) de la quebrada Grande, vecina al proyecto, que indica que esta parte del terreno, se inunda regularmente durante la temporada lluviosa. Esta suposición se confirmó, mediante entrevista a la Sra. Evelia Vásquez propietaria de la vivienda donde se localiza el dique.
- Ambos cursos de agua están protegidos por bosques de galería secundarios.
- La quebrada Grande es un curso permanente, pero nuestra percepción de la Quebrada Sin Nombre al momento de la inspección, es que es estacional, con crecidas significativas durante la temporada lluviosa.
-

Recomendaciones de la Inspección:

- Para acceder de manera fácil y expedita, desde la Carretera Interamericana al sitio propuesto del proyecto, se debe emparejar el terreno y hacer obras en cauce para alcanzar la elevación de la carretera.
- Por ser cursos de agua natural que atraviesan el polígono del proyecto, el Manual de Requisitos para Revisión de Planos del MOP, en caso que se vaya a intervenir los cursos de agua, ríos o quebradas, exige presentar y cumplir con todo lo establecido en el punto 3 “Requisitos para revisión de desvío de cauces o cursos de agua”, ver página 85.

INVENTARIO FORESTAL

QUEBRADA SIN NOMBRE
QUEBRADA GRANDE, SAN ISIDRO, BUGABA.



FRANK ANTONIO KELSO BUCIO

Id. 6,778-11

Consultor Forestal 001-16



ÍNDICE

1.0 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE BIOLÓGICO.....	3
1.1 Características de la flora.....	3
2.0 METODOLOGÍA DEL INVENTARIO FORESTAL.....	3
2.1 Toma de datos.....	4
2.2 Cálculos.....	6
3.0 RESULTADOS.....	7
3.1 Inventario de especies exóticas, amenazadas, endémicas y en peligro de extinción.....	14

TABLAS

Tabla 1.0 Especies inventariadas.....	8
Tabla 2.0 Especies exóticas, amenazadas, endémicas y en peligro de extinción.....	14

1.0 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE BIOLÓGICO

1.1 Características de la flora

Según El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) el área donde se realizó el inventario pertenece a la Ecorregión terrestre “Bosques húmedos del Pacífico del Istmo”.

El inventario forestal fue llevado a cabo en la formación vegetal conocida como bosque de galería, correspondiente a uno de los dos cuerpos de agua superficial ubicados dentro del polígono del proyecto Nuevas Instalaciones del Puesto Nacional de Fronteras de Paso Canoas, el cual no tiene o desconoce su nombre, por lo cual se hará referencia a este, dentro de este documento, como Quebrada Sin Nombre.

Este bosque de galería presenta una cobertura de copas entre un 40 a 50%. No obstante, no se detectaron áreas descubiertas en su totalidad, ya que el 95% del terreno está bajo cobertura vegetal de algún tipo. Sin embargo, como es de esperarse se observó la intervención antrópica al realizar limpiezas en el área para su mejor acceso.

A lo largo del área de estudio, se aprecia una regeneración natural abundante, siendo las especies más frecuentemente observadas: *Anacardium excelsum*, *Inga lauriana*, *Luehea seemannii*, *Genipa americana*, *Hirtella tubiflora*.

En cuanto a las especies maderables de mayor volumen se encuentran: *Anacardium excelsum*, *Cordia megalantha*, *Hieronyma alchorneoides*, *Luehea seemannii*, *Pseudobombax septenatum*.

2.0 METODOLOGÍA DEL INVENTARIO FORESTAL

El inventario forestal fue realizado el día lunes 18 de mayo de 2020, el cual contó con la participación de una cuadrilla de 4 personas, de las cuales 3 eran de la empresa Servicios Profesionales Frank Kelso y 1 de la empresa ALC GLOBAL.

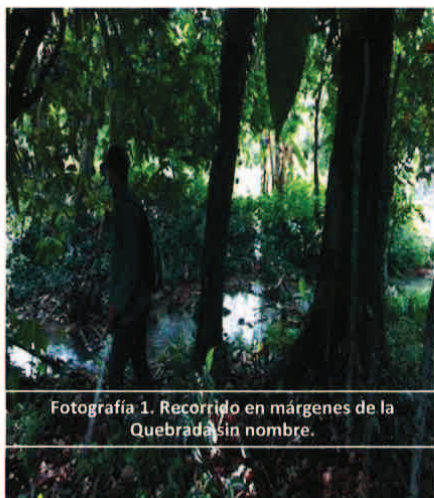
Por motivos de la actual situación sanitaria, durante la realización del inventario se cumplió con las medidas de bioseguridad, de acuerdo a lo sugerido por el Ministerio de Salud (MINSA), mascarillas, inducción al personal y distanciamiento físico. La mascarilla se usó al inicio del trabajo, pero por tratarse de una actividad física llevada a cabo en un área muy húmeda, no se pudo seguir con su uso durante toda la jornada, sin embargo, las distancias establecidas fueron respetadas en todo momento.

2.1 Toma de datos

El trabajo de campo consistió en un inventario pie a pie, enfocado en inventariar el arbolado a no más de 20 metros a ambos márgenes de la Quebrada Sin Nombre. A lo largo de su trayecto, la quebrada varía en cuanto a sus dimensiones, sin embargo, en sus márgenes más anchos no sobrepasa los 5 metros.

Las variables medidas fueron:

- Altura con la ayuda de un láser y usando escalas de 5 metros.
- Diámetro del árbol, el cual se tomó a 1.30 metros de altura, con sus variantes dependiendo del terreno.



2.2 Cálculos

Para calcular el volumen de árboles en pie se usó la fórmula recomendada por el Ministerio de Ambiente basada en el factor de forma por calidad de fuste, de acuerdo a normas establecidas internacionalmente para bosques tropicales:

$$V = \Pi / 4 \times D^2 \times L \times ff$$

Dónde:

V = Volumen en metro cúbico

Π = Constante (3.1416)

L = Largo, en metro

ff = Factor de forma de la especie

D = Diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1.30 metros del suelo, en metros

Factor mórfico (ff)

Fuste A = 0.68

Fuste B = 0.50

Fuste C = 0.40

Factor de Forma. Conocido también con el nombre de factor mórfico. La obtención de dicho factor se efectúa tomando el volumen real y dividiéndolo entre el volumen de un cilindro con el diámetro medido a una altura de 1.30 metros en el árbol. Cada especie tiene su característico factor de forma que también varía durante el tiempo de crecimiento.

Como no existe mucho conocimiento sobre el F de las diferentes especies, se recomienda la reducción del cilindro por $F = 0.65$.

3.0 RESULTADOS

En el Cuadro 1 se resume las especies y sus medidas obtenidas. Se registraron un total de 230 árboles con diámetros entre 0.20 hasta 1.80 metros y, alturas desde 10 hasta 35 metros.

Se calcularon datos como volumen para cada especie y su abundancia relativa, en donde *Luehea seemanii* fue la especie más abundante

Tabla 1.0
Especies inventariadas

Nombre científico	Familia	Nombre común	Cantidad	Medidas	Mx.	Mn.	Prom.	Moda	Mediana	Vol. (m ³) promedio por árbol	Vol. total (m ³) por especie	Abundancia relativa
<i>Albizia adinoccephala</i> (Donn. Sm.) Britton & Rose	Fabaceae	Frijolillo	1	DAP (cm)	21	21	21	-	21			
				Altura (mts)	15	15	15	-	15	0.34	0.34	0.43%
<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels	Anacardiaceae	Espavé	4	DAP (cm)	110	40	68.25	-	61.5			
				Altura (mts)	30	20	26.25	30	27.5	6.24	30.98	1.74%
<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.	Fabaceae	Harino	16	DAP (cm)	58	22	34.18	22	30.5			
				Altura (mts)	30	15	23.12	25	25	1.38	27.16	6.96%
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Malvaceae	Cortezo	5	DAP (cm)	67	20	36.2	-	27			
				Altura (mts)	25	15	21	25	25	1.40	9.8	2.17%
<i>Ardisia revoluta</i> Kunt	Primulaceae	Uvito	1	DAP (cm)	55	55	55	-	55			
				Altura (mts)	30	30	30	-	30	4.63	4.63	0.43%
	Anacardiaceae	Zorro	2	DAP (cm)	20	20	20	20	20	0.31	0.61	0.87%

Nombre científico	Familia	Nombre común	Cantidad	Medidas	Mx.	Mn.	Prom.	Moda	Mediana	Vol. (m³) promedio por árbol	Vol. total (m³) por especie	Abundancia relativa
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.				Altura (mts)	15	15	15	15	15			
				DAP (cm)	36	36	36	-	36			
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth.	Malpigiaceae	Nance	1	Altura (mts)	10	10	10	-	10	0.66	0.66	0.43%
				DAP (cm)	40	30	35	-	35			
<i>Cassia fistula</i> L.	Fabaceae	Cañafistula	2	Altura (mts)	20	20	20	20	20	1.25	2.55	0.87%
				DAP (cm)	49	20	27.48	22	26			
<i>Cecropia peltata</i> L.	Urticaceae	Guarumo	23	Altura (mts)	25	10	17.61	15	15	0.68	10.55	10.00%
				DAP (cm)	75	36	56	-	56.5			
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Cedro amargo	6	Altura (mts)	30	25	26.5	25	25	4.24	17.32	2.61%
				DAP (cm)	40	22	27.66	22	24			
<i>Cinnamomum tripinerve</i> (Kunth) Koestern.	Lauraceae	Sigua blanco	9	Altura (mts)	20	10	16.66	20	20	0.65	6.4171	3.91%
				DAP (cm)	26	20	23	-	23	0.27	0.55	0.87%

Nombre científico	Familia	Nombre común	Cantidad	Medidas	Mx.	Mn.	Prom.	Moda	Mediana	Vol. (m ³) promedio por árbol	Vol. total (m ³) por especie	Abundancia relativa
<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae.	Cocotero	1	DAP	10	10	10	10	10			
				Altura (mts)	20	20	20	-	20			
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	Laurel	5	DAP	15	15	15	-	15	0.31	0.31	0.43%
				Altura (mts)	36	22	28.4	30	30			
<i>Cordia megalantha</i> S.F. Blake	Boraginaceae	Muñeco	3	DAP	130	81	107	-	110			
				Altura (mts)	30	30	30	30	30	17.53	54.46	1.30%
<i>Diphysa americana</i> (Mill.) M. Sousa	Fabaceae	Macano	1	DAP	38	38	38	-	38			
				Altura (mts)	15	15	15	-	15	1.11	1.11	0.43%
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Fabaceae	Palo santo	15	DAP	34	19	25.33	23	25			
				Altura (mts)	15	10	14.66	15	15	0.48	7.48	6.52%
<i>Ficus insipida</i> Willd	Moraceae	Higuerón	4	DAP (cm)	140	26	70.25	-	57.5	5.35	27.39	1.74%

Nombre científico	Familia	Nombre común	Cantidad	Medidas	Mx.	Mn.	Prom.	Moda	Mediana	Vol. (m ³) promedio por árbol	Vol. total (m ³) por especie	Abundancia relativa
Ficus sp.	Moraceae	Higo	5	Altura (mts)	25	15	21.25	25	22.5			
				DAP (cm)	73	22	45	-	43			
Garcinia sp.	Clusiaceae	Satra	1	Altura (mts)	20	15	18	20	20	1.86	10.81	2.17%
				DAP (cm)	20	20	20	-	20			
Genipa americana L.	Rubiaceae	Jagua	1	Altura (mts)	10	10	10	-	10	0.20	0.2	0.43%
				DAP (cm)	36	36	36	-	36			
Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth ex Walp.	Fabaceae	Bala	4	Altura (mts)	29	23	24.5	23	23	1.32	1.32	0.43%
				DAP (cm)	20	20	20	-	20			
Guazuma ulmifolia Lam.	Malvaceae	Guácimo	4	Altura (mts)	15	10	12.5	15	12.5	0.38	1.59	1.74%
				DAP (cm)	62	23	42.75	-	43			
	Euphorbiaceae	Zapatero	18	Altura (mts)	30	20	22.5	20	20	2.10	10.54	1.74%
				DAP (cm)	124	20	54.16	37	47.5	3.54	83.15	7.83%

Nombre científico	Familia	Nombre común	Cantidad	Medidas	Mx.	Mn.	Prom.	Moda	Mediana	Vol. (m ³) promedio por árbol	Vol. total (m ³) por especie	Abundancia relativa
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allenao				Altura (mts)	30	15	23.61	30	25			
				DAP (cm)								
<i>Hirtella tubiflora</i> Cuatrec.	Chrysobalanaceae	Camaroncillo	2	Altura (mts)	51	29	40	-	40			
				DAP (cm)								
<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae - mimosoidae	Guabarrabo de mono	1	Altura (mts)	30	15	22.5	-	22.5	1.84	4.62	0.87%
				DAP (cm)								
<i>Inga lauriana</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae - mimosoidae	Guabo	13	Altura (mts)	29	29	29	-	29			
				DAP (cm)	15	15	15	-	15	0.64	0.64	0.43%
<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Fabaceae - mimosoidae	Guaba	1	Altura (mts)	52	20	30.23	20	27			
				DAP (cm)	20	10	17.3	20	20	0.81	12.13	5.65%
<i>Luehea seemanii</i> Triana & Planch.	Malvaceae	Guácimo colorado	36	Altura (mts)	30	30	30	-	30			
				DAP (cm)	15	15	15	-	15	0.69	0.69	0.43%
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	Mango	2	Altura (mts)	180	20	52.7	21	33			
				DAP (cm)	30	10	21.08	25	20	2.99	214.57	15.65%
				DAP (cm)	55	25	40	-	40	1.43	3.56	0.87%

Nombre científico	Familia	Nombre común	Cantidad	Medidas	Mx.	Mn.	Prom.	Moda	Mediana	Vol. (m³) promedio por árbol	Vol. total (m³) por especie	Abundancia relativa
<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC.	Melastomataceae	Papelillo	3	Altura (mis)	20	15	17.5	-	17.5			
				DAP (cm)	53	21	38	-	40			
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Malvaceae	Balso	1	Altura (mis)	25	20	23.33	25	25	1.72	6.08	1.30%
				DAP (cm)	23	23	23	-	23			
<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	Aguacate	1	Altura (mis)	20	20	20	-	20	0.54	0.54	0.43%
				DAP (cm)	29	29	29	-	29			
<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand.	Malvaceae	Barrigón	1	Altura (mis)	20	20	20	-	20	0.86	0.86	0.43%
				DAP (cm)	170	170	170	-	170			
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	Guayaba	1	Altura (mis)	35	35	35	-	35	51.64	51.64	0.43%
				DAP (cm)	20	20	20	-	20			
	Anacardiaceae	Jobo verde	20	Altura (mis)	10	10	10	-	10	0.20	0.2	0.43%
				DAP (cm)	59	21	29.4	23	26.5	0.76	10.37	8.70%

Nombre científico	Familia	Nombre común	Cantidad	Medidas	Mx.	Mn.	Prom.	Moda	Mediana	Vol. (m³) promedio por árbol	Vol. total (m³) por especie	Abundancia relativa
<i>Spondias radlkoferi</i> Donn. Sm.				Altura (mts)	30	10	17.25	15	15			
				DAP (cm)	23	23	23	-	23			
<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Meliaceae	Caoba	1	Altura (mts)	20	20	20	-	20	0.54	0.54	0.43%
				DAP (cm)	93	30	60.5	-	64			
<i>Tabebuia guayacana</i> (Seem) Hemsl.	Bignonaceae	Guayacán	4	Altura (mts)	21	20	27.5	30	30	5.14	26.76	1.74%
				DAP (cm)	30	21	24	21	21			
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey.	Polygonaceae	Guayabo hormigero	3	Altura (mts)	25	10	15	10	10	0.44	1.6	1.30%
				DAP (cm)	63	39	54.66	-	62			
<i>Vitex cooperi</i>	Lamiaceae	Cuajada	3	Altura (mts)	30	25	28.33	30	30	4.32	19.79	1.30%
				DAP (cm)	26	21	23.75	-	234			
<i>Zanoxylum panamense</i> P. Wilson	Rutaceae	Arcabú	3	Altura (mts)	20	20	20	20	20	0.58	1.78	1.30%
Total			230								669.83	100.00%

3.1 Inventario de especies exóticas, amenazadas, endémicas y en peligro de extinción.

De acuerdo a la Resolución N° DM-0657-2016 (MiAmbiente, 2016.) por la cual se establece el proceso para la elaboración y revisión periódica del listado de las especies de fauna y flora amenazadas de Panamá y se dictan otras disposiciones; en su artículo 3 se asignan las categorías de amenazas a nivel nacional utilizando las propuestas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), las cuales son:

En Peligro Crítico (CR). Un taxón está en Peligro Crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que está enfrentado un riesgo de extinción extremadamente alto en estado silvestre.

En Peligro (EN). Un taxón está En Peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que está enfrentando un riesgo de extinción muy alto en estado silvestre.

Vulnerable (VU). Un taxón es vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indique que está enfrentado un riesgo de extinción alto en estado silvestre.

Siguiendo estos parámetros, en el Cuadro 2 se aprecian 4 especies identificadas en el área de estudio, pertenecientes a algunas de las categorías antes mencionadas.

Tabla 2.0
Especies exóticas, amenazadas, endémicas y en peligro de extinción.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría de amenaza
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Zorro	VU
Bignonaceae	<i>Tabebuia guayacan</i> (Seem) Hemsl.	Guayacán	VU
Lamiaceae	<i>Vitex cooperi</i>	Cuajada	VU
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Caoba nacional	VU

Fuente: Kelso F., 2020

Recomendamos incluir en las medidas de mitigación plantar especies nativas del área, incluyendo las cuatro especies presentadas en el cuadro anterior.