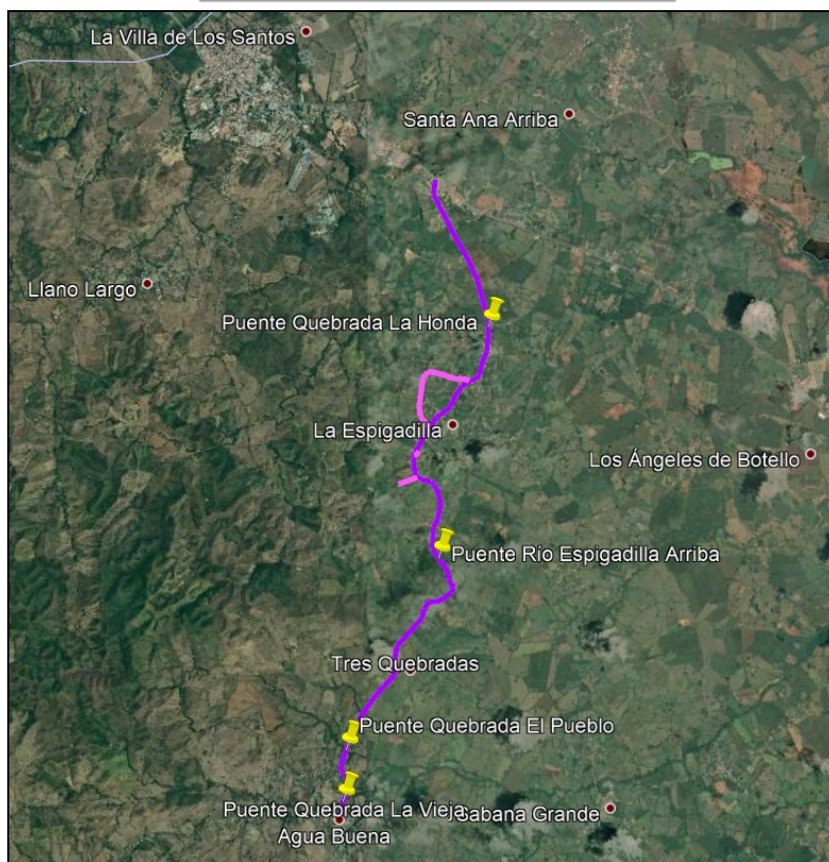


CONTRATO No. UAL-1-22-2021
REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA EL EJIDO - LA ESPIGADILLA - TRES QUEBRADAS -
AGUA BUENA

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA OBRA EN CAUCE
PUENTE QUEBRADA LA HONDA



CONTRATISTA



CONCRETO ASFÁLTICO NACIONAL, S.A.

DISEÑADOR

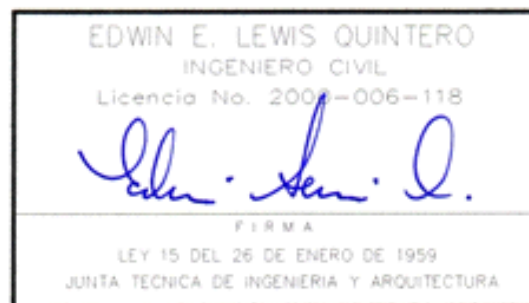


ALLCONSULT GROUP, S.A.

JUNIO 2021

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	3
III. LOCALIZACIÓN REGIONAL	4
IV. CLIMATOLOGÍA	5
V. ÁREA DE DRENAJE	8
VI. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO.....	10
VII. CONCLUSIONES.....	17
VIII. BIBLIOGRAFÍA	18

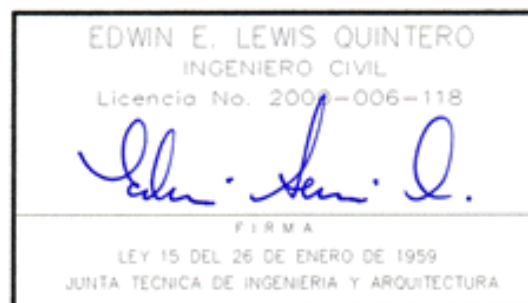
ANEXO A. FICHA TÉCNICA PARA MINISTERIO DE AMBIENTE

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este estudio hidrológico e hidráulico es el de determinar el Caudal Máximo ($Q_{\text{Máximo}}$) y el Nivel de Aguas Máximas Extraordinario (NAME) para el Puente sobre la Quebrada La Honda para el Proyecto de Rehabilitación de la Carretera El Ejido - La Espigadilla - Tres Quebradas - Agua Buena, ubicado en la Provincia de Los Santos. La localización regional del proyecto y la localización específica se presentan en las Figuras 1.1 y 1.2.



Figura 1.1. Localización Regional del Proyecto



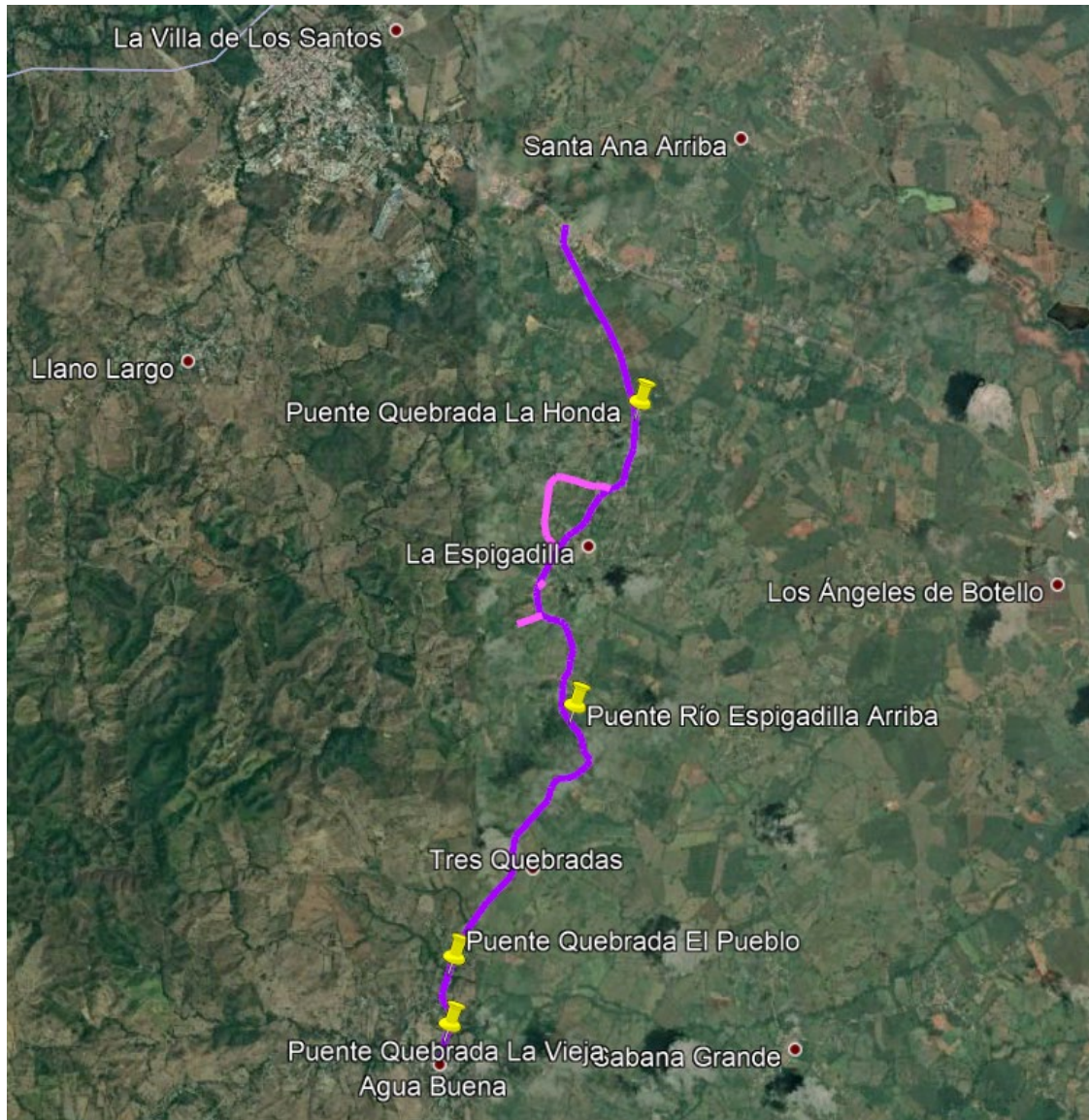


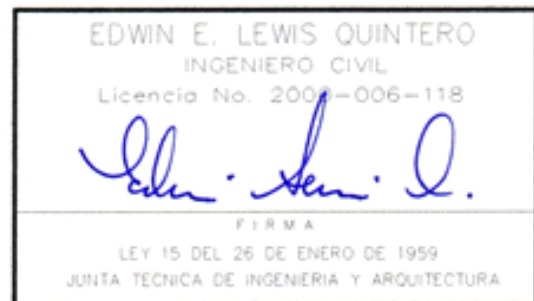
Figura 1.2. Localización Específica del Proyecto

II. METODOLOGÍA

El objetivo principal de este estudio hidrológico e hidráulico es el de determinar el Caudal Máximo ($Q_{\text{Máximo}}$) y el Nivel de Aguas Máximas Extraordinario (NAME) para el Puente sobre la Quebrada La Honda para el Proyecto de Rehabilitación de la Carretera El Ejido - La Espigadilla - Tres Quebradas - Agua Buena, ubicado en la Provincia de Los Santos.

Para la determinación del área de drenaje de la cuenca se utilizaron los Mosaicos Cartográficos de Panamá en escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia y el software Autodesk, AutoCAD Civil 3D.

El análisis hidrológico fue desarrollado utilizando el Análisis Regional de Crecidas Máximas adoptado por el Ministerio de Obras Públicas para cuencas con un área de drenaje mayor a 250 Hectáreas.



III. LOCALIZACIÓN REGIONAL

La Figura 3.1 presenta la ubicación regional del sitio de estudio.

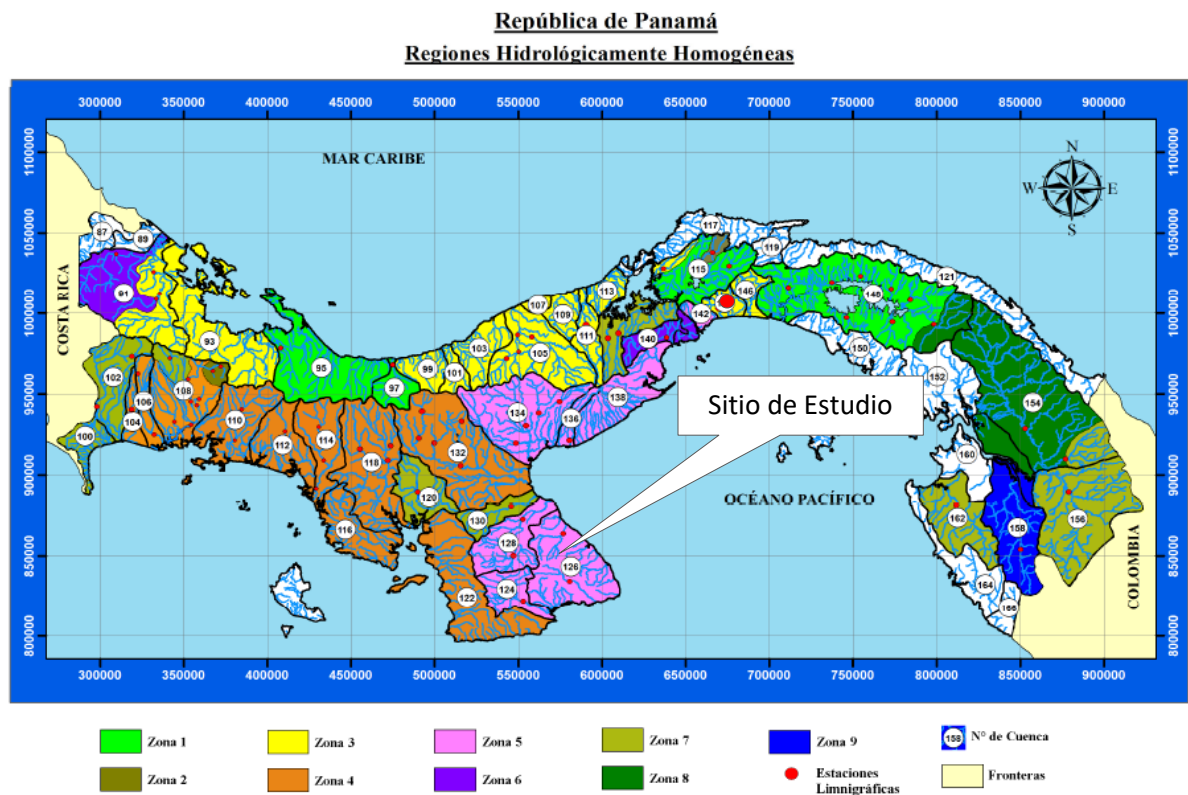


FIGURA 3.1. LOCALIZACIÓN REGIONAL DEL SITIO DE ESTUDIO

IV. CLIMATOLOGÍA

A continuación, se presentan los datos históricos de Precipitación y Temperatura para la Estación Los Santos de la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA) que es la estación más próxima al sitio de estudio.

Estación	LOS SANTOS (128-001)
Río	RIO LA VILLA
Lugar	LOS SANTOS
Elevación	16 msnm
Latitud	7° 56' 27"
Longitud	-80° 25' 03"
Años de Registro	57
Fecha de Inicio	1/10/1964
Fecha Final	null

FIGURA 4.1. DATOS ESTACIÓN LOS SANTOS (ETESA)

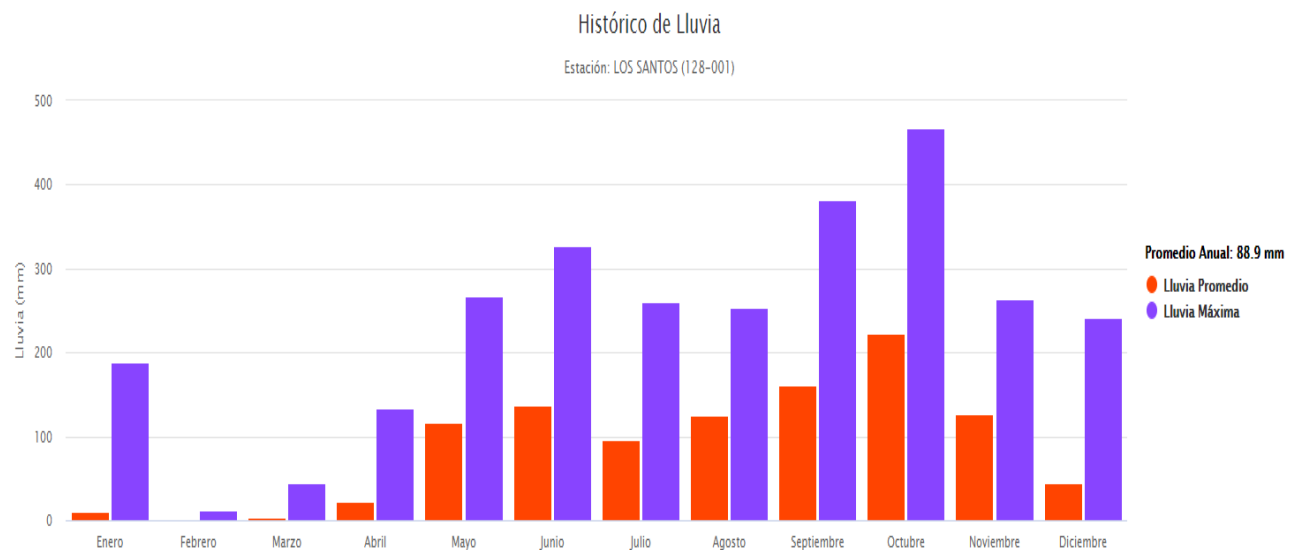


FIGURA 4.2. DATOS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN – CUENCAS ENTRE EL RÍO TONOSÍ Y EL RÍO LA VILLA

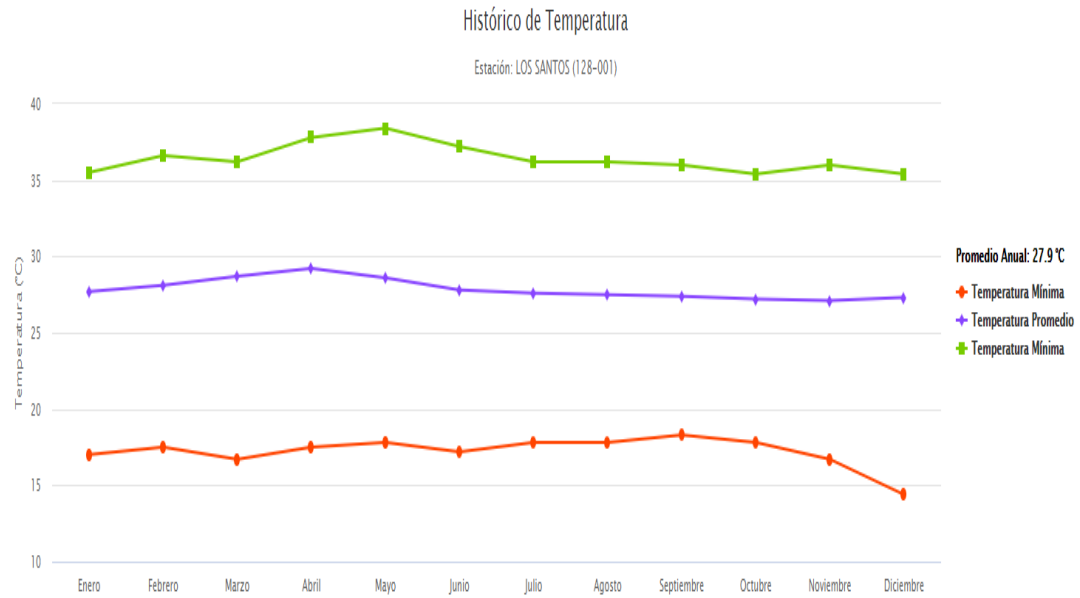


FIGURA 4.3. DATOS HISTÓRICOS DE TEMPERATURA – CUENCAS RÍOS ENTRE EL TONOSÍ Y LA VILLA

Para el caso de los datos históricos de Caudal, se obtiene información de la Estación Los Santos.

Estación	RIOS ENTRE TONOSI Y LA VILLA (126-01-01)
Lugar	PASO EL NANZAL
Elevación	10 msnm
Latitud	74900
Longitud	801800
Años de Registro	31
Área de Drenaje	357 Km ²
Fecha de Inicio	1/01/1967
Fecha de Fin	1/12/1998

FIGURA 4.4. DATOS ESTACIÓN RÍOS ENTRE EL TONOSÍ Y LA VILLA

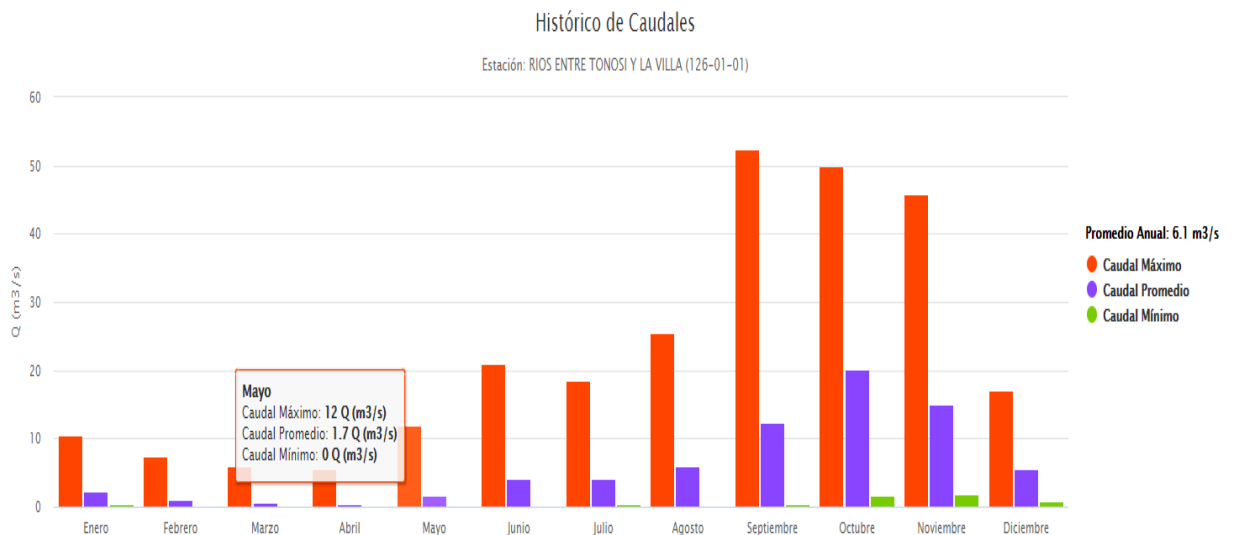


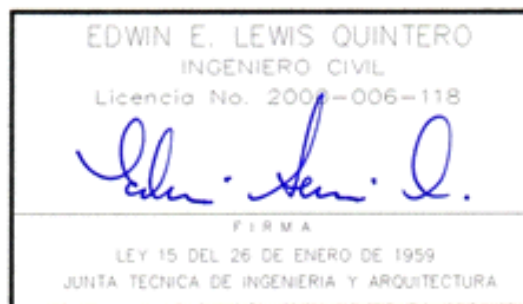
FIGURA 4.5. DATOS HISTÓRICOS DE CAUDAL – CUENCAS ENTRE EL RÍO TONOSÍ Y EL RÍO LA VILLA

V. ÁREA DE DRENAJE

Para la determinación del área de drenaje en el área de estudio, se utilizaron los Mosaicos Cartográficos de la República de Panamá a escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. La delimitación de la divisoria de aguas se hizo utilizando curvas de nivel espaciadas 20 metros entre sí y el software Autodesk, AutoCAD Civil 3D. En la Figura 5.1 se presenta el área de drenaje hasta el punto de estudio. La Tabla 5.1 presenta los datos principales de las cuencas de estudio.

TABLA 5.1. DATOS DE LA CUENCA PARA EL ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA QUEBRADA LA HONDA

Área de Drenaje (Ha)	Área de Drenaje (km ²)	Elevación Punto Alto (m)	Elevación Punto Bajo (m)	Longitud de la Cuenca (km)
306.00	3.06	78	30	3.3



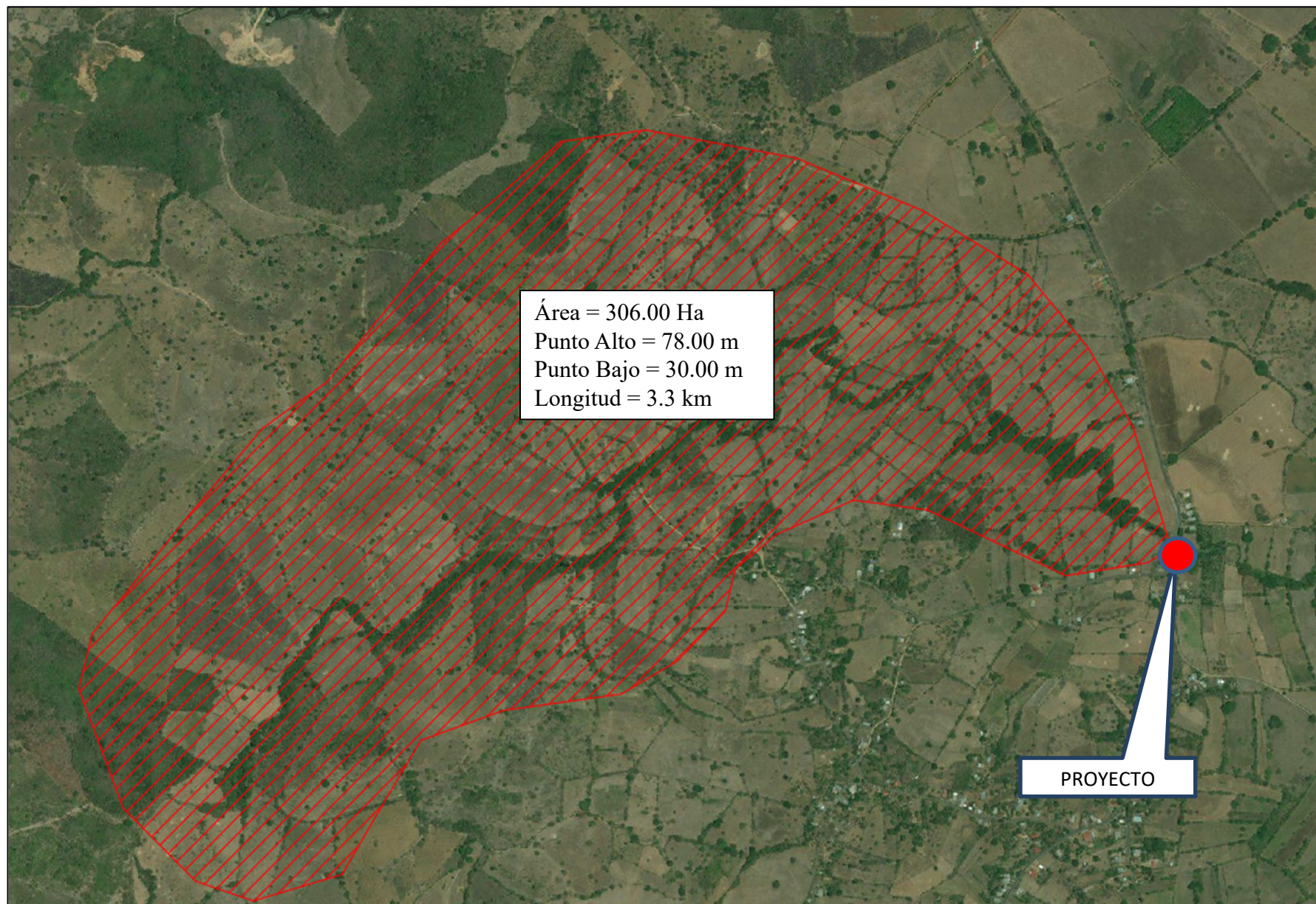


Figura 5.1. Área de Drenaje Quebrada La Honda

VI. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO

Para la determinación del Caudal Máximo Instantáneo se utilizará el Método del Análisis Regional de Crecidas Máximas (ETESA) el cual permite a partir del Área de la Cuenca y de su ubicación, determinar el Caudal Promedio y mediante la aplicación de factores para diferentes períodos de retorno, determinar el Caudal Máximo Instantáneo correspondiente.

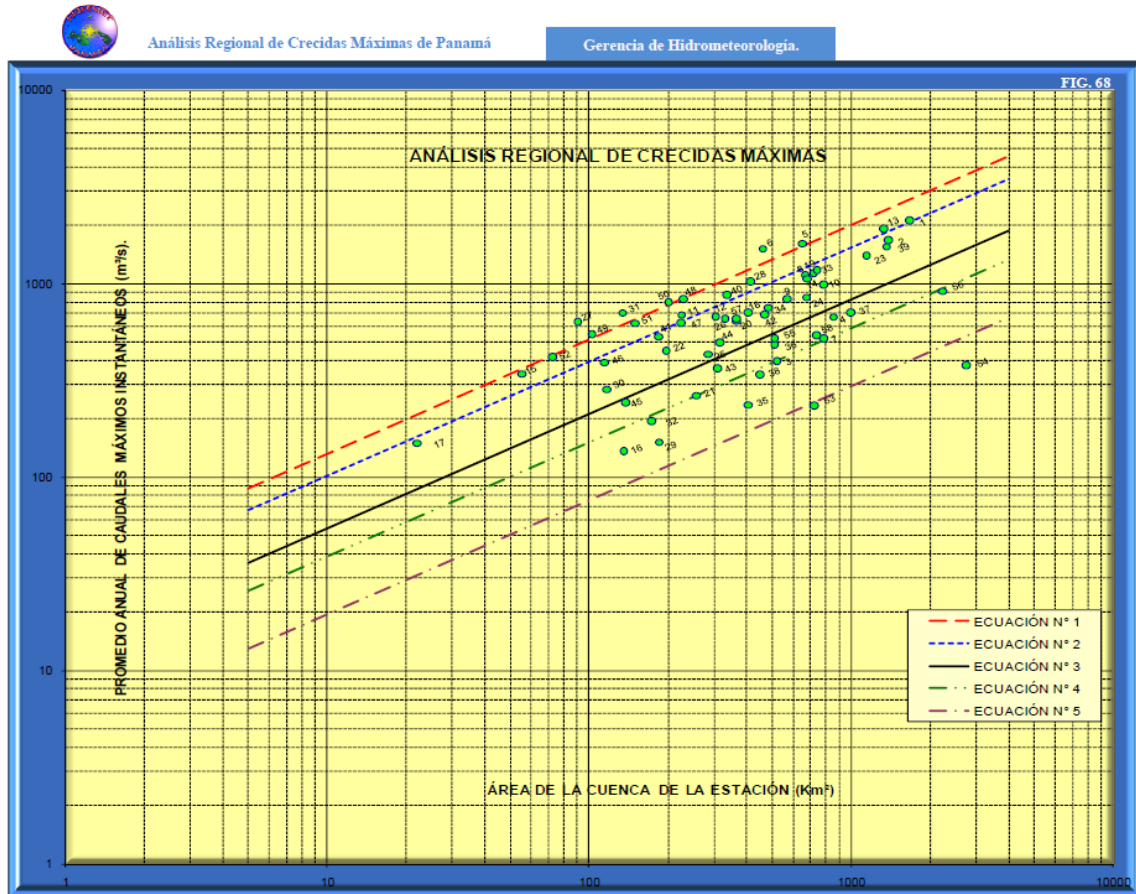


FIGURA 4.1. RELACIÓN CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS VS ÁREA DE LA CUENCA

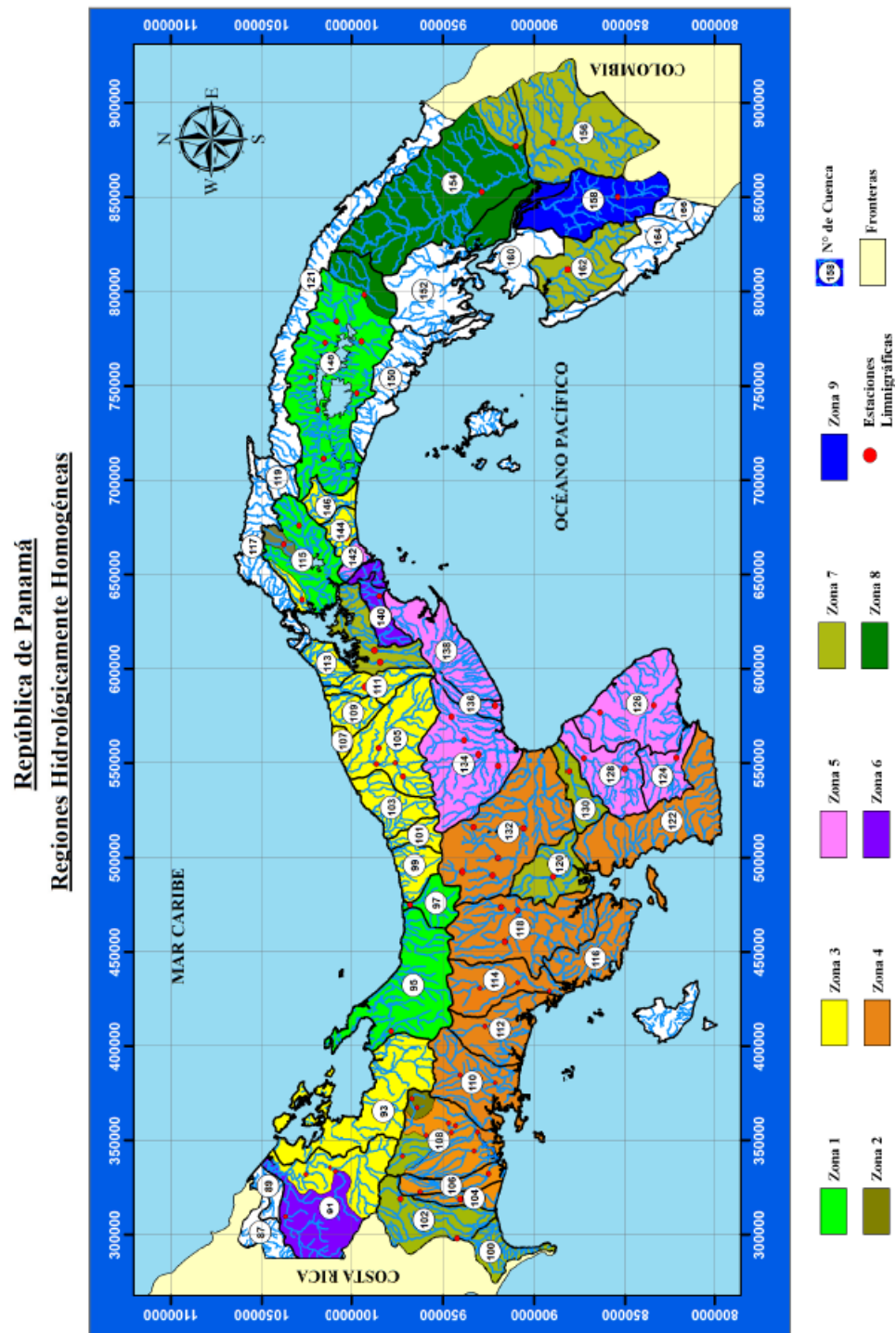


FIGURA 4.2. REGIONES HIDROLÓGICAMENTE HOMOGÉNEAS

La cuenca en estudio se encuentra en la Cuenca No.126, que corresponde a los ríos entre el Río La Villa y el Río Tonosí, y corresponde con la Zona 5.

Tabla 4.1. Caudales en Función de la Región Hidrológica

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

Tabla 4.2. Factores para Diferentes Períodos de Retorno

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

Para conocer la avenida máxima que pueda presentarse en cierto lugar y en diferentes periodos de retorno, el procedimiento a seguir es el siguiente.

- Delimitar y medir el área de drenaje, en Km².
- Determinar la zona de trabajo a la que pertenece el lugar de estudio, de acuerdo con el mapa de la Figura 4.1.
- Calcular el caudal promedio máximo en función de la zona asignada de acuerdo con la Tabla 4.1.
- Calcular el caudal máximo instantáneo para el periodo de retorno requerido, a partir del caudal promedio máximo obtenido en el punto anterior y multiplicado por los factores presentados en la Tabla 4.2.

Para la determinación del caudal máximo para un Período de Retorno de 1 en 100 años utilizando el método de análisis regional, siguiendo la Tabla 4.1, la zona que corresponde a las cuencas en estudio es la Zona 5, expresándose el caudal promedio máximo instantáneo como:

$$Q_{\text{Promedio Máximo}} = 14 A^{0.59}$$

Donde

$Q_{\text{Promedio Máximo}}$ = Caudal Máximo, medido en m³/s

A = Área de drenaje de la cuenca, medida en Km²

A partir de lo anterior, según la Tabla 4.2, el Caudal Máximo para un periodo de retorno de 100 años se obtiene al multiplicar este caudal por 2.68.

$$Q_{\text{Promedio Máximo}} = 14 A^{0.59}$$

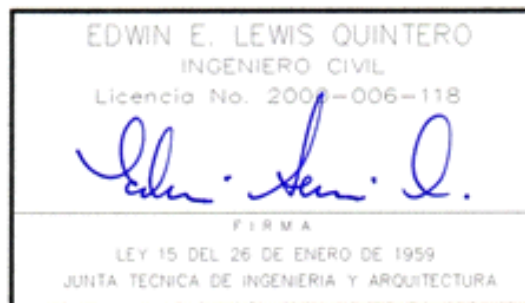
$$Q_{\text{Promedio Máximo}} = 14 \times (3.06)^{0.59}$$

$$Q_{\text{Promedio Máximo}} = 27.08 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{Máximo}} = \text{Factor} \times Q_{\text{Promedio Máximo}}$$

$$Q_{\text{Máximo}} = 2.68 \times 27.08$$

$$Q_{\text{Máximo}} = 72.58 \text{ m}^3/\text{s}$$



V. APLICACIÓN DEL MODELO HYDRAULIC TOOLBOX

Para el análisis de la capacidad hidráulica de los cauces se utilizó el programa informático Hydraulic Toolbox, desarrollado por el la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (FHWA-Federal Highway Administration). El mismo permite determinar las profundidades de agua, velocidades y condiciones de flujo para diferentes caudales.

Tabla 5.1. Resultados del Análisis Hidráulico

Área de Drenaje (Ha)	Área de Drenaje (km ²)	Q _{Promedio} (m ³ /s)	Q _{Máximo} (m ³ /s)	Profundidad del Agua (m)
306.00	3.06	27.08	75.58	2.17

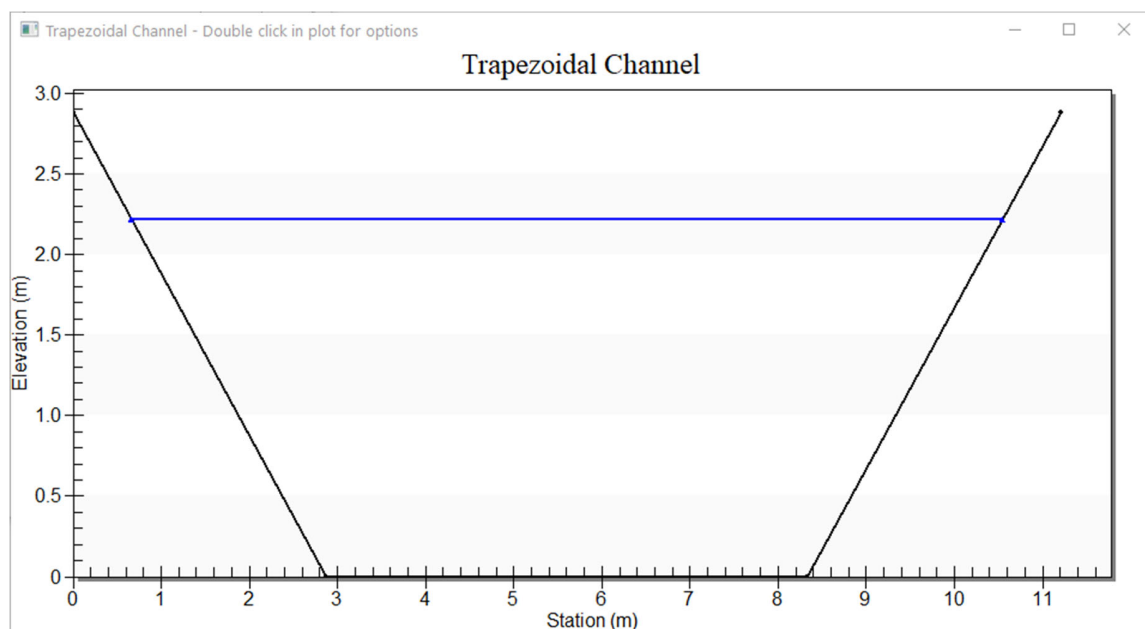


Figura 5.1. Sección Transversal de Diseño

Quebrada La Honda

Type: **Trapezoidal** Define...

Side Slope 1 (Z1): **1.0** H : 1V

Side Slope 2 (Z2): **1.0** H : 1V

Channel Width (B): **5.45** (m)

Pipe Diameter (D): **0.0** (m)

Longitudinal Slope: **0.01** (m/m)

☐ Override Default

Manning's Roughness: **0.0300**

☐ Use Lining

Lining Type: **Woven Paper Net**

☒ Enter Flow: **72.580** (cms)

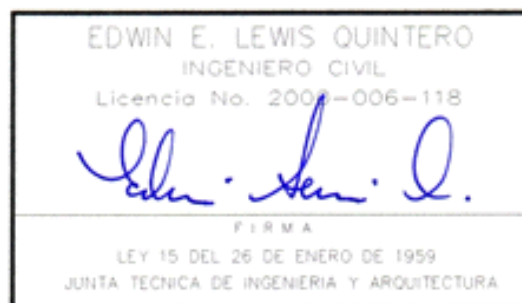
☐ Enter Depth: **2.217** (m)

Calculate

Plot... **Compute Curves...** **OK** **Cancel**

Parameter	Value	Unit
Flow	72.580	cms
Depth	2.217	m
Area of Flow	16.995	m ²
Wetted Perimeter	11.720	m
Hydraulic Radius	1.450	m
Average Velocity	4.271	m/s
Top Width (T)	9.883	m
Froude Number	1.040	
Critical Depth	2.268	m
Critical Velocity	4.147	m/s
Critical Slope	0.00922	m/m
Critical Top Width	9.986	m
Calculated Max Shear Stress	217.284	N/m ²
Calculated Avg Shear Stress	142.140	N/m ²

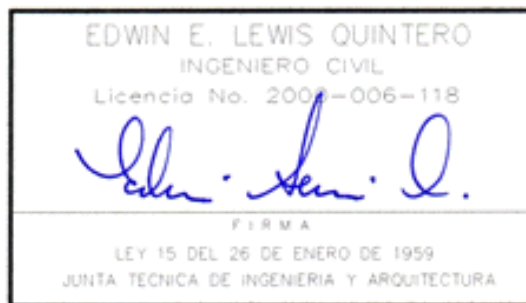
Figura 5.2. Resultados del Análisis Hidráulico – Hydraulic Toolbox



VII. CONCLUSIONES

La determinación del Caudal Máximo ($Q_{\text{Máximo}}$) para el Puente sobre la Quebrada La Honda para el Proyecto de Rehabilitación de la Carretera El Ejido - La Espigadilla - Tres Quebradas - Agua Buena, ubicado en la Provincia de Los Santos para un Período de Retorno de 1 en 100 años fue realizada utilizando el Método de Análisis Regional de Crecidas Máximas, dando como resultado un caudal de 72.58 m³/s.

La determinación del Nivel de Aguas Máximas Extraordinario (NAME) fue realizado utilizando el Análisis Hidráulico mediante el programa informático Hydraulic Toolbox, dando como resultado un nivel de agua de 2.17 m. En base a esto el puente nuevo debe ser diseñado cumpliendo con el gálibo mínimo del Ministerio de Obras Públicas de 1.80 m, por lo tanto, el nivel inferior de la estructura debe ser ubicado a 3.97 m medidos desde el fondo del cauce.



VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Chow, V. T., D. R. Maidment y L. W. Mays, 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Publishing Co., New York.
- *Manual de Aprobación de Planos*. Ministerio de Obras Públicas, 2002.

ANEXO A

Ficha Técnica para Ministerio de Ambiente Ríos entre el Tonosí y La Villa

PUENTE QUEBRADA LA HONDA

1. UBICACIÓN EXACTA DEL SITIO DE LA TOMA DE TOMA Y DESCARGA DE AGUA:

- Mapa de localización regional del proyecto.
- Presentar mapa (hoja topográfica) a escala 1:50,000 que muestre las coordenadas en UTM-DATUM WGS84, área y la elevación del sitio.
- Identificar si el proyecto o alguna infraestructura en los sitios de (toma, conducción y utilización) están dentro de alguna área protegida.

Se adjunta el Mosaico 4139 IV SW (Llano Largo) en escala 1:25,000 (Mayor que la escala solicitada) donde se muestra la localización regional del proyecto y las coordenadas UTM de ubicación del centroide del proyecto.

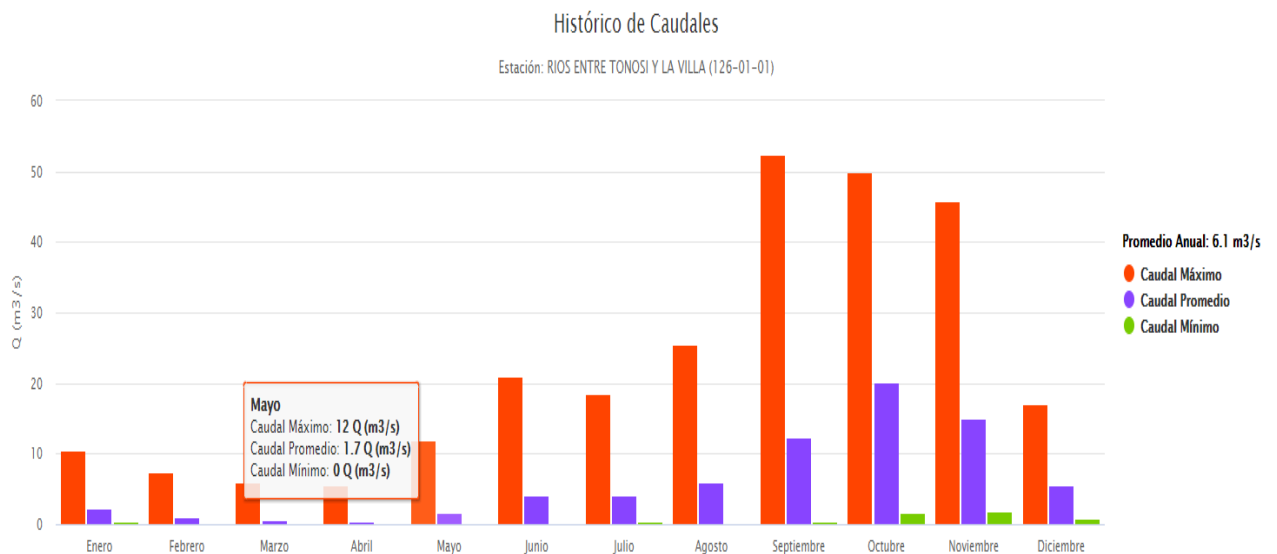
2. DEFINICIÓN DEL RÍO PRINCIPAL:

- Caudales promedios mensuales de la estación hidrológica más próxima (m^3/s).
- Caudales mínimos mensuales de la estación hidrológica más próxima (m^3/s).
- Aforos esporádicos para la estación seca de los ríos o quebradas sin información hidrológica. El mismo debe indicar claramente el sitio de aforo en un mapa a escala 1:50,000 e indicar la fecha (día, mes y año), caudal m^3/s . Los cálculos del aforo deben ser adjuntados.
- Área de drenaje medida hasta el sitio de toma de agua (Definir en mapa a escala 1:50,000).

El río principal es la Quebrada La Honda que forma parte de la Cuenca No. 126 que corresponde a los ríos entre el Río Tonosí y el Río La Villa. Se adjunta los valores de Caudal Promedio Mensual, Caudal Mínimo Mensual y Caudal Máximo Mensual. De igual manera se adjunta el Área de Drenaje.

Estación	RIOS ENTRE TONOSI Y LA VILLA (126-01-01)
Lugar	PASO EL NANZAL
Elevación	10 msnm
Latitud	74900
Longitud	801800
Años de Registro	31
Área de Drenaje	357 Km²
Fecha de Inicio	1/01/1967
Fecha de Fin	1/12/1998

DATOS ESTACIÓN RÍOS ENTRE TONOSÍ Y LA VILLA (ETESA)

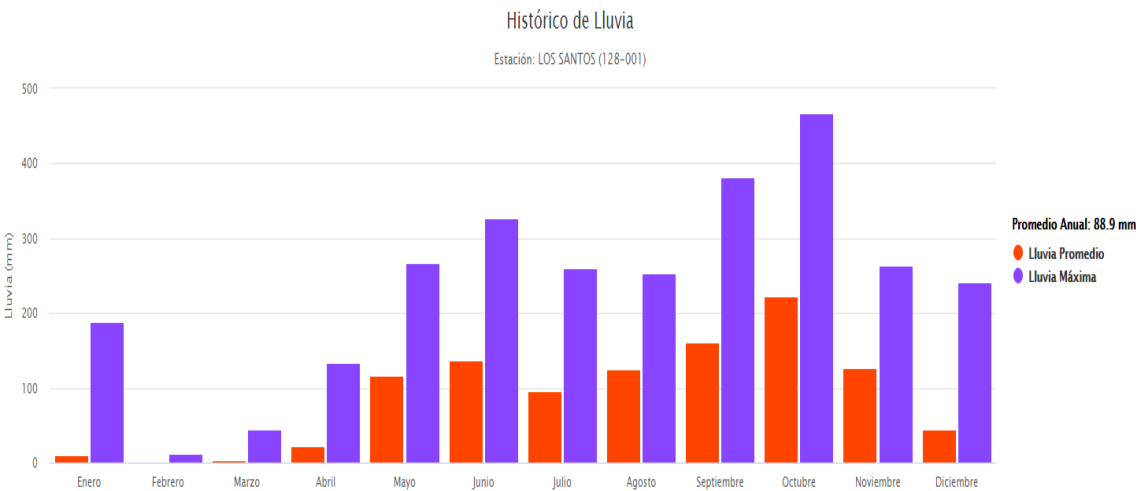


DATOS HISTÓRICOS DE CAUDAL – CUENCAS ENTRE EL RÍO TONOSÍ Y EL RÍO LA VILLA

Se presentan los datos de precipitación de la estación más cercana.

Estación	LOS SANTOS (128-001)
Río	RIO LA VILLA
Lugar	LOS SANTOS
Elevación	16 msnm
Latitud	7° 56' 27"
Longitud	-80° 25' 03"
Años de Registro	57
Fecha de Inicio	1/10/1964
Fecha Final	null

DATOS ESTACIÓN LOS SANTOS (ETESA)



DATOS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN – CUENCAS ENTRE EL RÍO TONOSÍ Y EL RÍO LA VILLA

4. IDENTIFICAR USUARIOS ACTUALES

Aguas arriba y aguas abajo que aprovechan la fuente de agua a utilizar en el área de influencia de las obras a realizar.

La Quebrada La Honda se utiliza como fuente de agua para la agricultura y la ganadería y como balneario. El puente vehicular no interviene en ninguna de las actividades.

5. DESCRIPCIÓN Y DETALLES DE LA OBRA A REALIZAR Y SUS IMPLICACIONES AMBIENTALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO:

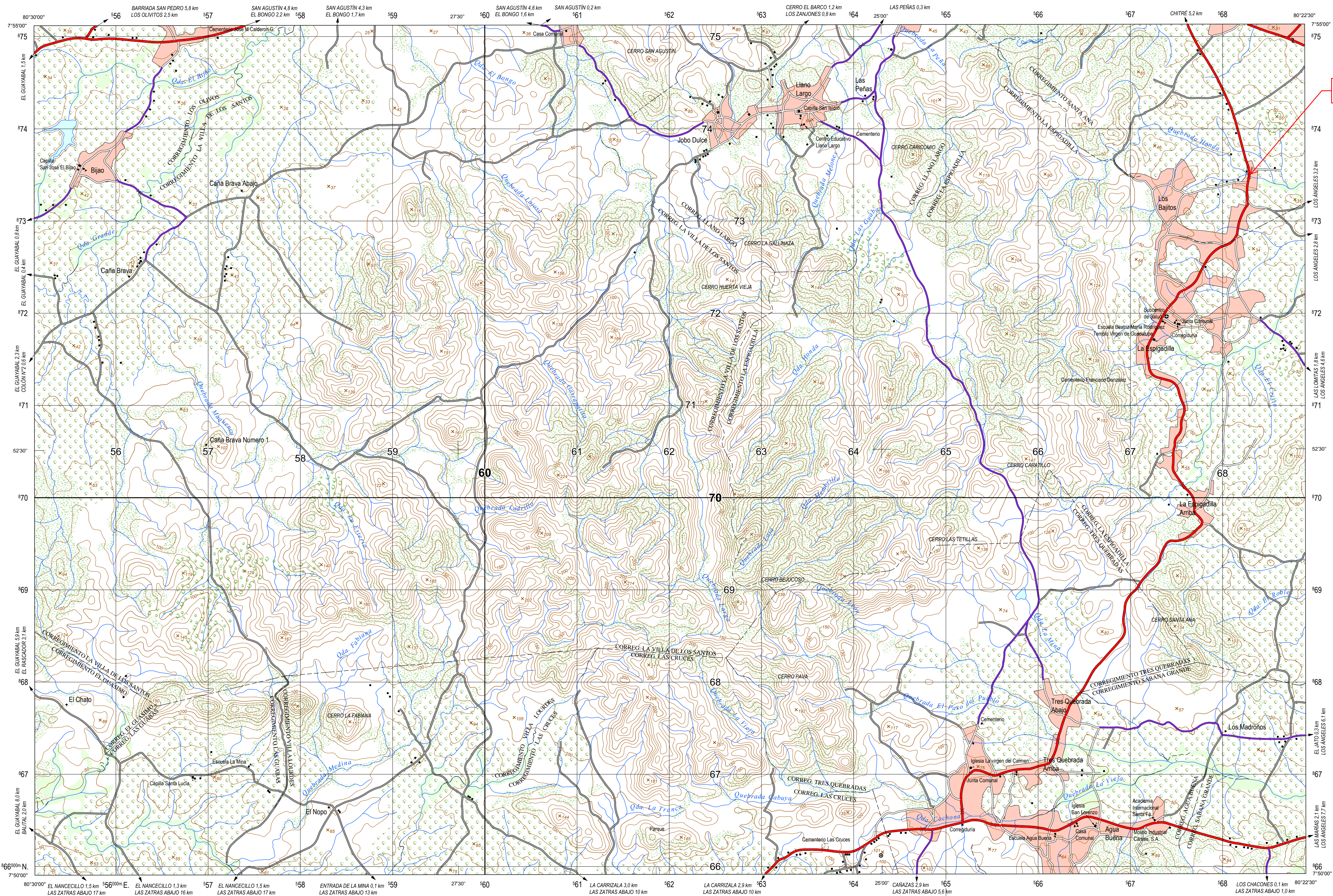
- Detalles y características de la represa (Tipo de represa, ancho, largo, vertedero, capacidad de almacenamiento, caudal ecológico a considerar), características de canales de conducción, detalles de las descargas (caudales, describir si se presentan impactos hidráulicos), adjuntar plano de obras e infraestructuras firmado por un profesional idóneo.

El proyecto a considerar es un puente vehicular no afecta el cauce.

6. DESCRIBIR LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO Y DESCARGA DEL RECURSO HÍDRICO:

Considerando los sitios de captación, conducción, distribución y descarga (características y detalles de las bombas, diámetros, longitud y recorridos de las tuberías).

El proyecto consiste en un puente vehicular.



568262.00 m E
873499.00 m N



REPÚBLICA DE PANAMÁ
AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA"

LEYENDA	
CAMINOS	LUGARES POBLADOS
Autopista, Corredor	Área urbana
Carretera pavimentada transitable todo el año	Asentamiento informal
Carretera de superficie ligera, transitable todo el año	ESTRUCTURAS
Calle	Cementerio, Hospital
Calle	Marca terrestre, Tanque
Ferrocarril	Edificio, Escuela, Iglesia
Señal de ruta Primaria, Secundaria	Piscina, Tina
Puente, Vado	Línea transmisora de energía eléctrica
LÍMITES	Represa: Cemento, Tierra
Internacional, Hito	HERCROGRAFÍA
Provincia	Rio, Quebrada
Distrito	Lago, Laguna, Pozo, Manantial
Corregimiento	RELIEVE
Comarca	Cota Fija
VEGETACIÓN Y USO DE SUELO	Cota comprobada; No comprobada
Bosque, Manglar	Dique
Matorral; Árboles dispersos	GEODESIA
Huerto, Plantación, Ciénaga o Pantano	Estación CORS; Red básica
Terreno sujeto a inundación; Arozal	Red primaria; Punto de control vertical

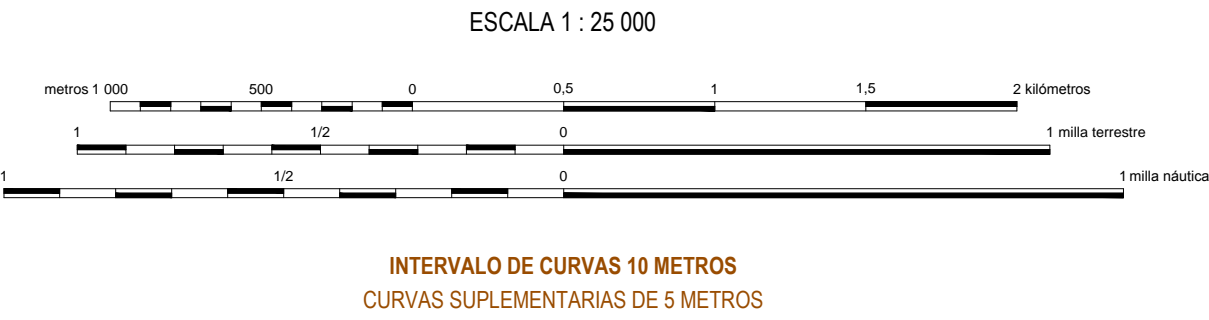
NOTAS

Mapa elaborado de acuerdo al contrato AL 3-82-10, Ministerio de Obras Públicas, República de Panamá.
Información cartográfica basada en imágenes de Radar Aerotransportado de Apertura Síntica, Banda X y P, año 2012. Control horizontal y vertical, agosto 2011.

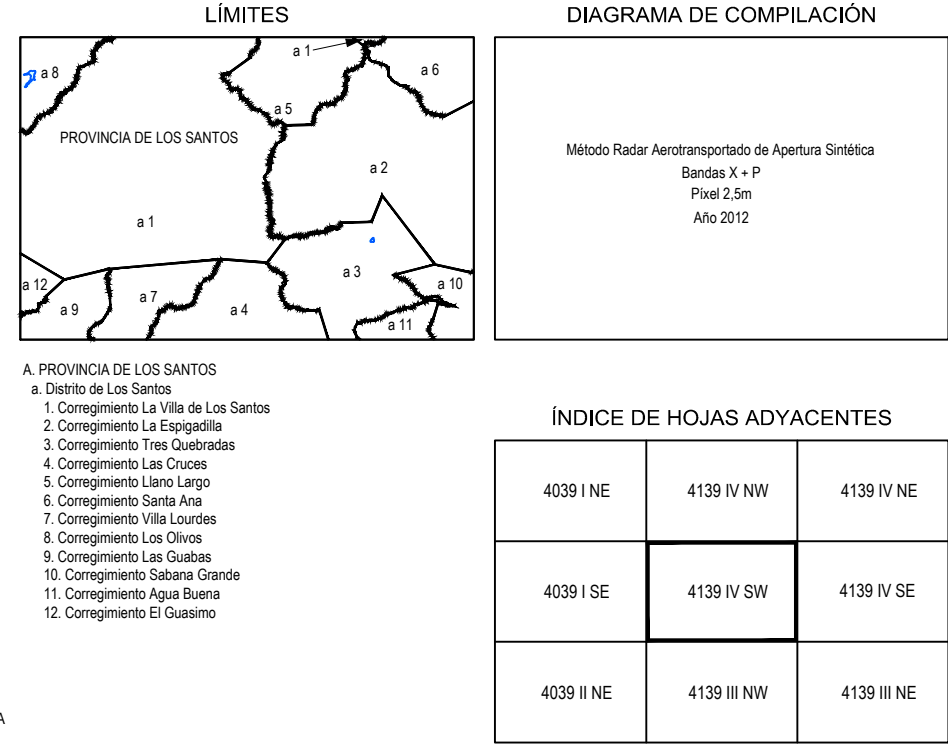
ELIPSOIDE: WGS 84
CUADRICULA: 1.000 METROS, UTM, ZONA 17N (LÍNEAS NEGRAS NUMERADAS)
PROYECCIÓN: TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM VERTICAL: MODELO GRAVITACIONAL TERRESTRE 1998 EGM 96
DATUM HORIZONTAL: WGS 84 / MARCO DE REFERENCIA TERRESTRE INTERNACIONAL 2008 (ITRF 08)
DATUM HIDROGRÁFICO: SONDEOS EN METROS REFERIDOS AL NIVEL MEDIO DE BAJAS MAREAS
DATUM VERTICAL PARA LOS PUNTOS DE COTAS FIJAS ES EL NIVEL MEDIO DEL MAR, CRISTÓBAL (COLÓN)
IMÁGENES DE RADAR AEROTRANSPORTADO: AÑO 2012
CONTROL GEODÉSICO: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA", 2011

Los usuarios deben referir correcciones y/o comentarios a: direccionigntg@anati.gob.pa o escribir al:
Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" Apartado: 0816-01574 Zona 5, Panamá, Rep. de Panamá,
Teléfono: (507) 307-9683, Fax: (507) 307-9682.

SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL CONTENIDO DE ESTE MAPA POR MEDIO MANUAL O DIGITAL SIN PERMISO AUTORIZADO DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA"



ANGULO NC-M DE 2015
3° 15' (60 MILS)
VARIACIÓN MAGNÉTICA ANUAL
8° AL OESTE
PARA CONVERTIR UN
AZIMUT MAGNÉTICO
A UN AZIMUT DE CUADRICULA
RESTRÍBESE EL ÁNGULO NC-M
PARA CONVERTIR UN
AZIMUT DE CUADRICULA
A UN AZIMUT MAGNÉTICO
SÚMESE EL ÁNGULO NC-M



ISBN 978-9962-06-589-0