

Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II

Proyecto: ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO

Promotor: INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES.

**ANEXO N°3**  
**ESTUDIO HIDROLOGICO**

743

Consultores: Lic., Yisel Mendieta / Registro N.º DEIA-IRC 079-2020, Celular N.º 65378184  
Lic., Mgs. Isabel Murillo / Registro: N.º IRC-008-12

Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II

Proyecto: ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO

Promotor: INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES.

2021

## ESTUDIO HIDROLÓGICO



Instituto de Acueductos y  
Alcantarillados Nacionales (IDAAN)

ELABORADO POR  
CONSORCIO RB-CHIRIQUÍ GRANDE



Elaborado por  
Consortio RB-CHIRIQUÍ GRANDE  
23-6-2021

744

Consultores: Lic., Yisel Mendieta / Registro N.º DEIA-IRC 079-2020, Celular N.º 65378184  
Lic., Mgs. Isabel Murillo / Registro: N.º IRC-008-12



## ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	1
2. OBJETO DE ESTUDIO	4
2.1 Población de diseño al año 2050 y Q demanda	5
2.2 Características hidrográficas de la cuenca del río la Gloria	11
2.2.1. Características fisiográficas de la cuenca	11
2.3 Determinación de los caudales de diseño	21
2.3.1. Marco teórico	21
2.3.2. Método racional	22
2.3.3. Análisis regional de crecidas máximas. Método Lavelin	25
2.3.3.1 Introducción	25
2.3.3.2 Caudal avenidas de diseño tr-5,tr-10,tr-20,tr-50,tr-100	27
2.3.3.3 Caudal promedio anual	28
2.3.3.4 Caudal ecológico	33
2.3.3.5 Caudal mínimo	34
3 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	34
3.1 Caracterización climática de la cuenca del río la Gloria	34
3.2 Balance hidrogeológico del área de drenaje hasta el punto donde se realiza el estudio	35
3.3 Comportamiento climático del área de estudio	36
3.3.1 Precipitación	36
3.3.2 Análisis del período de transición de la estación seca a lluviosa	36
3.3.3 Análisis del período lluvioso	36
3.3.4 Análisis del almacenaje de agua en el suelo	36
3.4 Aforo con molinete en el punto de la toma	40
4. PLUVIOMETRÍA. DATOS DE LAS ESTACIONES DE LA ZONA	42
4.1 Estación meteorológica Punta Robalo	47
4.2 Estación meteorológica Rambala	49
4.3 Estación meteorológica Changuinola Sierra	50
5 HIDROLOGÍA. DATOS DE LAS ESTACIONES MÁS REPRESENTATIVAS	52
6 MODELIZACIÓN HEC-RAS	54
7 CONCLUSIONES	62

Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II

Proyecto: ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO

Promotor: INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES.



ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO,  
PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO



btd

<b>8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>63</b>
<b>9 RESULTADOS MODELIZACION HEC-RAS Q50. AVENIDAS 10,20,50,100 ANOS Y PERÍODO DE RETORNO</b>	<b>64</b>
9.1 Caudal 10 años	65
9.2 Caudal 20 años	80
9.3 Caudal 50 años	95
9.4 Caudal 100 años	110
<b>10 PLANO ARC GIS</b>	

Tabla 1	Caudales nominal y de diseño.	2
Tabla 2	Poblados del distrito Chiriquí Grande	2
Figura 1	Localización del proyecto en el mapa de Panamá	3
Figura 2	Áreas protegidas	4
Tabla 3	Proyección de crecimiento de la Población	9
Tabla 4	Evolución de caudales en el tiempo	10
Figura 3	Cuenca río La Gloria	12
Figura 4	Mapa de Cuencas hidrográficas	13
Figura 5	Cuenca río La Gloria	14
Tabla 5	Características de la cuenca río La Gloria	15
Tabla 6	Clasificación de Coeficiente de Gravelius	16
Tabla 7	Curva Hipsométrica Rio La Gloria hasta desembocadura en el mar	18
Figura 6	Curva hipsométrica Rio La Gloria	19
Figura 7	Perfil Río La Gloria	20
Figura 8	Tiempo de concentración según forma de la cuenca	22
Tabla 8	Tiempos de concentración método Agres	23
Tabla 9	Tiempos de concentración método USDA	24
Tabla 10	Caudal periodo de retorno 50 años	27
Tabla 11	Caudales hallados para distintos períodos de retorno	27
Figura 9	Mapa de escorrentías anuales	29



Tabla 12	Curva Escorrentía	30
Figura 10	Escorrentía media	32
Tabla 13	Caudal Promedio	33
Figura 11	Clima	35
Tabla 14	Balance hidrogeológico para el área que abarca la cuenca del río La Gloria hasta el punto de control	36
Tabla 15	Balance hídrico edafoclimático mensual de Rambala	38
Figura 12	Balance hídrico edafoclimático mensual de Rambala	38
Tabla 16	Balance hídrico edafoclimático mensual de Punta Robalo	39
Figura 13	Balance hídrico edafoclimático mensual de Punta Robalo	39
Figura 14	Localización del punto de aforo y estaciones meteorológicas Representativas	40
Tabla 17	Aforo con molinete. Río la Gloria	41
Tabla 18	Precipitaciones medias anuales	47
Tabla 19	Estación meteorológica Punta Róbalo	47
Tabla 20	Lluvias anuales Punta Robalo	48
Figura 15	Histórico de lluvias Punta Robalo	48
Tabla 21	Estación meteorológica Rambala	49
Figura 16	Histórico de lluvias Rambala	49
Tabla 22	Lluvias anuales Rambala	50
Tabla 23	Estación meteorológica Changuinola Sierra	50
Figura 17	Histórico de lluvias Changuinola Sierra	51
Tabla 24	Lluvias anuales Changuinola Sierra	51



Tabla 25	Estaciones cercanas a la cuenca	52
Figura 18	Estación Pena Blanca	52
Tabla 26	Caudales mínimos, promedios y máximos mensuales de la estación hidrológica Pena Blanca	53
Figura 19	Histórico de caudales río Changuinola	54
Tabla 27	Valores del coeficiente de rugosidad en la fórmula de Manning	60
Figura 20	Perfiles considerados en modelización HEC-RAS	61
Tabla 28	Caudales en crecidas	62
Tabla 29	Resumen de caudales	62
Tabla 30	Tabla de valores Q10	65
Tabla 31	Tabla de valores Q20	80
Tabla 32	Tabla de valores Q50	95
Tabla 33	Tabla de valores Q100	110



## 1. ANTECEDENTES

El presente Estudio Hidrológico tiene por objeto de determinar los caudales necesarios para definir las obras de Captación de Agua Potable en el Río La Gloria.

Los sistemas de abastecimientos de agua potable en las comunidades Distrito de Chiriquí Grande se han desarrollado a través del Ministerio de Salud e IDAAN mediante la modalidad de acueductos rurales. Los cuales se abastecen mediante fuentes superficiales, con redes de distribución pequeñas, que trabajan de forma limitada y muchas veces fuera de las normas de diseño establecidas para este tipo de sistema abastecimiento de agua potable.

El crecimiento de la población y el aumento de la demanda de agua potable en las diversas comunidades existentes del departamento. Chiriquí Grande que han surgido llevan a que estos sistemas de abastecimientos de agua potable hoy día no cumplan con la finalidad y objetivos con la cual fueron construidos. La falta de mantenimiento en las tomas de agua, la falta de una adecuada macro medición y cobro en los sistemas de bombeo que no reciben el adecuado mantenimiento han contribuido a que los equipos existentes trabajen de manera deficiente. Los escasos recursos económicos de la comunidad, y la falta de presupuesto en las juntas administradoras de sistemas de acueductos, no ayudan a la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Se requiere plantear un nuevo sistema de abastecimiento de agua para toda la región, de manera que funcione de manera integral para todas las comunidades cercanas desde una fuente con capacidad suficiente para dotar de agua potable a estas áreas considerando un horizonte hasta el año 2049, un sistema de tratamiento de potabilización completo y moderno, un sistema de conducción por gravedad, que pueda suplir las demandas de hoy día y por lo menos por un periodo de 30 años.

El alcance incluye la ejecución de la captación, la PTAP y depósitos de agua tratada para las poblaciones indicadas, además de la red de transporte entre la PTAP y los depósitos, así como la parte de red de distribución indicada en los pliegos.



La solución planteada para la PTAP. Según se indica en los términos de referencia de licitación la planta de tratamiento para agua potable debe disponer de al menos las siguientes capacidades:

*Tabla 1. Caudales nominales de diseño.*

CAUDAL DE DISEÑO			
	gal/día	m³/d	m³/h
Caudal de la PTAP	5.000.000	18.927	789
Caudal de Diseño de la toma	5.500.000	20.82	867

Como parte de las obras se realizará:

- La toma de agua cruda. Se sitúa en las coordenadas:  
E 363191.3482m, N 992255.7443m. UTM, WGS 84.
- La línea de aducción desde la toma hasta la PTAP
- La planta de tratamiento de agua potable

*Tabla 2. Poblados del Distrito Chiriquí Grande*

CORREGIMIENTO	POBLADO
CHIRIQUÍ GRANDE	CHIRIQUÍ GRANDE
MIRAMAR	MIRAMAR
PUNTA PEÑA	PUNTA PEÑA
	CAÑAZAS
RAMBALA	RAMBALA
	CHIRIQUICITO 1
	CHIRIQUICITO 2

- Las líneas de conducción que parten desde el tanque de 2 Millones de Galones que se sitúa a continuación de la PTAP.
- Las líneas de conducción que partiendo del tanque principal llegan a cada uno de los tanques existentes en los poblados.

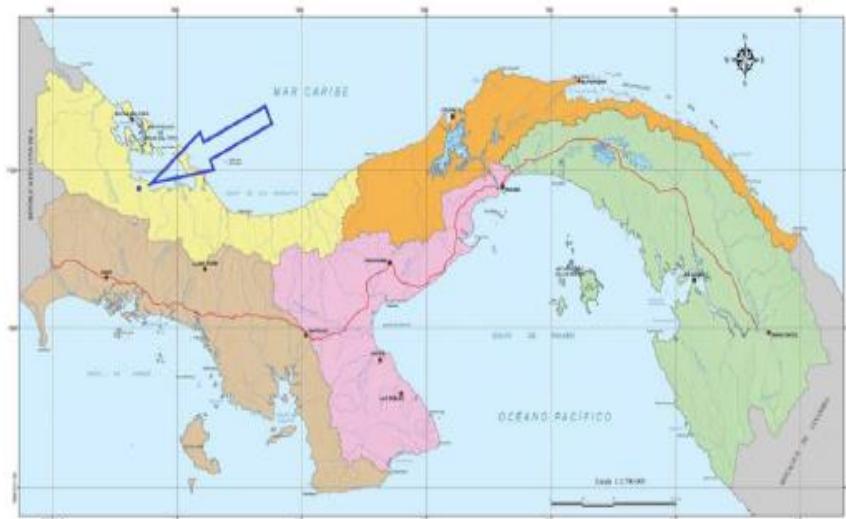


- Las distribuciones interiores en los poblados indicados en el pliego de contratación.
- Los accesos a la PTAP y a la toma.

La solución propuesta permite resolver el problema del abastecimiento de agua potable a las comunidades que se presentan en la Tabla 2.

El presente proyecto se encuadra en la Región Hídrica del Caribe Occidental, tal y como se observa en la imagen adjunta extraída del Atlas Ambiental de la República de Panamá.

*Figura 1. Localización del proyecto en el mapa de Panamá*



#### AREAS DE PROTECCIÓN

El proyecto por tanto está ubicado fuera de las áreas de protección recogidas en el plano del Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2.005.

En la siguiente figura se muestra la ubicación del proyecto dentro de dicho plano. Se ha comprobado mediante los datos topográficos in situ que la toma se encuentra fuera de las áreas de protección.

NO AFECTACIÓN AL ÁREA PROTEGIDA. -

La presa se sitúa en el punto más alto posible sin afectar al área protegida,

*Figura 2. Áreas protegidas*



## 2. OBJETO DE ESTUDIO

Se requiere determinar la capacidad de la Cuenca del Río La Gloria para:

- a. Saber si la cuenca tiene la capacidad hidráulica suficiente para abastecer a la población en el año 2050
  - b. Determinación de los caudales de diseño.
  - c. Ubicar correctamente las Instalaciones de captación.
  - d. Definir la zona inundable.
  - e. Diseñar los elementos de protección necesarios.

Pág 4



## 2.1 POBLACIÓN DE DISEÑO AL AÑO 2050 y Q demanda

Desde los albores de la humanidad el hombre tuvo la necesidad de formar comunidades para saciar sus necesidades de forma más eficiente, luego aparecieron las ciudades o aldeas y progresivamente sus niveles de organización también fueron consolidando y universalizando leyes y normas.

Este proceso introduce nuevos conceptos como ciudadanos, ciudadanía, población, población urbana, rural, etc. Una de las ramas que estudia los distintos fenómenos sociales que llevan al desarrollo o desenvolvimiento de una ciudad determinada es justamente la Demografía, considerándose como tal objeto de estudio primordialmente a las Poblaciones Humanas y analizando todo lo relativo a las características que adoptan en distintos ámbitos y Entornos Geográficos.

Esta ciencia que se complementa muy bien con la Geografía entonces busca analizar, explicar y predecir los distintos fenómenos relativos a la Dinámica de Sociedades, analizando por ejemplo dentro de una ciudad no solo la Cantidad de Habitantes (quizá lo más conocido de un Análisis Demográfico) sino también todos los fenómenos dinámicos y modificaciones que giran en torno a los Cambios Estructurales de una población determinada.

En general, la tasa de crecimiento vegetativo de la población está relacionada con dos indicadores: la tasa de crecimiento de la natalidad y la tasa de crecimiento de la mortalidad.

Es política de los gobiernos propiciar una menor tasa de crecimiento de la mortalidad, especialmente de la mortalidad infantil y de la tasa de mortalidad materna, con el consecuente aumento de la esperanza de vida al nacer. Una menor tasa de crecimiento de la mortalidad sigue considerándose como un buen indicador del nivel socioeconómico de una comunidad (país, región, localidad) así como de su infraestructura en los servicios básicos de salud, de sus programas de vacunación, de su grado de nutrición, entre otros. Por tanto, para reducir el tamaño de la población (N) no sería ético propiciar el aumento de la tasa de crecimiento de la mortalidad, al contrario, todos los gobiernos propician su reducción.

Pág 5



Queda, entonces, actuar sólo con el otro componente poblacional: la tasa de crecimiento de la natalidad. Es con esta variable demográfica –La fecundidad- la única sobre la cual se podría actuar si se desea obtener una tasa de crecimiento de la población decreciente.

El saldo migratorio –emigrantes menos inmigrantes- es importante cuando se trata de migraciones internacionales, pero si se trata de movimientos espaciales de la población dentro de nuestro país, la incidencia del saldo migratorio es insignificante más aún cuando es muy difícil calcular estos movimientos migratorios.

Conocer y estudiar, entonces, las variables que originan aumentos o disminuciones del tamaño de la población, tales como la fecundidad, la mortalidad, la densidad demográfica, el tamaño de la población en el futuro mediano, la densidad poblacional, es muy importante para tomar medidas de política económica, educativa, de salud, de provisión de servicios básicos, etc.

La Demografía (del griego “demos” que significa “pueblo” y “grafía” que significa “estudio, descripción”) es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas y que trata de su dimensión, estructura, evolución, distribución y características generales, considerados desde un punto de vista cuantitativo. Por lo tanto, la demografía estudia estadísticamente la estructura y la dinámica de la población y las leyes que rigen estos fenómenos. Massimo Livi Bachi en su “Introducción a la demografía” indica que la demografía requiere una previa definición de su objeto de estudio, es decir, de la población.

Por población se entiende un conjunto de individuos, constituido de forma estable, ligado por vínculos de reproducción e identificado por características territoriales, políticas, jurídicas, étnicas o religiosas.

Una población se definirá pues, si tiene continuidad en el tiempo y si esa continuidad está asegurada por vínculos de reproducción que ligan a padres e hijos y garantizan la sucesión de las generaciones.

- La Demografía es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas y que trata de su tamaño, composición, evolución, distribución de la



población, sus patrones de cambio a lo largo de los años en función de nacimientos, defunciones y migraciones y los determinantes y consecuencias de estos cambios.

• Demografía: Área interdisciplinaria que abarca disciplinas como matemáticas, estadística, biología, medicina, sociología, economía, historia, geografía y antropología. La demografía tiene una historia relativamente corta. Nació con la publicación en 1798 del "Ensayo Sobre el Principio de la Población", del economista británico Thomas Robert Malthus.

• Población: total de habitantes de un área específica (ciudad, país o continente) en un determinado momento. La disciplina que estudia la población se conoce como Demografía.

• Población Humana: es el grupo de personas que viven en un área o espacio geográfico determinado. El uso cada vez más generalizado de los registros civiles con datos relativos a natalidad y mortalidad, y de los censos con referencias al tamaño y composición de la población, ha permitido el desarrollo de la demografía.

El avance de las ciencias como la estadística y la informática en el siglo XX también han estimulado la investigación demográfica.

Según las Naciones Unidas, un censo se define como "Un conjunto de operaciones que consiste en reunir, elaborar y publicar datos demográficos, económicos y sociales, correspondientes a todos los habitantes de un país o territorio definido y referido a un momento o a ciertos momentos determinados".

La fuente de datos básicos que proporciona un censo de población constituye una actividad estadística de gran utilidad para un país o territorio.

Los Censos Nacionales son investigaciones estadísticas que se realizan con la finalidad de obtener información actualizada de la población y las viviendas e involucran a todas las personas que residen o están dentro del territorio nacional al momento del empadronamiento, cualquiera sea su condición y el lugar en el que se encuentren.



El Censo Nacional permite saber cuántos somos, dónde estamos y qué necesitamos las personas que vivimos en Panamá. Objetivo El objetivo principal de los Censos Nacionales de Población y de Vivienda es satisfacer la necesidad fundamental del país de disponer periódicamente de información estadística.

En el ámbito nacional, los datos censales son utilizados en la formulación de programas nacionales relativos a la política demográfica, vivienda, salud, educación, desarrollo de los recursos humanos. En el ámbito internacional, permite la comparabilidad de las variables investigadas.

La Ley 10 (de 22 de enero de 2009) moderniza el Sistema Estadístico Nacional y crea el Instituto Nacional de Estadística y Censo, como una dependencia adscrita a la Contraloría General de la República, con nivel de dirección nacional, que ejerce las funciones de dirigir y formar la estadística nacional y le corresponde desarrollar las actividades necesarias para dar cumplimiento a dicha Ley.

Los objetivos de esta Ley son los siguientes:

1. Establecer los principios y las normas que deben regir la actividad estadística en el sector público panameño.
2. Crear el Instituto Nacional de Estadística y Censo, el Sistema Estadístico Nacional, el Consejo Nacional de Estadística, los Comités Técnicos Consultivos y establecer disposiciones sobre el Plan Estadístico Nacional, con la finalidad de integrar las actividades correspondientes a la estadística nacional.
3. Fijar las bases para coordinar la participación y colaboración que corresponda a las entidades públicas, para promover, cuando se requiera, la colaboración del sector privado y de la sociedad civil, a efecto de mejorar el funcionamiento del Sistema Estadístico Nacional.

Promover la integración y el desarrollo del Sistema Estadístico Nacional para que se suministren, en los términos de esta Ley, estadísticas que satisfagan el derecho de los ciudadanos a la información pública.

Pág 8



Las Reservas y las Comarcas Indígenas son elementos presentes en la legislación y en el ámbito sociopolítico que proceden de tradiciones jurídicas separadas y sus funciones son relativamente distintas. Al inicio de la República, el uso de uno u otro concepto respondió a la necesidad de una administración distinta y especial, asignada al ejecutivo, de territorios geográficamente alejados del centro de poder político y en la concesión flexible del usufructo de la tierra a los indígenas residentes en ella sin afectar los derechos soberanos del Estado.

Los datos de interés en cuanto a población y densidad de población de los últimos 3 censos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá (INEC), quien forma parte de la Contraloría General de la Republica.

Complementario a los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá (INEC) hemos utilizado los datos aportado por el Ministerio de Salud, y un censo de población realizado específicamente para esta obra.

En el estudio de proyección de población demanda y consumo, y en el censo que forma parte de este proyecto, se tratan estos temas con mayor profundidad

La población actual (2019) se ha obtenido a partir del censo que se ha realizado como parte del presente proyecto.

Los poblados afectados por las obras tienen una población de 10,063 habitantes en el año 2020.

Aplicando los índices hallados en el método geométrico obtenemos:

*Tabla 3. Proyección de crecimiento de la Población*

POBLACIÓN EN 2020 (Po)	POBLACIÓN EN 2050 (Pt)	T (AÑOS)	TASA DE CRECIMIENTO EN UN AÑO r
10,063	24,072	30	0.0295

Fuente: Elaboración propia



### CAUDAL DEMANDADO TENIENDO EN CUENTA LA POBLACION ACTUAL (2020) Y EN EL AÑO HORIZONTE (2050) EN EL AMBITO DEL PROYECTO

- Población de diseño: Según tabla anterior
- Cobertura dentro del área de estudio: 100%
- Dotación: 100 galones (378.54 L) por persona por día
- Factor de demanda máxima diaria: 2

$$Q_d = FD \times DOT \times N^{\circ} \text{ Hab}$$

El Caudal de aguas para abastecimiento, está establecido por la normativa del IDAAN en 100 galones por día. (378.54 L/día).

Considerando un coeficiente de punta de 2

$$Q_d = 2 \times 100 \times 24,072 / 1,000,000 = 4.81 \text{ MGD}$$

Establecemos la siguiente tabla:

*Tabla 4. Evolución de caudales en el tiempo*

AÑO	2020	T = 5 AÑOS	T = 10 AÑOS	T = 15 AÑOS	T = 20 AÑOS	T = 25 AÑOS	T = 30 AÑOS
HABITANTES EQUIVALENTES - MÉTODO GEOMÉTRICO	10,063	11,637	13,458	15,564	17,999	20,815	24,072
DOTACIÓN/DIA(GLN)	100	100	100	100	100	100	100
FACTOR DE DEMANDA	2	2	2	2	2	2	2
CAUDAL MGD	2.01	2.33	2.69	3.11	3.6	4.16	4.81

Se ha considerado en el cálculo las poblaciones afectadas por las obras.



## 2.2 CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO LA GLORIA

Con la ejecución del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA, 1967-1972) bajo la coordinación del Comité Regional de Recursos Hídricos (CRRH) y con el auspicio de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), apoyado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) se acordó unificar criterios para el trazado y numeración de las cuencas hidrográficas principales en todos los países del istmo centroamericano (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá).

El proyecto se desarrolló con la finalidad de asignar una nomenclatura a las estaciones hidrometeorológicas y así facilitar el procesamiento e intercambio de información. Además, sentó las bases para el fortalecimiento de la red de estaciones meteorológicas e hidrológicas que sirven para determinar la disponibilidad, en cantidad y calidad, del recurso hídrico superficial.

En ese entonces, se acordó que a las cuencas de la vertiente de Atlántico se le asignarían números impares comenzando con la cuenca N° 1 en Guatemala, hasta la 121 en Panamá, y las de la vertiente del Pacífico, números pares desde la 2 a la 164.

El presente proyecto se encuadra en la Región Hídrica del Caribe Occidental, tal y como se observa en la imagen adjunta extraída del Atlas Ambiental de la República de Panamá.

Como resultado del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, el territorio continental e insular de la república de Panamá, con un área de 75,524 km<sup>2</sup>, se ha dividido en 52 cuencas hidrográficas. De estas cuencas, 18 están en la vertiente del mar Caribe (30% del territorio nacional) y le corresponden números impares comenzando desde la 87 hasta la 121; y 34 pertenecen a la vertiente del océano Pacífico (70% del territorio nacional), con números pares desde la 100 hasta la 166.

### 2.2.1. CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA CUENCA



En la mayoría de las cuencas urbanas o rurales, si no es que, en todas, se tienen zonas urbanas y rurales de diferentes tamaños y distribución, que crecen en proporciones incontrolables según el desarrollo regional.

Además, en general en las cuencas rurales y urbanas sus áreas de drenaje desarrollan su espacio para dar diferentes tipos de usos del suelo en sentido habitacional a medida que transcurre el tiempo y a otros tipos de actividades como la agricultura y la ganadería.

Dependiendo de las previsiones que se tengan en cuanto a los buenos manejos del agua de tormenta. También será posible aprovechar parte de los escurrimientos; y dependiendo de las dimensiones de la cuenca y su localización hidrológica, se beneficiará desde actividades agrícolas mínimas o se podrán abastecer grandes cuerpos de agua.

*Figura 3. Cuenca río La Gloria*



Con el presente estudio y siguiendo los parámetros establecidos por el Ministerio de Obras Públicas se pretende establecer el comportamiento hidráulico del Río La Gloria entre su



nacimiento en la Cordillera Central y el sector donde se ubica el Poblado de Miramar, Fish Creek y el Mar Caribe.

En el proyecto de ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE CHIRIQUÍ GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO se promueve el diseño y construcción de una Planta de Tratamiento de Agua Potable con capacidad de 0.263 m<sup>3</sup>/s (5 MGD).

La fuente para esta PTAP será el Río La Gloria el cual se encuentra en la Cuenca N°93, la longitud aproximada desde su nacimiento hasta el punto de Toma es de 10.649 km con un desnivel de 954 m

*Figura 4. Mapa de Cuencas hidrográficas*

República de Panamá  
Mapa de Cuencas Hidrográficas





de la cuenca hidrográfica del Río La Gloria se obtuvieron con el software ARC GIS, y se comprobaron con los mapas topográficos del Instituto Tommy Guardia con escala 1: 25,000 y sobre ella se estableció el área de drenaje correspondiente.

La cuenca del río la Gloria limita como se observa en el mapa adjunto con las cuencas de los ríos Guabo y Guarumo por el Este y con la cuenca del Río Changuinola por el Noroeste

#### Ancho de la Cuenca.

El ancho se define como la máxima relación entre superficie de la cuenca en km<sup>2</sup> y la longitud de la cuenca en km. La cual es medida en relación con la perpendicular de la longitud del cauce de la quebrada.

*Figura 5. Cuenca Río La Gloria – Cuenca 93 Prov. Bocas del Toro*





### Longitud del máximo recorrido.

Viene definida por la longitud del cauce principal, siendo la distancia curva equivalente que recorre el río entre el punto de desagüe (aguas abajo) y el punto situado a mayor distancia topográfica (aguas arriba).

### Perímetro o Línea Divisoria

El perímetro es el valor de la longitud de la línea divisoria de aguas o parte aguas.

*Tabla 5. Características de la cuenca río La Gloria*

Area Total Cuenca	2,822.60	ha
	28.23	km <sup>2</sup>
Area Punto de Toma	1,836.00	ha
	17.99	km <sup>2</sup>
Longitud	10.65	km
Ancho	2.65	km
Perímetro	28.18	km
Longitud Cauce	11.28	km
Coef. Compacidad	1.49	Oval Oblonga a Rectangular Tendencia de Crecidas Baja
Factor de Forma		
Sinuosidad	1.25	
Densidad de Drenaje	1.06	
Curva Hipsométrica	Ver Grafica	
Elev Media	700	
Pendiente Cauce	10.64%	
Rectángulo Equivalente		
Pendiente de la Cuenca		

### Longitud del cauce.

Longitud es importante aquí destacar que se define como Cauce Principal de la Cuenca Hidrográfica: a los segmentos lineales que terminan en el punto de salida de esta, el cual recibe el aporte de otros cauces de menor envergadura que son denominados tributarios.



De esta forma, la Longitud de la cuenca ( $L_c$ ) queda definida como la distancia horizontal, medida a lo largo del cauce principal, entre el Punto de Salida de la Cuenca (desde el cual queda definida) y el límite definido para la cuenca (cabecera).

En general el cauce principal no se extiende hasta el límite de la cuenca, es necesario suponer un trazado desde la cabecera del cauce hasta el límite de la cuenca, siguiendo el camino más probable para el recorrido del agua precipitada. La Longitud del Cauce ( $L_c$ ) queda definida por la longitud del cauce principal, desde el punto de salida hasta su cabecera

#### Coeficiente de compacidad ( $K_c$ ) o Índice de Gravelius.

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo de área igual a la de la cuenca. De esta relación se obtiene la siguiente ecuación.

$P$ : Perímetro de la cuenca en km:

$A$ : Área de drenaje de la cuenca  $\text{km}^2$

Una cuenca circular posee el coeficiente mínimo, igual a 1.

Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida que este número sea próximo a la unidad. Representa la relación entre el perímetro de la hoyuela y el de una circunferencia de área igual a la cuenca. Cuanto más irregular sea la hoyuela, mayor será su  $K_c$ .

*Tabla 6. Clasificación de Coeficiente de Gravelius*

$K_c$	FORMA DE LA CUENCA	TENDENCIA CRECIDAS
1 - 1.25	DE CASI REDONDA A OVAL REDONDA	ALTA
1.25 - 1.50	DE OVAL REDONDA A OVAL OBLONGA	MEDIA
1.50 - 1.75	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	BAJA



### Factor de forma.

Esta característica es importante pues se relaciona con el tiempo de concentración, el cual es el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya a la sección de la corriente en estudio, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la cuenca hasta llegar a la salida de esta. Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la hoyo. Esta longitud se mide siguiendo el curso de agua más largo.

Dónde:  $K_f = A / L^2$

L: Longitud axial de la cuenca en km

A: Área de drenaje en  $\text{km}^2$

Una cuenca con factor de forma bajo está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño, pero con mayor factor de forma. Se deduce que, para valores de  $K_f$ , inferiores a 1, implicará formas alargadas, y cuanto menor sea  $K_f$  más alargada será la forma de la cuenca. Por el contrario, valores de  $K_f$ , próximos a 1 no tienen, como veremos posteriormente, por qué implicar formas redondeadas.

### Sinuosidad de las corrientes de agua.

El índice de sinuosidad es aquél que se calcula sobre la fotografía aérea, siendo la división de la longitud del eje central del cauce entre la longitud en línea recta entre los puntos de inicio y fin del tramo objeto de estudio.

Es la relación entre la longitud del río principal medida a lo largo de su cauce,  $L$ , y la longitud del valle del río principal medida en línea curva,  $L_t$ . Este parámetro da una medida de la velocidad de la escorrentía del agua a lo largo de la corriente.

$$S_i = L / L_t$$

Este parámetro da una medida de la velocidad de la escorrentía del agua a lo largo de la corriente. Un valor de  $S_i$  menor o igual a 1,25 indica una baja sinuosidad. Se define,



entonces, como un río con lineamiento "recto". Cuanto más sinuosos las velocidades en el cauce son menores.

#### Curva hipsométrica.

Es la representación gráfica del relieve de una hoyada. Representa el estudio de la variación de la elevación de los varios terrenos de la hoyada con referencia al nivel medio del mar. Esta variación es indicada por medio de un gráfico que muestra el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de varias elevaciones.

La curva hipsométrica relaciona el valor de la cota, en las ordenadas, con el porcentaje de área acumulada, en las abscisas. Dicho gráfico se puede determinar por el método de las cuadriculas. Para su construcción se grafican, con excepción de los valores máximos y mínimos de cota hallados, los valores menores de cota de cada intervalo de clase contra su correspondiente área acumulada. Al valor de la cota mayor encontrada corresponde el cero por ciento del porcentaje de área acumulada. Al valor de la cota mínima encontrada corresponde al ciento por ciento del porcentaje del área acumulada.

La curva hipsométrica representa, entonces, el porcentaje de área acumulado igualado o excedido para una cuota determinada. Las curvas hipsométricas sirven, además, para definir características fisiográficas de las cuencas hidrológicas.

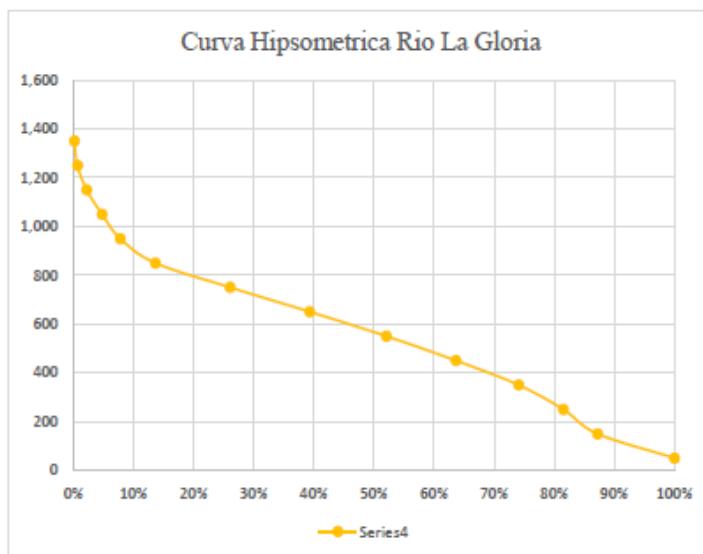
*Tabla 7. Curva Hipsométrica Río La Gloria hasta desembocadura en el mar*

ELEV		ELEV MEDIA	AREA			
m		m	m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>		
1400	1300	1350	28,014.9140	0.0280	0.0280	0.099%
1300	1200	1250	173,904.5270	0.1739	0.1459	0.616%
1200	1100	1150	605,889.8500	0.6059	0.4600	2.147%
1100	1000	1050	1,329,364.4710	1.3294	0.8694	4.710%
1000	900	950	2,182,407.1910	2.1824	1.3130	7.732%
900	800	850	3,831,323.8170	3.8313	2.5183	13.574%
800	700	750	7,342,711.9920	7.3427	4.8244	26.014%
700	600	650	11,087,345.0880	11.0873	6.2629	39.281%
600	500	550	14,683,887.7350	14.6839	8.4210	52.023%
500	400	450	17,950,949.7920	17.9509	9.5300	63.597%

Pág 18

**Tabla 7. Curva Hipsométrica Rio La Gloria hasta desembocadura en el mar**

ELEV		ELEV MEDIA	AREA			
m	m		m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>		
400	300	350	20,899,974.3870	20.9000	11.3700	74.045%
300	200	250	22,993,875.4800	22.9939	11.6239	81.463%
200	100	150	24,605,707.3710	24.6057	12.9818	87.174%
100	0	50	28,226,015.1660	28.2260	15.2442	100.000%

**Figura 6. Curva hipsométrica Río La Gloria**

#### Elevación media de la cuenca

Es la relación que existe entre los extremos inicial y final y la distancia horizontal de dicho tramo. Obtenida de la curva hipsométrica.

#### Mediana de la cuenca.

Es la que determina la cota de la curva de nivel que divide la cuenca en dos zonas de igual área, es decir, la elevación correspondiente al 50 % del área total.

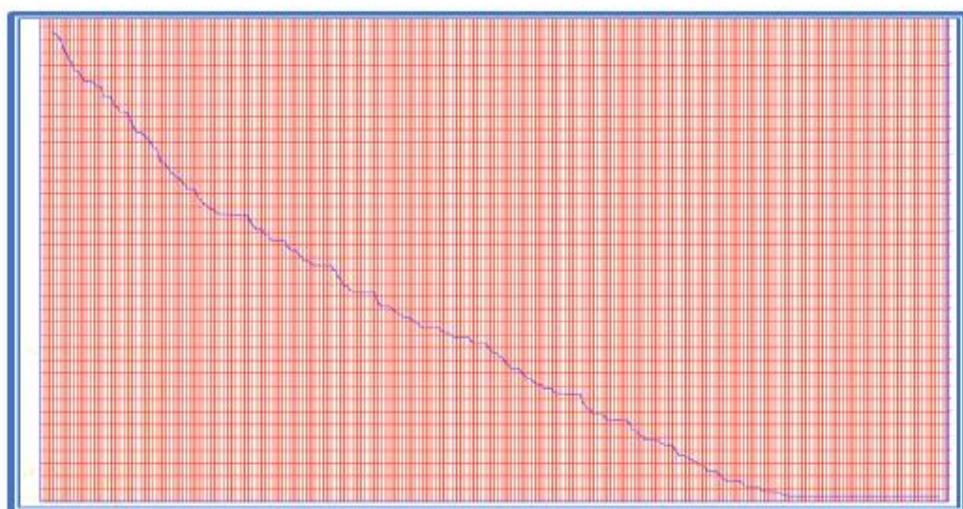
Pág 19



### Pendiente de la corriente principal.

La velocidad de escurrimiento de las corrientes de agua depende de la pendiente de sus canales fluviales. En medida que este valor aumente mayor será la posibilidad de generar crecidas, ya que la capacidad de arrastre de sedimentos y la velocidad del caudal en caso de tormentas se incrementa en aquellas cuencas que presenten valores altos de pendientes. A mayor pendiente mayor velocidad.

Figura 7. Perfil Río La Gloria



### Pendiente media

Es la diferencia total de la elevación del lecho del río dividido por su longitud entre esos puntos.

### Pendiente media ponderada

Este valor es más razonable. Para calcularlo se traza una línea, tal que el área comprendida entre esa línea y los ejes coordenados sea igual a la comprendida entre la curva del perfil del río y dichos ejes.



## 2.3. DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO

Para determinar la escorrentía que se genera por efectos del área de drenaje y las precipitaciones características de la zona de estudio emplearemos dos metodologías, el método racional y el método de Análisis de crecidas máximas de Panamá:

### 2.3.1. MARCO TEÓRICO

La hipótesis fundamental en el diseño hidrológico radica en la suposición de que la duración de la lluvia máxima o de diseño coincide con el tiempo de concentración de la cuenca, ya que lluvias con mayores duraciones no producen aumento en los caudales punta.

El tiempo de concentración es utilizado extensivamente en el diseño hidrológico para determinar la capacidad hidráulica máxima de diferentes estructuras; es propio para cada sitio y depende de las características geomorfológicas de la cuenca y de la lluvia.

El tiempo de concentración  $T_c$  ha sido definido de diferentes maneras en la literatura; la más común lo designa como el tiempo en el cual la escorrentía superficial del punto más alejado de la cuenca alcanza el punto de desagüe o salida, es decir el tiempo en el cual toda la cuenca contribuye al flujo. Dicho de otra forma, es el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida, cuando se tiene una lluvia uniforme que cubre toda la cuenca.

Para cuencas muy grandes en donde no es posible cumplir la hipótesis de uniformidad en la lluvia, se considera al tiempo de concentración como el tiempo representativo del flujo en laderas más el tiempo de viaje en los cauces.

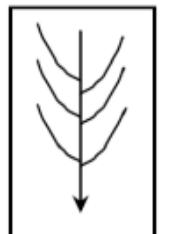
Para el cálculo del tiempo de concentración se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca.

Así las cuencas de mayor tamaño dan mayor  $T_c$ , las de mayor accidentalidad o pendiente dan menores tiempos de concentración, y las cuencas más alargadas dan menores  $T_c$  que las apaisadas.

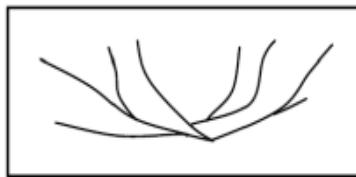
Pág 21



Figura 8. Tiempo de concentración según forma de la cuenca



a) alargada



b) apaisada

### 2.3.2. MÉTODO RACIONAL

El método racional requiere de información tales como el área de drenaje de la cuenca, la intensidad de lluvia generada, y el coeficiente de escorrentía como característica de la cubierta vegetal de la cuenca. El método racional permite la evaluación del caudal del flujo y consiste en la aplicación de la siguiente expresión:

$$Q = C i A / 360$$

donde

Q = Caudal en la sección considerada  $m^3 / s$

C = Coeficiente de escorrentía o de flujo superficial de la cuenca

i = Intensidad media de la lluvia sobre el área de la cuenca tributaria para la sección, mm / hr

A = Área tributaria de drenaje, ha. El área de drenaje para este estudio se basa en planos cartográficos del Instituto "Tommy" Guardia y mapas digitales de Google Earth la misma fue



estimada en 2,822.60 ha, para el Rio La Gloria, y de 1,836 ha hasta nuestro punto de interés.

#### Tiempos de concentración

Existen diferentes fórmulas empíricas que nos permiten hallar el tiempo de concentración

- Agres.- Para cuencas menores a 405 ha, tabula directamente los tiempos de concentración

*Tabla 8. Tiempos de concentración método Agres*

Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	Tiempo de concentración (min)
0.40	0.0040	1.4
2.00	0.0200	3.5
4.00	0.0400	4.0
40.50	0.4050	17.0
202.50	2.0250	41.0
405.00	4.0500	75.0

Es un método muy simple, que no tiene en cuenta variaciones morfológicas en las cuencas.

Al ser nuestra cuenca de 18,36 km<sup>2</sup> no está en el rango de validez de la fórmula de Agres

- Soil Conservation Service (USDA)

Utiliza el siguiente ábaco en escala logarítmica:

En el que:

Tk = el tiempo de concentración en minutos

$$K(\text{en Km}) = 3.3 L\sqrt{S}$$

L = Longitud del recorrido del agua desde el punto hidrológicamente más alejado (m)

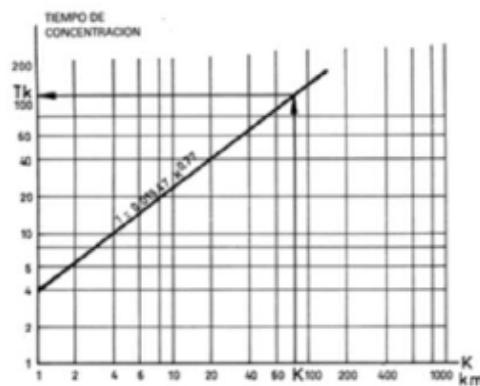
Pág 23



$$S = \frac{H}{L} \quad \text{en tanto por uno}$$

H = diferencia de altitudes entre cotas extremas (m)

Tabla 9. Tiempos de concentración método USDA



Es válido este método para cuencas menores de 1250 ha, por lo que tampoco lo podemos emplear en el presente estudio

- Fórmula de Kiprich.(1940). (Ramser, 1927), se emplea comúnmente para cuencas de hasta 26 km<sup>2</sup>, por lo que lo utilizaremos en nuestra cuenca en estudio

Este método expresa tc como:

$$tc = 3.7688 \left( \frac{L}{P^{0.5}} \right)^{0.77}$$

Siendo:

Pág 24



L: longitud del cauce más largo en km, en nuestro caso = 6.98

p : Pendiente media del tramo considerado en tanto por uno = 0.1064

tc: Tiempo de concentración expresado en minutos = 39.86

Con la información obtenida se establece que el tiempo de concentración para el Rio La Gloria es del orden de 39.86 min. Los tiempos en los cuales se producen lluvias intensas están en el orden de los 10 a 25 min

La ecuación de intensidad de lluvia para un periodo de retomo de 100 años no ha sido establecida, como ha sido para periodos de retomo menores de 50 años en cuyo caso es:

$$i_{50 \text{ años}} = 15508 / (T_c + 71.7)$$

El coeficiente C de escorrentía para el área de la cuenca en el afluente del Rio La Gloria se estimó en 0.60 como parámetro de escorrentía recomendada por el MOP para áreas en proceso de urbanización, dado que el área se encuentra escasamente intervenida en el desarrollo urbanístico, únicamente los poblados de Alto Chorro y Alto La Gloria.

Los cálculos que a continuación se presentan se basan en la hidráulica de canales, fórmula de Manning, y el Método Racional para determinación de Caudales. Con este método estimamos que el caudal esperado es:

$$Q_{50} = 416.78 \text{ m}^3/\text{s.}$$

### 2.3.3. ANÁLISIS REGIONAL DE CRECIDAS MÁXIMAS. MÉTODO DE LLEVELIN

#### 2.3.3.1 Introducción

Cumpliendo con las normativas del MOP en cuanto a que para áreas de drenajes mayores de 250 has, el método racional no tiende a dar mejores resultados en el cálculo de los caudales generados en la cuenca.

Se aplicará el método desarrollado por el antiguo IRHE conocido como el método de Lavelin (ANÁLISIS REGIONAL DE CRECIDAS MÁXIMAS) en donde se desarrollan ecuaciones en

Pág 25



función de las áreas de drenajes en base a la data histórica obtenida con los limnígrafos y limnimetros instalados en los cauces con potencial energéticos en el país.

Este análisis está basado fundamentalmente en la información básica de 55 estaciones limnigráficas o de registro continuo de nivel, de las cuales 49 son operadas por el IRHE, y 6 por la Comisión del Canal de Panamá.

Al analizar las estaciones con registro largo, se determinó que el periodo 62-85 es representativo de la serie; por lo tanto, con el fin de proporcionar un periodo de base común, se procedió a extender y / o llenar los caudales máximos instantáneos a nivel anual de las estaciones que no tenían completo ese periodo.

Para tal efecto se utilizó el siguiente método

$$Q_1 = \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^n Q_2$$

Este método da buenos resultados cuando las estaciones están ubicadas en el mismo río.

Q1: Caudal máximo instantáneo en la estación 1

Q2: Caudal máximo instantáneo en la estación 2

A1: Área de drenaje de la estación 1

A2: Área de drenaje de la estación 2

n: Pendiente de la recta que relaciona los niveles máximos instantáneos

Las zonas desarrolladas en este método y cercanas a nuestra área de interés son: Las cuencas de los Ríos Changuinola, Coclé del Norte, Río Indio, Tabasará, Chiriquí, San Pablo, Fonseca, Santa María, Juan Díaz, Matasnillo, Chico y San Félix.

$$Q_{\text{máx.}} = 25A^{0,59}$$



Estas relaciones permiten estimar la crecida media anual de las cuencas no controladas con sólo conocer su área de drenaje en km<sup>2</sup> y su ubicación en el país. De acuerdo con la teoría de los valores extremos, la media de todas las crecidas anuales deberá tener su valor correspondiente a aquel de un acontecimiento de 2.3 años de período de retorno.

### 2.3.3.2 Caudal Avenidas de Diseño TR-5, TR-10, TR-20, TR-50 Y TR-100

Analizaremos la inundación que provoca la avenida de cálculo de periodo de retorno 50 años sobre la zona de la captación, de manera que condicionaremos la cota de diseño para que no se vea afectado el desarenador ejerciendo de falsa obra de toma.

A partir de los datos de máxima avenida para el periodo de retorno de 50 años, hemos llevado a cabo una modelación hidráulica para ver cuál será la zona con riesgo de inundación.

AD > 250 ha, análisis Regional de Crecidas máx. (TR 50 años)

Tabla 10. Caudal periodo de retorno 50 años

Área de drenaje AD =	18.36	km <sup>2</sup>	
Región 93 Zona 3			
F=	2.37		
Caudal máx. promedio = $25 \times A^{0.59}$		139.195	m <sup>3</sup> /s
Caudal requerido (50 años)	Qr =	329.89	m <sup>3</sup> /s

Tabla 11. Caudales para distintos períodos de retorno

TR (años)	5	10	20	50	100
Q(m <sup>3</sup> /s)	189.26	231.00	272.75	329.81	372.95

Fuente Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá

Con estos datos se procederá a la determinación de los niveles de agua correspondientes, y se verá cómo afectan a las obras proyectadas



### 2.3.3.3. Caudal promedio anual

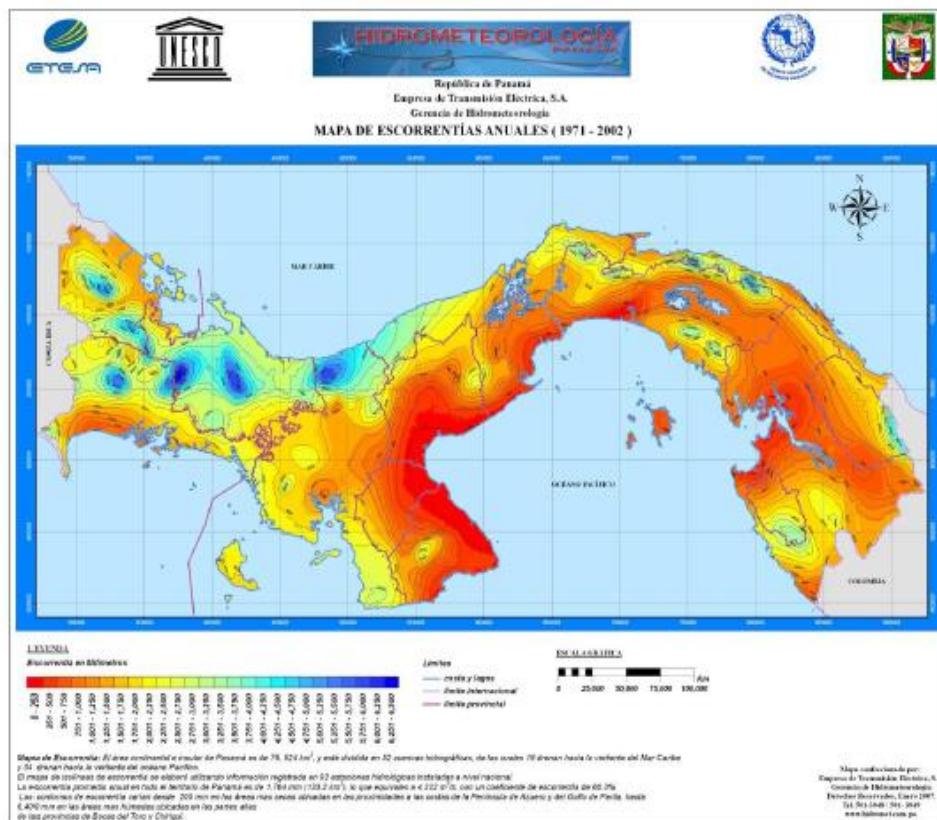
Se ha modelizado de la cuenca, sobre el cálculo de esta se han utilizado los datos pluviométricos e hidrológicos aportados por hidro meteorología de ETESA.

Las ecuaciones que utiliza el método utilizado por hidrometeorología ETESA son incorporadas al programa ArcGIS para el cálculo del balance hídrico superficial (BHS) que utiliza el área de la cuenca, la elevación promedio y la lluvia promedio, elementos necesarios para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR), de la escorrentía (ESC) y del caudal específico, cuyos resultados se compararán con los registros de los caudales medidos en la cercana estación hidrológica, para su validación

ETESA aporta el plano de escorrentías siguiente con las correcciones dadas por el tipo de suelo, infiltración, evaporación, cobertura boscosa y uso de suelo entre otros.



Figura 9. Mapa de escorrentías anuales



De la vectorización de los datos de etesa obtenemos:



**Tabla 12. Curva Escorrentía.  
Escorrentía media 2114.4**

Intervalo	Z media (mm)	Área Parcial (m <sup>2</sup> )	Área acumulada (m <sup>2</sup> )	Área acumulada (km <sup>2</sup> )	%	
2680	2670	2675	4,630.75	4,455.13	4.46	0.02%
2670	2660	2665	8,239.39	12,694.52	12.69	0.07%
2660	2650	2655	10,095.18	22,789.70	22.79	0.12%
2650	2640	2645	3,517.58	26,307.29	26.31	0.14%
2640	2630	2635	19,007.42	45,314.71	45.31	0.24%
2630	2620	2625	17,360.60	62,675.31	62.68	0.34%
2620	2610	2615	14,798.92	77,474.23	77.47	0.42%
2610	2600	2605	27,813.96	105,288.19	105.29	0.56%
2600	2590	2595	22,935.36	128,223.55	128.22	0.60%
2590	2580	2585	25,726.87	153,950.41	153.95	0.82%
2580	2570	2575	22,520.56	176,470.97	176.47	0.94%
2570	2560	2565	37,271.27	213,742.24	213.74	1.14%
2560	2550	2555	42,651.04	256,393.27	256.39	1.37%
2550	2540	2545	37,286.70	293,679.98	293.68	1.57%
2540	2530	2535	120,726.53	414,406.51	414.41	2.22%
2530	2520	2525	68,998.80	483,405.31	483.41	2.50%
2520	2510	2515	139,489.24	622,894.55	622.89	3.33%
2510	2500	2505	53,561.80	676,456.35	676.46	3.62%
2500	2490	2495	73,796.32	750,252.67	750.25	4.01%
2490	2480	2485	147,009.22	897,261.89	897.26	4.80%
2480	2470	2475	70,616.95	967,878.84	967.88	5.18%
2470	2460	2465	153,969.58	1,121,848.42	1,121.85	6.00%
2460	2450	2455	99,691.50	1,221,539.91	1,221.54	6.53%
2450	2440	2445	103,872.29	1,325,412.21	1,325.41	7.09%
2440	2430	2435	143,775.87	1,469,188.08	1,469.19	7.86%
2430	2420	2425	44,035.21	1,513,223.29	1,513.22	8.09%
2420	2410	2415	176,416.32	1,689,639.61	1,689.64	9.04%
2410	2400	2405	102,532.04	1,792,171.65	1,792.17	9.59%
2400	2390	2395	122,024.69	1,914,196.34	1,914.20	10.24%
2390	2380	2385	249,150.49	2,163,346.83	2,163.35	11.57%
2380	2370	2375	52,063.38	2,215,410.21	2,215.41	11.85%
2370	2360	2365	149,643.83	2,365,054.04	2,365.05	12.65%
2360	2350	2355	200,109.75	2,565,163.79	2,565.16	13.72%
2350	2340	2345	159,761.17	2,724,924.96	2,724.92	14.58%

Pág 30



2340	2330	2335	299,961.77	3,024,886.73	3,024.89	16.18%
2330	2320	2325	41,376.72	3,066,263.44	3,066.26	16.40%
2320	2310	2315	290,283.58	3,356,547.02	3,356.55	17.95%
2310	2300	2305	137,517.88	3,494,064.90	3,494.06	18.69%
2300	2290	2295	174,648.46	3,668,713.36	3,668.71	19.62%
2290	2280	2285	244,124.28	3,912,837.64	3,912.84	20.93%
2280	2270	2275	82,803.59	3,995,641.23	3,995.64	21.37%
2270	2260	2265	342,108.17	4,337,749.40	4,337.75	23.20%
2260	2250	2255	176,833.46	4,514,582.86	4,514.58	24.15%
2250	2240	2245	221,672.74	4,736,255.60	4,736.26	25.33%
2240	2230	2235	317,324.58	5,053,580.18	5,053.58	27.03%
2230	2220	2225	87,997.06	5,141,577.25	5,141.58	27.50%
2220	2210	2215	249,545.24	5,391,122.49	5,391.12	28.84%
2210	2200	2205	332,819.04	5,723,941.53	5,723.94	30.62%
2200	2190	2195	309,954.90	6,033,896.43	6,033.90	32.27%
2190	2180	2185	381,650.75	6,395,547.19	6,395.55	34.21%
2180	2170	2175	22,599.02	6,418,146.21	6,418.15	34.33%
2170	2160	2165	389,386.21	6,787,532.42	6,787.53	36.30%
2160	2150	2155	380,545.23	7,168,077.64	7,168.08	38.34%
2150	2140	2145	441,054.21	7,809,131.86	7,809.13	40.70%
2140	2130	2135	483,441.91	8,072,573.76	8,072.57	43.18%
2130	2120	2125	35,548.33	8,108,122.09	8,108.12	43.37%
2120	2110	2115	462,219.35	8,570,341.44	8,570.34	45.84%
2110	2100	2105	506,478.04	9,076,819.48	9,076.82	48.55%
2100	2090	2095	478,452.98	9,555,272.44	9,555.27	51.11%
2090	2080	2085	526,845.12	10,082,117.57	10,082.12	53.92%
2080	2070	2075	106,078.39	10,188,195.96	10,188.20	54.49%
2070	2060	2065	399,855.91	10,588,051.87	10,588.05	56.63%
2060	2050	2055	442,258.45	11,030,310.32	11,030.31	59%
2050	2040	2045	379,702.86	11,410,013.18	11,410.01	61.03%
2040	2030	2035	516,781.32	11,926,794.50	11,926.79	63.79%
2030	2020	2025	15,674.65	11,942,469.16	11,942.47	63.87%
2020	2010	2015	494,562.04	12,437,031.20	12,437.03	66.52%
2010	2000	2005	408,811.55	12,845,842.75	12,845.84	68.71%
2000	1990	1995	297,727.82	13,143,570.58	13,143.57	70.30%
1990	1980	1985	523,951.22	13,667,521.80	13,667.52	73.10%
1980	1970	1975	104,754.39	13,772,276.19	13,772.28	73.66%



1970	1960	1965	492,760.60	14,265,036.79	14,265.04	76.30%
1960	1950	1955	338,898.73	14,603,935.52	14,603.94	78.11%
1950	1940	1945	291,759.75	14,895,695.27	14,895.70	79.67%
1940	1930	1935	491,237.06	15,386,932.34	15,386.93	82.30%
1930	1920	1925	53,093.67	15,440,026.00	15,440.03	82.58%
1920	1910	1915	420,449.66	15,880,475.66	15,880.48	84.83%
1910	1900	1905	294,388.14	16,154,863.80	16,154.86	86.40%
1900	1890	1895	340,523.88	16,495,387.68	16,495.39	88.23%
1890	1880	1885	232,576.07	16,727,983.75	16,727.96	89.47%
1880	1870	1875	148,909.23	16,876,872.98	16,876.87	90.27%
1870	1860	1865	285,812.82	17,162,685.80	17,162.80	91.79%
1860	1850	1855	194,682.08	17,357,387.88	17,357.37	92.84%
1850	1840	1845	257,089.15	17,614,457.02	17,614.46	94.21%
1840	1830	1835	176,237.19	17,790,894.21	17,790.89	95.15%
1830	1820	1825	57,558.74	17,848,252.96	17,848.25	95.46%
1820	1810	1815	266,133.42	18,114,386.38	18,114.39	96.89%
1810	1800	1805	169,190.65	18,283,577.03	18,283.58	97.79%
1800	1790	1795	171,586.83	18,455,163.86	18,455.16	98.71%
1790	1780	1785	125,008.05	18,580,171.91	18,580.17	99.38%
1780	1770	1775	98,575.80	18,678,747.71	18,678.75	99.65%
1770	1760	1765	89,334.94	18,768,082.66	18,768.08	100.00%
1760	1750	1755	87,445.57	18,360,034.23	18,360.03	100%

Figura 10. Escorrentía media



Pág 32



Calculamos la escorrentía media anual

Observamos que los valores obtenidos son perfectamente concordantes con los aportados por las estaciones hidrológicas

Tabla 13. Caudal Promedio

Escorrentía media	2114.4	mm
Area de drenaje AD=	18.36	km <sup>2</sup>
Volumen de escorrentía en la cuenca /año	38.82	Hm <sup>3</sup>
	1.23	m <sup>3</sup> /s

Fuente: Elaboración propia

La estación hidrológica, PENA BLANCA (BOCAS DEL TORO) (91-01-03). está en la cuenca del Río Changuinola, esta cuenca que colinda con la del presente estudio

La cuenca colindante Changuinola es mucho mayor, y parte de la misma ocupa zonas del interior con mayor pluviometría. El caudal promedio de dicha cuenca es de 135.93 m<sup>3</sup>/s, y el área es de 1390 km<sup>2</sup>

Haciendo una proporción obtendríamos un caudal promedio para nuestra cuenca de:

$$1.79 \text{ (m}^3/\text{s)} = \frac{135.93}{1390} \cdot 18.36$$

Valor un 36% superior al que hemos obtenido de 1.26 m<sup>3</sup>/s

#### 2.3.3.4. Caudal ecológico

Tomamos por caudal ecológico el que dicta en su resolución N° AG-0691 – 2.012 la autoridad nacional del medioambiente.



"Artículo 1. Establecer como mínimo el diez por ciento (10%) del Caudal Ecológico o Ambiental del caudal promedio interanual reportado por la fuente. Este caudal deberá ser acatado por todos aquellos nuevos usuarios y los que mantengan en trámite solicitud de concesión o permiso de derecho de uso de aguas al momento de promulgación de la presente resolución."

El caudal ecológico es por tanto de (126.3 L/s)

Se dejará una línea de desagüe de fondo, a la que no se le colocará válvula de cierre, de modo que se garantice el paso permanente de este caudal ecológico.

#### 2.3.3.5 Caudal Mínimo

La estación hidrológica 91-01-03 nos da datos similares a los de la zona en estudio. Observamos que el caudal mínimo en toda la serie hidrológica de 20 años registrados en la estación hidrológica es en los meses de marzo y abril, y el valor es de 36.1 m<sup>3</sup>/s, en sus 1390 km<sup>2</sup>.

La proporción de superficies nos indica que el caudal mínimo es de 0.48 m<sup>3</sup>/s:

$$0.48 \text{ (m}^3\text{/s)} = \frac{36.1}{1390} 18.36$$

### 3. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

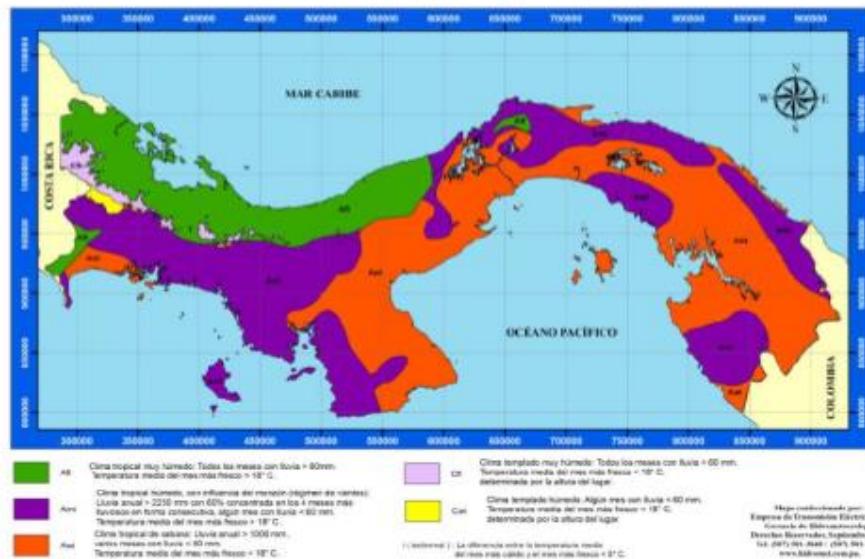
#### 3.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA DEL RÍO LA GLORIA

El área no presenta una temporada seca definida como el resto de país. La temporada seca se manifiesta con una disminución de la precipitación de 150 a 175 mm para el área de Rambala y alrededores y de 100 a 150 mm, para el área de Punta Robalo. Para esta área se registra un mes seco con déficit de agua en el suelo, el cual no afecta en lo absoluto las reservas de agua en las fuentes subterráneas.



Es una zona altamente lluviosa, donde se registran excesos o escorrentía superficial durante todo el año. Las precipitaciones están entre 2000 y 3000 mm anuales. El clima es Tropical muy Húmedo. Todos los meses con lluvias > de 60 mm. Temperatura media del mes más fresco > 18 °C.

Figura 11. Climas



### 3.2 BALANCE HIDROGEOLÓGICO DEL ÁREA DE DRENAJE HASTA EL PUNTO DONDE SE REALIZA EL ESTUDIO.

Para la confección del Balance sobre el comportamiento de las aguas subterráneas en el área objeto de estudio se tomaron en cuenta los siguientes elementos:

- Total, anual promedio de la precipitación, según periodo de registro de la estación meteorológica más cercana.
- Capacidad de almacenaje de agua en el suelo.

Pág 35



- Tipo de suelo.
- Escorrentía superficial.
- Déficit de agua en el suelo.
- Porcentaje de evapotranspiración.
- Área que comprende el terreno.

Para la elaboración del Balance Hidrogeológico tenemos que tener presente que un milímetro de lluvia registrado en el pluviómetro equivale a un litro por metro cuadrado y a 10,000 litros por hectáreas. En el caso que nos ocupa el Río La Gloria, tiene un área de drenaje de 1798.8 Has, hasta el punto de control.

BALANCE HIDROGEOLÓGICO PARA EL ÁREA QUE ABARCA LA CUENCA DEL RÍO LA GLORIA HASTA EL PUNTO DE CONTROL ÁREA = 1798.8 Has				
ÁREA DE DRENAJE EN Has	ÁREA DE DRENAJE EN m <sup>2</sup>	PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL EN mm (PP)	(m <sup>3</sup> ) * (PP)	ESCORRENTIA ANUAL EN mm (Esc)
1798.8	17988000	2394	43063272000	2175
(m <sup>3</sup> ) * (Esc)	PERDIDAS POR EVAPOTRANSPIRACIÓN EN mm (EVAP mm)	(m <sup>3</sup> ) * (EVAP mm)	RESULTADO FINAL EN LITROS (**)	RESULTADO FINAL EN METROS CUBICOS
39123900000	1	17988000	3921384000	3921384

\*\*ESTACION METEOROLOGICA REPRESENTATIVA RAMBALA Y PUNTA ROBALO

### 3.3 COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Para el presente estudio se tomó en consideración los datos meteorológicos de las Estaciones de Rambala y Punta Robalo operada por la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA).



La capacidad de almacenaje de los suelos es de 200 mm de retención.

### 3.3.1 Precipitación. (expresada en milímetros)

El total anual promedio según período de registró es de 2394.0 mm, los meses más lluviosos van de mayo a diciembre. Los meses menos lluviosos van de enero a abril en donde las precipitaciones están por debajo de los 175.0 milímetros como total mensual.

Se define una temporada seca donde se registra disminución de las precipitaciones. Esta disminución ocurre de enero al mes de abril. El periodo de transición dura solo 7 días específicamente en el área de Punta Robalo.

### 3.3.2. Análisis del periodo de transición de la estación seca a la lluviosa.

Durante la transición de la estación seca a la lluviosa se registra un periodo conocido como reposición de agua en el suelo. Este es el tiempo que necesita el suelo para volver a almacenar el agua perdida durante la estación seca. Este periodo dura 7 días para el área objeto de estudio.

### 3.3.3. Análisis del periodo lluvioso.

El periodo lluvioso se caracteriza por registrar excesos de agua en el suelo durante todo el año. El suelo mantiene su capacidad de retención máxima, la cual es de 200 mm.

### 3.3.4. Análisis del Almacenaje de agua en el suelo.

Predominan suelos franco arcillosos con una capacidad de retención de agua de 200 mm. El suelo se encuentra saturado durante todo el año.

Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II

Proyecto: ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO

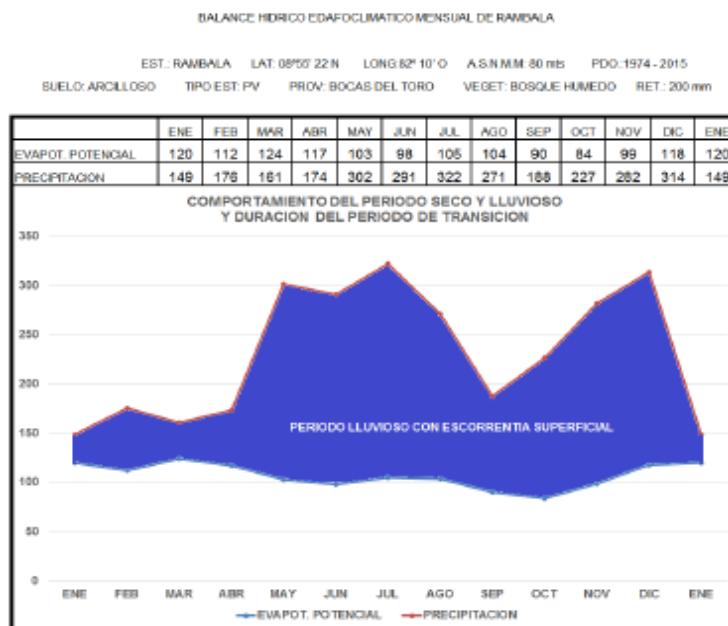
Promotor: INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES.



ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO,  
PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO



BALANCE HIDRICO EDAFOCLIMATICO MENSUAL DE RAMBALA													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Tot. IP
EVAPOT. POTENCIAL	120	112	124	117	103	98	105	104	90	84	99	118	1274
PRECIPITACION	149	176	161	174	302	291	322	271	188	227	282	314	2857
PRECIP - ETP	29	64	37	57	199	193	217	167	98	143	183	196	
SUMA (VAL. NEGAT.)													
ALMACENAJE	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
DIFERENCIA DE ALMAC.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EVAPOT. REAL	120	112	124	117	103	98	105	104	90	84	99	118	1274
EXCESO DE AGUA	29	64	37	57	199	193	217	167	98	143	183	196	1583
DEFICIT DE AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TEMPERATURA MEDIA	22.7	24.0	24.6	24.8	24.6	24.2	24.2	24.2	23.9	23.9	23.8	23.8	24.1
RADIACION GLOBAL	437	440	437	423	367	366	378	373	339	310	370	422	389



Pág 38

787

Consultores: Lic., Yisel Mendieta / Registro N.º DEIA-IRC 079-2020, Celular N.º 65378184  
Lic., Mgs. Isabel Murillo / Registro: N.º IRC-008-12

Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II

Proyecto: ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO

Promotor: INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES.



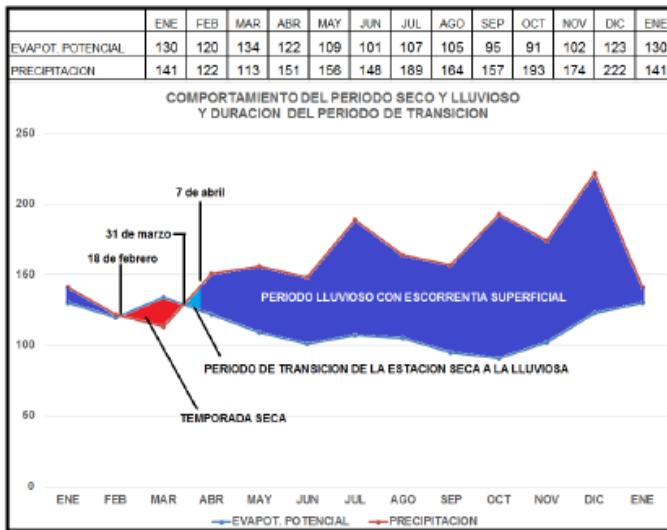
ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO,  
PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO



BALANCE HIDRICO EDAFCLIMATICO MENSUAL DE PUNTA ROBALO														
	EST: PUNTA ROBALO LAT: 09° 02' N LONG: 82° 15' O A.S.N.M.M: 2 mts PDO: 1977 - 1992		SUELLO: ARCILLOSO TIPO EST: PV PROV: BOCAS DEL TORO		VEGET: BOSQUE HUMEDO		RET: 200 mm							
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Tot - Pr	
EVAPOT. POTENCIAL	130	120	134	122	109	101	107	105	95	91	102	123	1339	
PRECIPITACION	141	122	113	151	156	148	189	164	157	193	174	222	1930	
PRECIP. - ETP	11	2	-21	29	47	47	82	59	62	102	72	99		
SUMA (VAL. NEGAT.)			-21											
ALMACENAJE	200	200	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
DIFERENCIA DE ALMAC	0	0	-20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EVAPOT. REAL	130	120	133	122	109	101	107	105	95	91	102	123	1338	
EXCESO DE AGUA	11	2	0	9	47	47	82	59	62	102	72	99	592	
DEFICIT. DE AGUA	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
TEMPERATURA MEDIA	26.5	27.0	27.5	27.7	27.2	26.7	26.7	26.7	26.4	26.3	26.3	26.4	26.8	
RADIACION GLOBAL	440	448	447	420	371	359	388	362	343	321	384	419	389	

#### BALANCE HIDRICO EDAFCLIMATICO MENSUAL DE PUNTA ROBALO

EST: PUNTA ROBALO LAT: 09° 02' N LONG: 82° 15' O A.S.N.M.M: 2 mts PDO: 1977 - 1992  
SUELLO: ARCILLOSO TIPO EST: PV PROV: BOCAS DEL TORO VEGET: BOSQUE HUMEDO RET: 200 mm



Pág 39

Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II

Proyecto: ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE

## CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO



**ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE CHIRÍQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO,  
PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO**



btd



### **3.4. AFORO CON MOLINETE EN EL PUNTO DE TOMA**

Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II

## Proyecto: ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE

## CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO



**ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO.  
PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO**



btd

AFORO CON MOLINETE							
RIO LA GLORIA							
Cuenca No.	093	Fecha:	10 de junio de 2021				
Fuente Hídrica:	Río La Gloria	Hora:	10.15 am – 11.30 am.				
Localización:	363200.91 E 992266.54 N	Caudal:	14.01060 m <sup>3</sup> /segundo				
		ASNMM: 115 metros					
Distancia a (m)	Profun. (m)	Profun. media	Profun. Observ.	Velocidad (m/s)	Veloc. media	Área (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /seg.)
0.00		Margen Izquierda Aguas Arriba					
1.00	0.06		0.036	0.24		0.0600	0.0144
2.00	0.06		0.036	0.24		0.0600	0.0144
3.00	0.14		0.084	0.56		0.1400	0.0784
4.00	0.20		0.120	0.62		0.2000	0.1240
5.00	0.16		0.096	0.72		0.1600	0.1152
6.00	0.18		0.108	0.72		0.1800	0.1296
7.00	0.20		0.120	0.82		0.2000	0.1640
8.00	0.26		0.156	0.86		0.2600	0.2236
9.00	0.30		0.180	0.92		0.3000	0.2760
10.00	0.35		0.210	0.97		0.3500	0.3395
11.00	0.45		0.270	1.13		0.4500	0.5085
12.00	0.62		0.372	1.14		0.6200	0.7068
13.00	0.86		0.516	1.16		0.8600	0.9976
14.00	0.99		0.594	1.14		0.9900	1.1286
15.00	1.00		0.600	1.13		1.0000	1.1300
16.00	1.06		0.636	1.02		1.0600	1.0812
17.00	1.10		0.660	1.02		1.1000	1.1220
18.00	1.12		0.672	1.02		1.1200	1.1424
19.00	1.15		0.690	1.04		1.1500	1.1960
20.00	0.88		0.528	0.98		0.8800	0.8624
21.00	0.85		0.510	0.98		0.8500	0.8330
22.00	0.65		0.390	0.92		0.6500	0.5980
23.00	0.59		0.354	0.84		0.5900	0.4956
24.00	0.49		0.294	0.82		0.4900	0.4018
25.00	0.42		0.252	0.78		0.4200	0.3276
26.00	0.00		0.000	0.00		0.0000	0.0000
		Margen Derecha Aguas Arriba					
							14.01060
Total							14.01060 m <sup>3</sup> /seg *
							1000 = 14,010.6 lts /

Pág 41

Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II

Proyecto: ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE CHIRÍQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO

Promotor: INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES.



ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE CHIRÍQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO,  
PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO



btd

#### 4. PLUVIOMETRÍA. DATOS DE LAS ESTACIONES DE LA ZONA

Se han solicitado los datos de las estaciones pluviométricas e hidrológica de la zona a ETESA, empresa de transmisión eléctrica

La información que nos han entregado es la siguiente



EMPRESA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA, S.A.

ETE-DHM-097-2021  
11 de junio de 2021

Ingeniero  
MAXIMINO CASARES  
Diseño de proyecto  
Aranma Ingeniería  
E. S. D.

Estimado Ingeniero Casares:

En atención a su nota enviada el 7 de junio 2021, le enviamos los datos mensuales de precipitación de las estaciones meteorológicas de Rambala (93-005) para el periodo de 1993 a 2000 y Punta Robalo (93-006) para el periodo de 1977 a 1992.  
Esperamos que la información enviada le sea de utilidad para la ejecución del proyecto Nuevo Acueducto de Chiriquí Grande.

Atentamente,

Ing. Carlos Mosquera Castillo  
Gerente General

c.: M.Sc. Benedicto Vaidés Rodríguez

LGMdeC/  
dpmeluc

Edificio Sun Tower Mill, Piso 5  
Teléfono: 501-3800, 501-3820 - Fax: 501-3505 - CMC: 230-0100 - Telfax: Metro: 601-6920  
Apartado Postal: 0101-01552 - Panamá, República de Panamá

Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II

Proyecto: ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO

Promotor: INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES.



ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO,  
PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO



btd

## EMPRESA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA, S. A.

**Gerencia de Investigación y Aplicaciones Climáticas**  
**Edificio Sun Tower Mall, ave. Ricardo J. Alfaro, 3er. Piso,**  
**torre B.**

[www.hidromet.com.pa](http://www.hidromet.com.pa)

**Telefónos: 501-3849**

Número	Núm	Nombre	Provincia	Tipo de Estación	Elev m	Norte	Oeste
93005	93	RAMBALA	BOCAS DEL TORO	CC	80	8°55'00"'	82°10'00"'
93006	93	PUNTA ROBALO	BOCAS DEL TORO	CC	2	9°02'00"'	82°15'00"'



Pág 43

792

Consultores: Lic., Yisel Mendieta / Registro N.º DEIA-IRC 079-2020, Celular N.º 65378184  
Lic., Mgs. Isabel Murillo / Registro: N.º IRC-008-12



ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO,  
PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO



*Nota: La Dirección de Hidrometeorología trabaja constantemente para mantener actualizadas las registros de las variables meteorológicas e hidrológicas a nivel nacional por medio de su red de estaciones.*

**Clasificación de Estación, según cantidad de parámetros**

<b>TIPO A</b>	Registran datos de más de siete(7) parámetros.
<b>TIPO B</b>	Registran datos de menos de siete(7) parámetros.
<b>TIPO C</b>	Únicamente registran datos de precipitación.

<b>Tipo de Estación</b>	
<b>AC</b>	Estacion tipo A Convencional
<b>AM</b>	Estacion tipo A Mixta
<b>BC</b>	Estacion tipo B Convencional
<b>BA</b>	Estacion tipo B Automatica
<b>BM</b>	Estacion tipo B Mixta
<b>CA</b>	Estacion tipo C Automatica
<b>CC</b>	Estacion tipo C Convencional
<b>CM</b>	Estacion tipo C Mixta
<b>TM</b>	Telemetrica
<b>AA</b>	Estacion tipo A Automatica
<b>LG</b>	Limnografica

Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II

Proyecto: ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO

Promotor: INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES.



ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO,  
PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO



btd

**EMPRESA DE TRANSMISIÓN  
ELÉCTRICA, S. A.**



**Gerencia de Investigación y Aplicaciones  
Climáticas**

**Edificio Sun Tower Mall, ave. Ricardo J.**

**Alfaro, 3er. Piso, torre B.**

**www.hidromet.com.pa**

**Telefones: 501-3849**

Total de Lluvia (mm). Estación 93005. 1993-2000.												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1993	159.9	12.7	209.3	113.3	237.4	313.9	217.3	202.7	302.6	341.9	290	216.8
1994	58.9	203.1	173.5	160.8	229.2	376.1	465.3	360.1	123.6	56	146.1	337.9
1995	33.5	29.1	236.3	236	98.1	162.8	84.4	56.9	327.5	122.2	184.4	116.2
1996	85.4	147.7	93.3	81.2	421.2	171.5	265	195.5	113.9	148	368.2	343.7
1997	51.5	512	101.8	67.5	478.5	223.1	573.8	563.9	65.6	286.1	477.2	372.2
1998	89.2	162.7	219.7	159	291.7	300.9	376.2	328.3	258	271.3	283.5	368.3
1999	363.1	188.1	216.3	400.3	357.5	490	270.1	186.1	123.1	363.7	223.5	440.5
2000	350.1	155	40	N/D								

Total de Lluvia (mm). Estación 93006. 1977-1992.												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1977	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	289.8	418.5	261.8	87.1	124	132.6	27.2
1978	56.2	41	65.9	45.2	45.5	50.5	43.5	40.8	70.5	64.6	77.2	97.8
1979	23.8	60.9	144.4	14.3	38	65.2	62.5	270.7	105.4	107.5	174.7	59.9
1980	67.8	246.6	33.4	220.2	190.5	446.3	120.8	167.7	338.4	381.7	183.6	360.5
1981	67.7	242.6	95.7	349.7	197.2	101.5	197.7	168.1	183.4	195.8	183.4	189.8
1982	97.4	130	93.2	127.9	108.5	120.8	238.7	61.1	92	273.5	304.5	227.7
1983	46.9	161.3	160.4	65.1	238.1	72.5	217	231.1	226.7	242.3	150.2	160.5
1984	260	107.3	89.4	67.1	141	244.6	55.6	131	96.2	141.2	135.5	703.1
1985	108.1	121.3	127.1	169.2	117.8	182.9	137.2	192.8	368.5	288	176.5	307.6
1986	333.9	64	251.8	196.3	210.1	219.5	267.3	187.1	177.4	303.7	182.6	201.9
1987	177.2	117.7	93.7	156	116.6	79.6	137.1	104.7	149.7	70.6	163.2	54
1988	53.6	51.6	92.8	150.3	226.3	125.1	141	107.4	152	224.9	183.3	399.9

Pág 45

794



1989	219.5	122.6	91.8	106.9	102	65.1	150.6	60.4		61.1	228.7	190.2	180.1
1990	177.8	119.3	90.3	201.5	222.3	86.1	175.6	73.2		102.5	168.7	124.8	142.1
1991	208.8	96.2	81.5	241.7	182.3	94.4	304.4	516.2		142.6	77.2	252.8	210.7
1992	212.6	147.4	184.9	152	195.7	130.6	356.3	49.8		N/D	N/D	N/D	N/D

## PLUVIOMÉTRICAS

Precipitación. Las tormentas extraordinarias o sistemas bien organizados a escala sinóptica, tales como los frentes fuertes y los huracanes, no son muy frecuentes. En general, la migración norte-sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) normalmente divide el año en dos temporadas: seca (mediados de diciembre a principios de mayo) y lluviosa (el resto del año). La ZCIT o ITCZ (Inter Tropical Convergence Zone,) es una franja de bajas presiones ubicada en la zona ecuatorial, en ella confluyen los vientos alisios del sureste y del noreste.

El paso de la ZCIT por Panamá produce dos máximos de precipitación que ocurren en general en mayo y octubre. Estos patrones generales del Istmo se notan claramente en el área de estudio.

Las tormentas que se forman en las costas del Pacífico de Colombia también tienen efectos en el área de estudio. Frecuentemente estos sistemas viajan por el Pacífico desde Colombia hacia la Ciudad de Panamá y alrededores concentrando bastante humedad en la región favoreciendo la formación de tormentas en la costa del área de interés.

La convección y los efectos orográficos (aguas arriba en las montañas), son los principales mecanismos de generación de precipitación en el área de estudio. La convección en la atmósfera terrestre involucra la transferencia de enormes cantidades del calor absorbido por el agua. Forma nubes de gran desarrollo vertical. Estas nubes son las típicas portadoras de tormentas eléctricas y de grandes chaparrones. Por otro lado, los efectos orográficos tienen que ver con la topografía del terreno; las nubes se movilizan por el efecto de los vientos y cuando encuentran una barrera natural (cerros y/o montañas), tienden a ascender y se enfrián creando nubes, las cuales generan precipitaciones.

Pág 46



Generalmente se favorece la precipitación debido a la existencia de corrientes marinas cercanas junto a temperaturas altas que evaporan las aguas del Pacífico. La humedad es entonces arrastrada desde la costa hacia tierra firme provocando intensas precipitaciones, sobre todo en la parte alta de las cuencas (efecto orográfico).

Las precipitaciones medias anuales en el área de estudio que nos aportan las cercanas estaciones meteorológicas son:

Tabla 18. Precipitaciones medias anuales

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	Precipitación anual promedio (mm)
PUNTA ROBALO	1867.29
CHANGUINOLA SUR	4474.92
RAMBALA	2847.81
CHANGUINOLA SIERRA	3608.88

Son valores que concuerdan perfectamente con la escorrentía promedio hallada previamente

Los cuadros siguientes presentan la distribución mensual de lluvia para cuatro estaciones meteorológicas:

#### 4.1 ESTACIÓN METEOROLÓGICA PUNTA ROBALO

Tabla 19. Estación meteorológica Punta Róbalo

ESTACIÓN	PUNTA ROBALO (93-006)
Elevación	2 msnm
Latitud	9° 02' 00"
Longitud	-82° 15' 00"
Años de Registro	15
Fecha Inicial	01/06/1977
Fecha Final	01/08/1992



**Tabla 20. Lluvias anuales Punta Robalo. Años disponibles  
1993 a 1999**

Mes	LLUVIA MEDIA (mm)	LLUVIA MÁX. (mm)
Enero	152.83	333.9
Febrero	129.78	246.6
Marzo	121.75	251.8
Abril	163.32	349.7
Mayo	160.63	238.1
Junio	165.93	446.3
Julio	202.49	418.5
Agosto	184.72	516.2
Septiembre	170.125	368.5
Octubre	204.63	381.7
Noviembre	182.48	304.5
Diciembre	251.62	703.1
Promedio	174.19	
Máximo		703.10

**Figura 10. Histórico de lluvias**



Pág 48

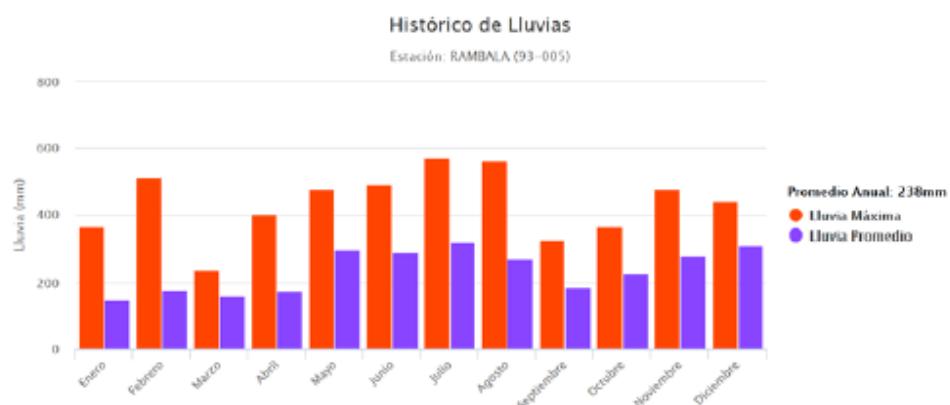


## 4.2 ESTACIÓN METEOROLÓGICA RAMBALA

Tabla 21. Estación meteorológica Rambala

ESTACIÓN	RAMBALA (93-005)
Elevación	80 msnm
Latitud	8° 55' 00"
Longitud	-82° 10' 00"
Años de Registro	26
Fecha Inicial	01/07/1974
Fecha Final	01/03/2000

Figura 16. Histórico de lluvias



**Tabla 22. Lluvias anuales Rambala**

Mes	LLUVIA MEDIA (mm)	LLUVIA MÁX. (mm)
Enero	148.95	363.1
Febrero	176.3	512
Marzo	161.3	236.3
Abril	174.01	400.3
Mayo	301.9	478.5
Junio	291.2	490
Julio	321.7	573.8
Agosto	270.5	563.9
Septiembre	187.8	327.5
Octubre	227	363.7
Noviembre	281.8	477.2
Diciembre	313.7	440.5
Promedio	238.02	
Máximo		573.80

#### 4.3 ESTACIÓN METEOROLÓGICA CHANGUINOLA SIERRA

**Tabla 23. Estación meteorológica Changuinola Sierra**

ESTACIÓN	RAMBALA (91-027)
Elevación	120 msnm
Latitud	8° 51' 13"
Longitud	-82° 24' 25"
Años de Registro	37
Fecha Inicial	01/07/1981



*Figura 17. Histórico de lluvias*



*Tabla 24. Lluvias anuales Changuinola Sierra*

Mes	LLUVIA MEDIA (mm)	LLUVIA MÁX. (mm)
Enero	159.1	419.3
Febrero	179.1	473.4
Marzo	201.2	404.9
Abril	196.7	343.3
Mayo	247.8	491.6
Junio	354.2	539.9
Julio	513.1	1542.6
Agosto	469.8	1066.5
Septiembre	293	634.1
Octubre	403	908.2
Noviembre	200.8	536.1
Diciembre	391.1	900.7
Promedio	300.74	
Máximo		1,542.60



Se utilizarán los datos de las estaciones más cercanas a la cuenca que son las siguientes:

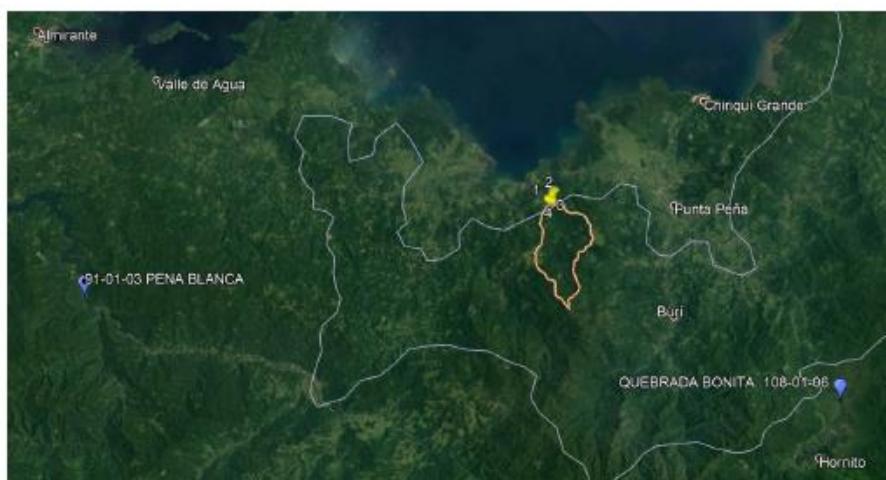
Tabla 25. Estaciones cercanas a la cuenca

Número	Núm	Nombre	Provincia	Tipo de Estación	Elev m	Norte	Oeste
93005	93	RAMBALA	BOCAS DEL TORO	CC	80	8°55'00"	82°10'00"
93006	93	PUNTA ROBALO	BOCAS DEL TORO	CC	2	9°02'00"	82°15'00"

## 5. HIDROLOGÍA. DATOS DE LAS ESTACIÓN MÁS REPRESENTATIVA

Utilizaremos en el presente estudio los caudales mínimos, promedios y máximos mensuales de la estación hidrológica: PENA BLANCA (RÍO CHANGUINOLA 91-01-03). Con un área de drenaje de 1,390 km<sup>2</sup>.

Figura 18. Estación Pena Blanca.



Pág 52



El punto de medición está ubicado en el Rio Changuinola Antón, latitud 9° 09' 12" N y longitud 82° 30' 13" W.

La estación hidrológica también cercana de Quebrada Bonita está ubicada en un punto de muy elevada pluviometría, no es representativa

Los caudales mínimos, promedios y máximos mensuales de la estación hidrológica son los siguientes:

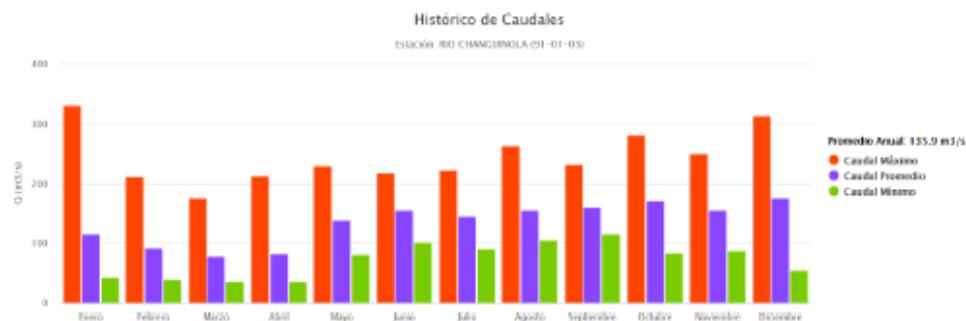
**Tabla 26. Caudales mínimos, promedios y máximos mensuales de la estación Hidrológica PENA BLANCA (BOCAS DEL TORO) (91-01-03)**

Mes	Q min (m³/s)	Q medio (m³/s)	Q máx.(m³/s)
Enero	42.7	116.1	331.5
Febrero	39.4	91.7	212.3
Marzo	36.1	78.8	176
Abril	36.1	82.2	213.5
Mayo	80.8	139.4	229.5
Junio	102.3	156	219.1
Julio	90.5	146.3	222.3
Agosto	105.9	155.8	264
Septiembre	114.8	161.5	231.9
Octubre	83.3	171.9	282
Noviembre	88.6	155.8	250
Diciembre	54.9	175.6	313.3
Promedio		135.925	
Mínimo	36.1		
Superficie cuenca	1,390	km²	

Fuente: Hidrometeorología ETESA



*Figura 19. Histórico de Caudales*



## 6. MODELIZACIÓN HEC-RAS

Para la Simulación hidráulica se utilizó el Programa HEC – RAS. Este programa permite el cálculo de los niveles de agua en cada una de las secciones transversales seleccionadas en el cauce del Río. Nos indica si existe la necesidad de ensanchar el cauce para permitir que el flujo máximo transite por el cauce sin provocar inundaciones o poner en peligro áreas circundantes a las orillas del Río. El programa HEC – RAS fue desarrollado, por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, para el cálculo de niveles de aguas en canales con flujo permanente.

El objetivo principal del programa HEC-RAS es simplemente calcular las elevaciones de la superficie del agua en todas las localizaciones de interés para los valores dados del flujo. Los requisitos de los datos incluyen el régimen del flujo, la elevación, la descarga, los coeficientes de perdida, la geometría de las secciones transversales, y la separación entre secciones adyacentes.



Siguiendo los conceptos planteados en el modelo HEC-RAS para la determinación de perfiles de la superficie de agua, el USACE (Army Corps of Engineers of the United States) desarrolló un Sistema de Análisis de Ríos, conocido como el HEC-RAS, (1995, 2000). El modelo HEC-RAS es muy idéntico al modelo HEC-2, con unos pocos cambios menores. Los objetivos, metas y resultados de los programas son los mismos. La gran mejora es la adición del poder gráfico al usuario (GUI). El GUI es un sistema de Windows que permite al usuario entrar, editar, y desplegar datos y gráficas en un formato de lectura fácil. Esta capacidad facilita al modelador una mejor visualización del río y su condición. Hasta permite imprimir la geometría del río en tres dimensiones.

En adición a las mejoras gráficas encontradas en HEC-RAS, muchas otras mejoras han sido hechas. HEC-2 está limitado para correr en condiciones de flujo subcrítico o supercrítico. HEC-RAS es capaz de operar con un régimen de condiciones mixtas. HEC-RAS también incluye la habilidad de modelar dentro de esclusas, compuertas, múltiples alcantarillas y tiene un nuevo método para evaluar el efecto de las columnas en puentes.

#### ECUACIONES DEL FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

Cuando el flujo en un canal o una corriente abierta encuentra un cambio en la pendiente del fondo o un cambio en la sección transversal, la profundidad de flujo puede cambiar gradualmente. La condición del flujo donde la profundidad y la velocidad pueden cambiar a lo largo del canal se debe analizar numéricamente. La ecuación de la energía se aplica a un volumen de control diferenciado, y la ecuación que resulta relaciona el cambio en profundidad con la distancia a lo largo de la trayectoria del flujo. Una solución es posible si se asume que la perdida principal en cada sección es igual a la del flujo normal con la misma velocidad y profundidad de la sección. Así un problema del flujo no uniforme es aproximado por una serie de segmentos uniformes de la corriente del flujo.

La energía total de una sección dada del canal puede ser escrita como,



$$H = z + y + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

donde esta "z + y", es la cabeza potencial de la energía sobre un datum y la capacidad cinética de la energía es representada por el término que contiene la velocidad promedio en la sección. El valor del  $\alpha$  se extiende de 1.05 a 1.36.



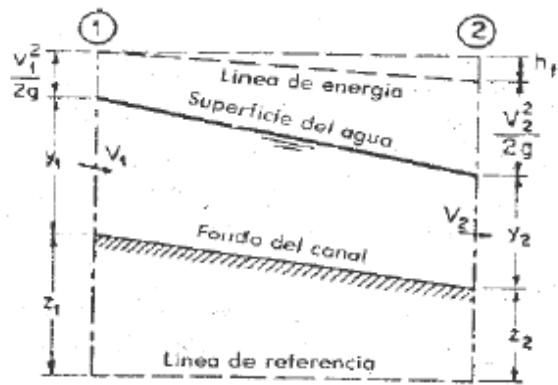
Distribuciones típicas de la velocidad en un canal abierto.

Para la mayoría de los canales "a" es una indicación de la distribución de la velocidad a través de la sección transversal. Este se define como el coeficiente de la energía,

$$\alpha = \sum_i \frac{V_i dA}{V^2 A}$$

$V_i$  es la velocidad en la sección  $dA$  y  $V$  es la velocidad promedio en la sección transversal.

En muchos casos, el valor de  $\alpha$  se asume como 1.0, pero debe ser estimado para las corrientes o ríos en donde la variación de la velocidad puede ser grande.

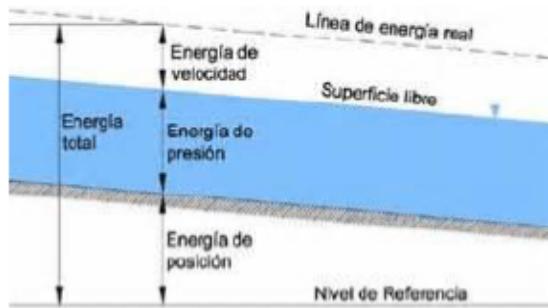


Ecuación de la energía del flujo no uniforme,

La ecuación de la energía para el flujo permanente entre dos secciones, 1 y 2 separadas por una distancia L se convierte en,

$$\left( z + y + \frac{\alpha V^2}{2g} \right)_1 = \left( z + y + \frac{\alpha V^2}{2g} \right)_2 + h_l$$

donde h<sub>L</sub> es la perdida principal de la sección 1 a la sección 2. Si asumimos que  $\alpha = 1$ ,  $z_1 - z_2 = S_0 L$ , y  $h_L = S L$ , la ecuación de la energía se convierte en,



$$\left( z + y + \frac{\alpha V^2}{2g} \right)_1 = \left( z + y + \frac{\alpha V^2}{2g} \right)_2 + h_l$$

$$\left( y + \frac{\alpha V^2}{2g} \right)_1 = \left( y + \frac{\alpha V^2}{2g} \right)_2 + (S - S_0)L$$

La pendiente de energía se determina utilizando la ecuación de Manning (unidades pie-s) y solucionando para S, tenemos

$$S = \left( \frac{nV_m}{1.49Rm^{2/3}} \right)$$

donde el subíndice m refiere a un valor medio. Si diferenciamos la ecuación con respecto a x, la distancia a lo largo del canal, la tasa de cambio de la energía será entonces,



$$\frac{dH}{dx} = \frac{dz}{dx} + \frac{dy}{dx} + \frac{\alpha d(V^2)}{2gdx}$$

La ecuación describe la variación de la energía total para los flujos que varían gradualmente. Los términos  $S_0$  y  $S$  pueden ser substituidos de las ecuaciones anteriores. La pendiente del perfil de la superficie del agua depende si el flujo es subcrítico o supercrítico. Al utilizar  $V = q / y$  (sección rectangular), y asumiendo que  $\alpha = 1$ , se transforma en,

$$\frac{d}{2gdx}(V^2) = \frac{d}{2gdx}\left(\frac{q^2}{y^2}\right) = -\left(\frac{q^2}{g}\right)\frac{1}{y^3}\frac{dy}{dx}$$

Así

$$-S = -(S_0) + \left(1 - \frac{q^2}{y^3}\right)\frac{dy}{dx}$$

Si incluimos la definición del número de Froude (Fr), entonces la pendiente de la superficie del agua para una sección rectangular se puede escribir como,

$$\frac{dy}{dx} = \frac{(S_0 - S)}{1 - \left(\frac{V^2}{gy}\right)} = \frac{(S_0 - S)}{1 - Fr^2}$$

Además del levantamiento topográfico se visitó el área para identificar los coeficientes de Manning ( $n$ ), que se debe utilizar en el modelo HEC-RAS en la primera simulación.

La selección del coeficiente "n" de rugosidad de Manning, se basa generalmente en "el mejor juicio de la ingeniería"; o en valores establecidos por ordenanzas municipales de diseño. Varias tablas están disponibles en la literatura general para la selección del coeficiente de rugosidad de Manning para un particular canal abierto (ver Tabla 2. Chow, 1959).



**Tabla 27. Valores del coeficiente de rugosidad (*n*) en la fórmula de Manning**

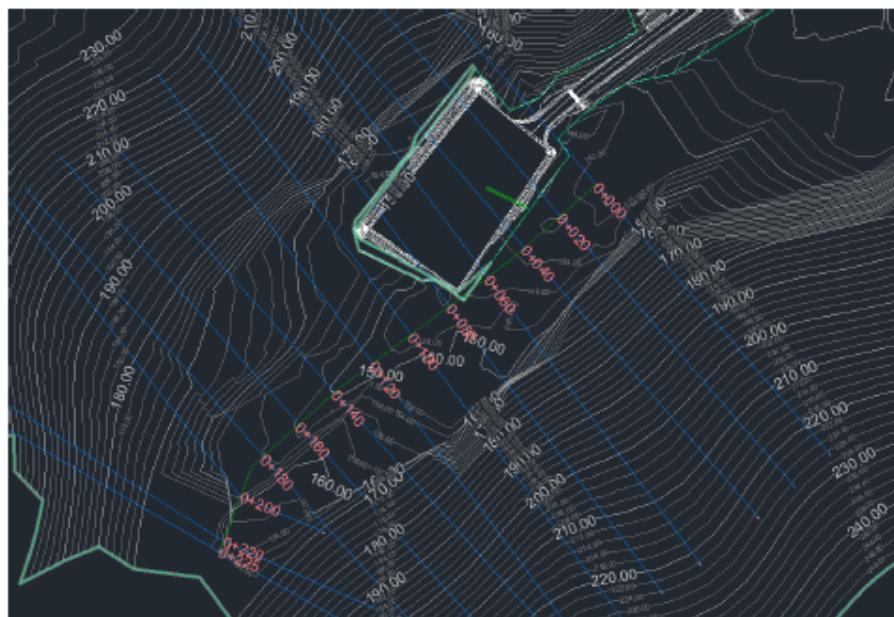
	Mínimo	Normal	Máximo
<b>Tuberías cerradas</b>			
Acero, clavado y espiral	0.013	0.016	0.017
Hierro fundido, sin recubrimiento	0.011	0.014	0.016
Cemento, mortero	0.011	0.013	0.015
Concreto, alcantarilla	0.010	0.011	0.013
Arcilla, alcantarilla vitrificada	0.011	0.014	0.017
Albañilería del escombro, cementada	0.018	0.025	0.030
Canales alineados o erigidos			
Concreto, final del flotador	0.013	0.015	0.016
Fondo concreto, concreto	0.020	0.030	0.035
Fondo de la grava con las rasgaduras	0.023	0.033	0.036
Ladrillo, esmaltado	0.011	0.013	0.015
Canal excavado o dragado			
Tierra, derecha y uniforme - hierba corta	0.022	0.027	0.033
Tierra, sinuoso, floja, pastos densos	0.030	0.035	0.040
Cortes de la roca, dentado e irregulares	0.035	0.040	0.050
Canales no mantenidos, pasto y maleza sin cortar	0.050	0.080	0.120
Corrientes Naturales			
Etapas limpias, rectas, completas	0.025	0.030	0.033
Limpios y sinuosos, algunas piscinas	0.033	0.040	0.045
Bordes flojos, malezas y charcos profundos	0.050	0.070	0.080
Riberas de arroyos montañosos y peñascos	0.030	0.040	0.050
Riberas de arroyos montañosos, grava y grandes	0.040	0.050	0.070
Peñascos.			
Flujo en Llano			
Pasto, ningún matorral, hierba alta	0.030	0.035	0.050
Matorral, matorrales dispersos, hierbas abundantes	0.035	0.050	0.070
Matorral, medio a1 matorral denso en verano	0.070	0.100	0.160
Arboles, sauces densos, verano, plano	0.110	0.150	0.200
Arboles, bosques	0.080	0.100	0.120

Se han tomado los siguientes perfiles hasta el río, desde 150 metros aguas arriba de la toma hasta el puente de La Gloria



De manera que podamos abarcar las alternativas posibles para la ubicación de la PTAP. Están a grandes elevaciones y hemos podido comprobar en el estudio que no se ve ninguna afectada por la subida de las aguas durante las crecidas.

*Figura 20. Perfiles considerados en modelización HEC-RAS*



La toma se ubica en la estación 80



## 7. CONCLUSIONES

El río La Gloria en el punto de captación cumple con las necesidades requeridas para la realización de la toma de agua prevista

Los caudales en las crecidas de periodo de retorno son los siguientes en m<sup>3</sup>/s:

Tabla 28. Caudales en crecidas

TR (años)	5	10	20	50	100
Q(m <sup>3</sup> /s)	189.26	231.0	272.75	329.81	372.95

Generamos la siguiente tabla resumen

Tabla 29. Resumen de caudales

	m <sup>3</sup> /s	Mgd
Caudal demanda	0.220	5.0
Caudal promedio	1.230	28.08
Caudal ecológico	0.123	2.8
Caudal mínimo	0.480	10.96
Caudal avenida de 50 años	329.81	7,528.56
Caudal avenida de 100 años	372.95	8,513.31

Observamos que si restamos del caudal mínimo el caudal ecológico  $10.96 - 2.8 = 8.16$  MGD, mayor que 5.0 MGD, el caudal de demanda máxima horaria, el caudal ecológico está asegurado por tanto.

Además, tenemos como reserva el tanque de 2 MG a la salida de la PTAP



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Resumen técnico. Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. Periodo 1971- 2006. Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. Gerencia de Hidrometeorología. Preparado por: Ing. Diego A. González Jaén. Revisado por: Ing. Iván Jaramillo Torres. Aprobado por Ing. Luz Graciela de Calzadilla
- Normas para la seguridad de presas. Autoridad nacional de los servicios Públicos República de Panamá
- Publicación: Balance hídrico superficial de Panamá Período 1971 - 2002

Programa Hidrológico Internacional Documento Técnico del PHI - LAC N.º 9 comité regional de recursos hidráulicos (CRRH), empresa de transmisión eléctrica, s.a. (ETESA) organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura (UNESCO)

Como documentos de referencias se han tenido en cuenta las siguientes normativas nacionales e internacionales:

- Manual de Requisitos para la Revisión de Planos, editado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) de la República de Panamá (2003).
- Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes, editado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) de la República de Panamá (2002).
- Hydraulic Design of Highway Culverts (FHWA-NHI-01-020), editado por el National Highway Institute y el U.S. Department of Transportation de los Estados Unidos (2005).
- Urban Drainage Design Manual (FHWA-NHI-10-009), editado por el National Highway Institute y el U.S. Department of Transportation de los Estados Unidos (2009).

Estudio de Impacto Ambiental, Categoría II

Proyecto: ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO

Promotor: INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS NACIONALES.



ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA  
POTABILIZADORA DE CHIRIQUI GRANDE Y REDES DE ABASTECIMIENTO,  
PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO



btd

## 9. RESULTADOS MODELIZACIÓN HEC-RAS Q50. AVENIDAS 10, 20, 50 Y 100 AÑOS PERÍODO DE RETORNO

Pág 64

813

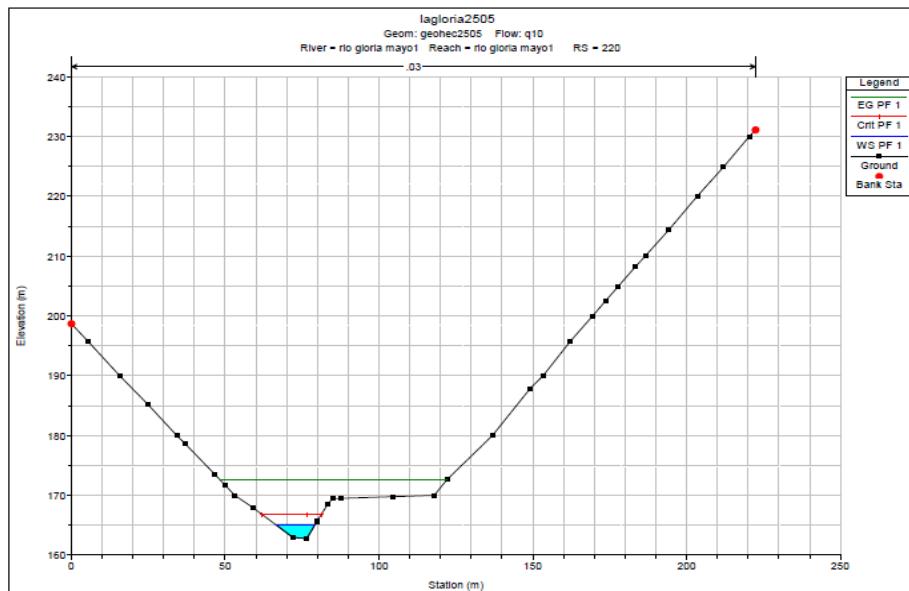
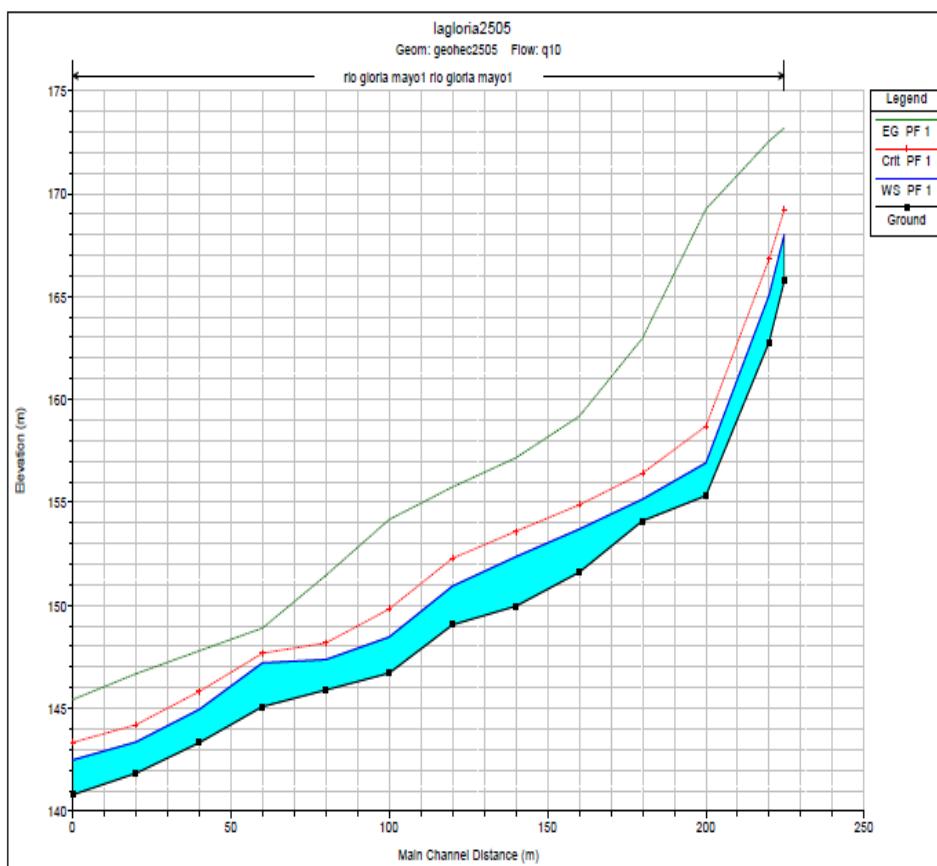
Consultores: Lic., Yisel Mendieta / Registro N.º DEIA-IRC 079-2020, Celular N.º 65378184  
Lic., Mgs. Isabel Murillo / Registro: N.º IRC-008-12

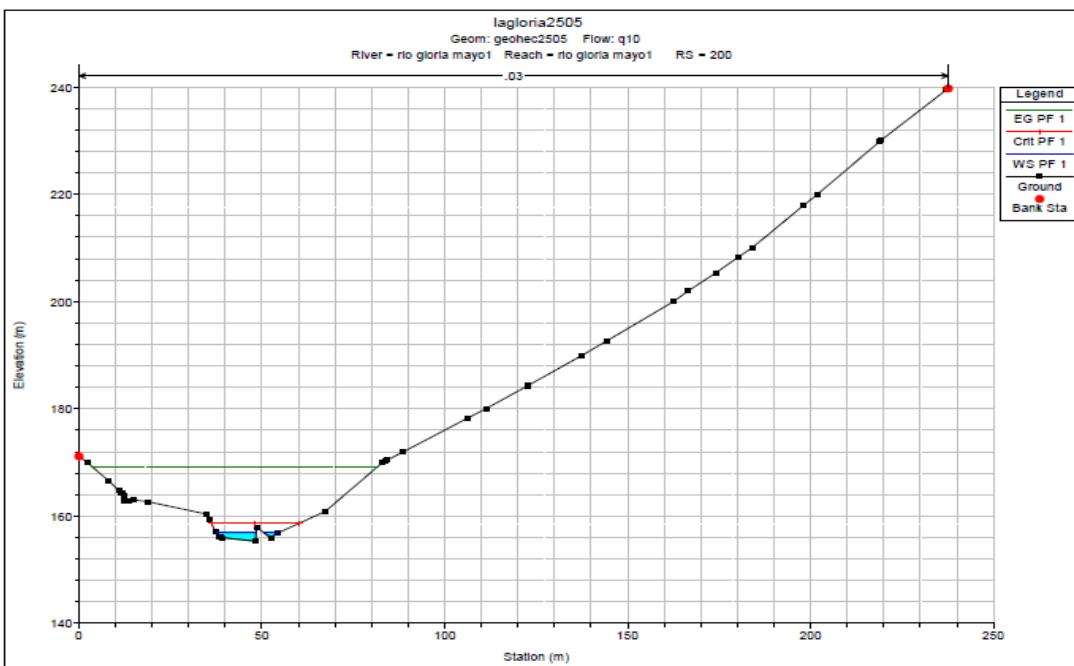
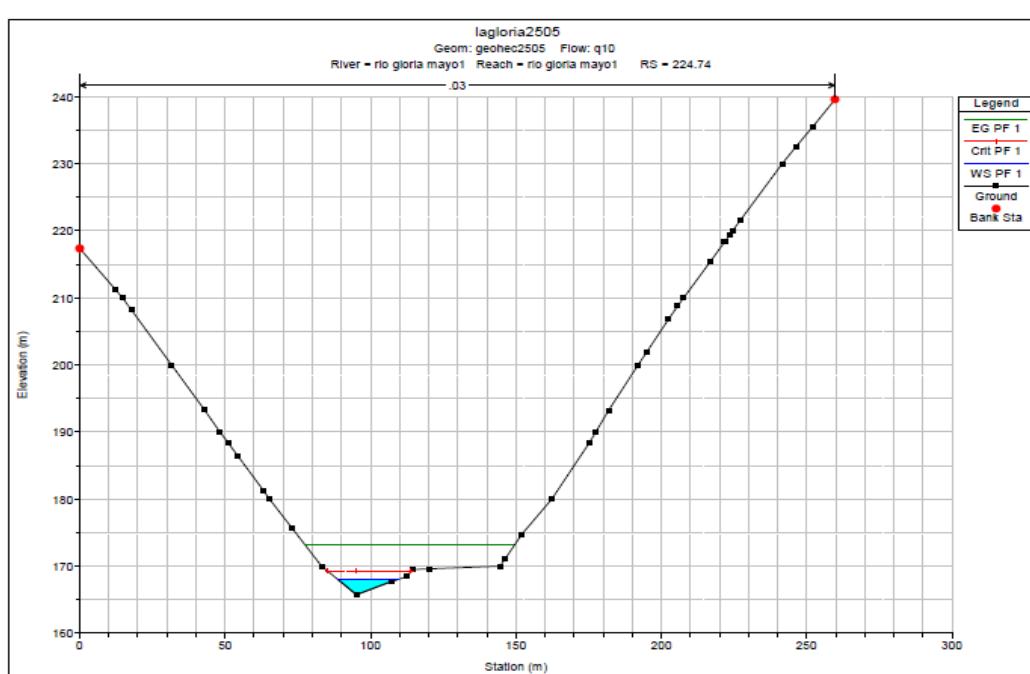


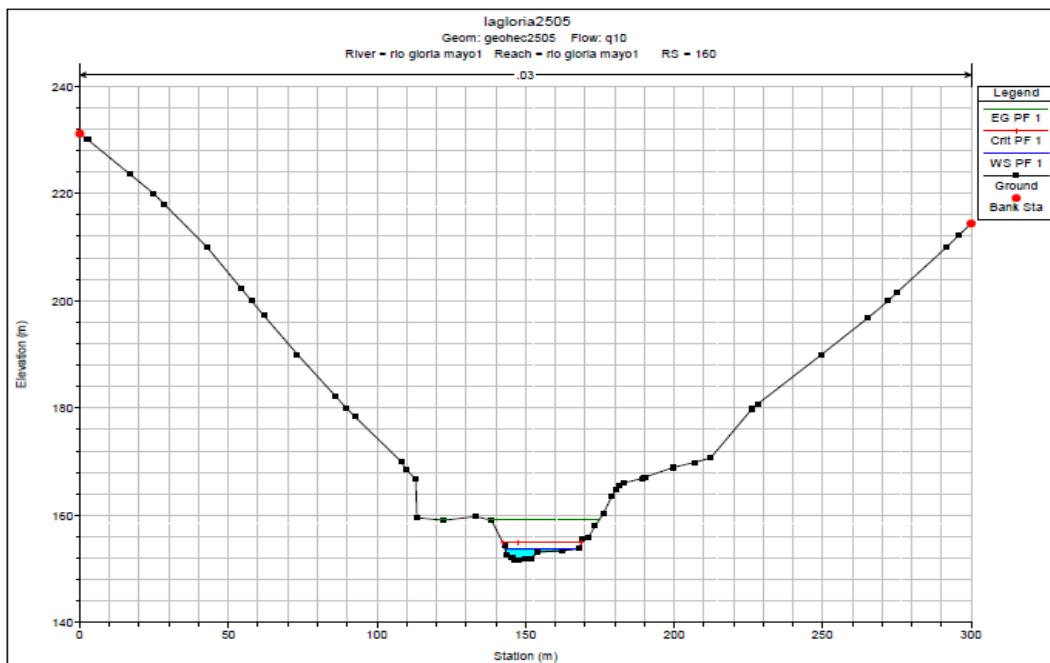
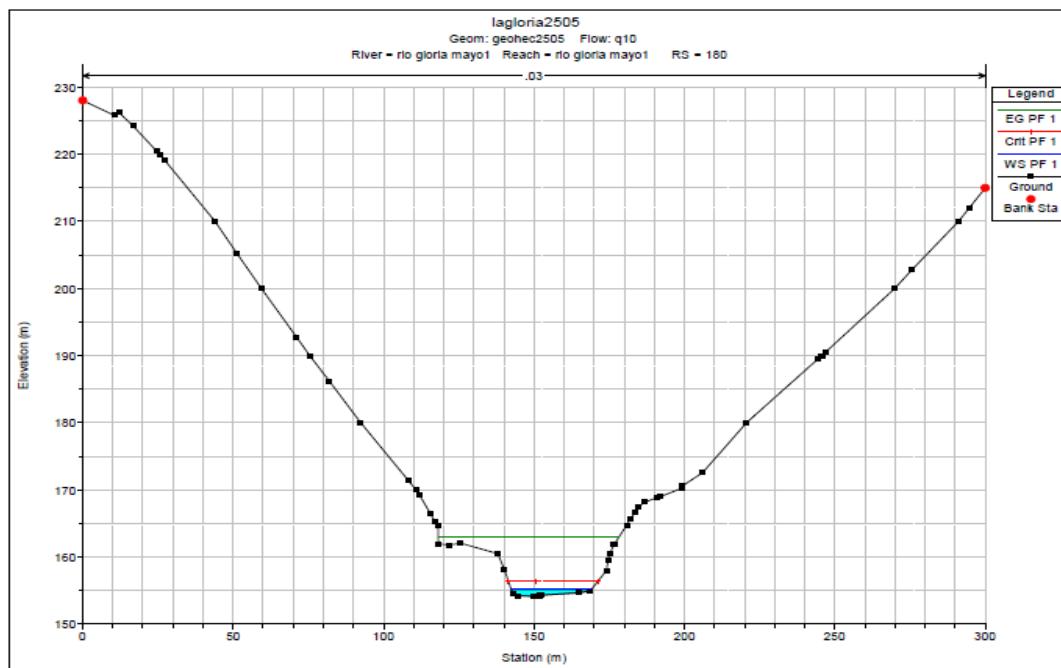
## 9.1 CAUDAL 10 AÑOS

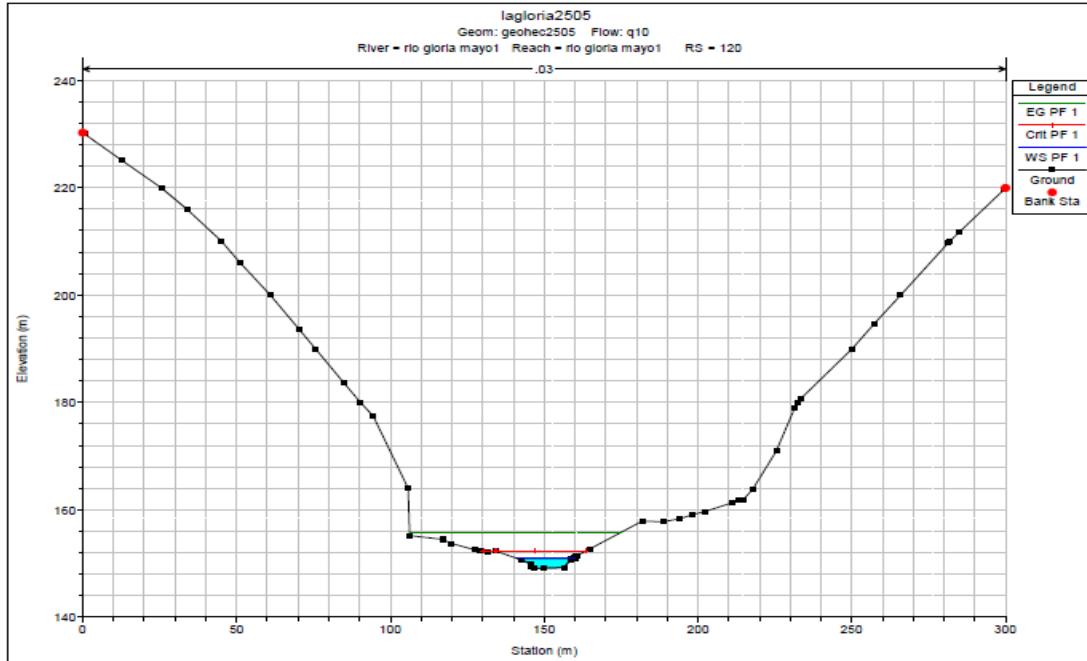
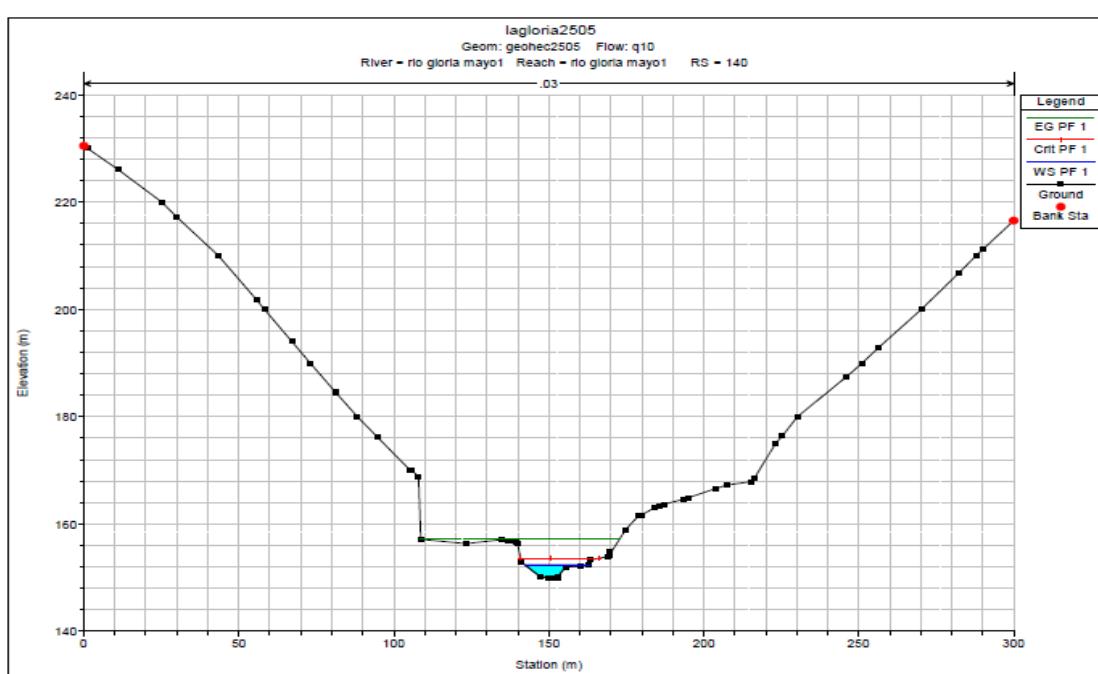
**Tabla 30 Tabla de valores Q10**

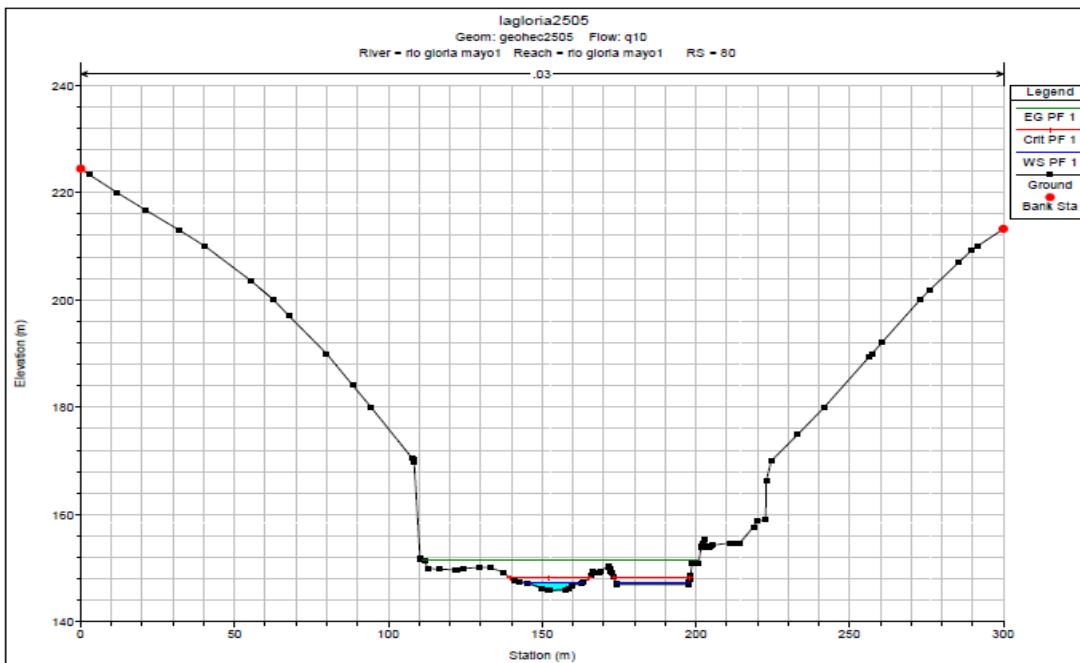
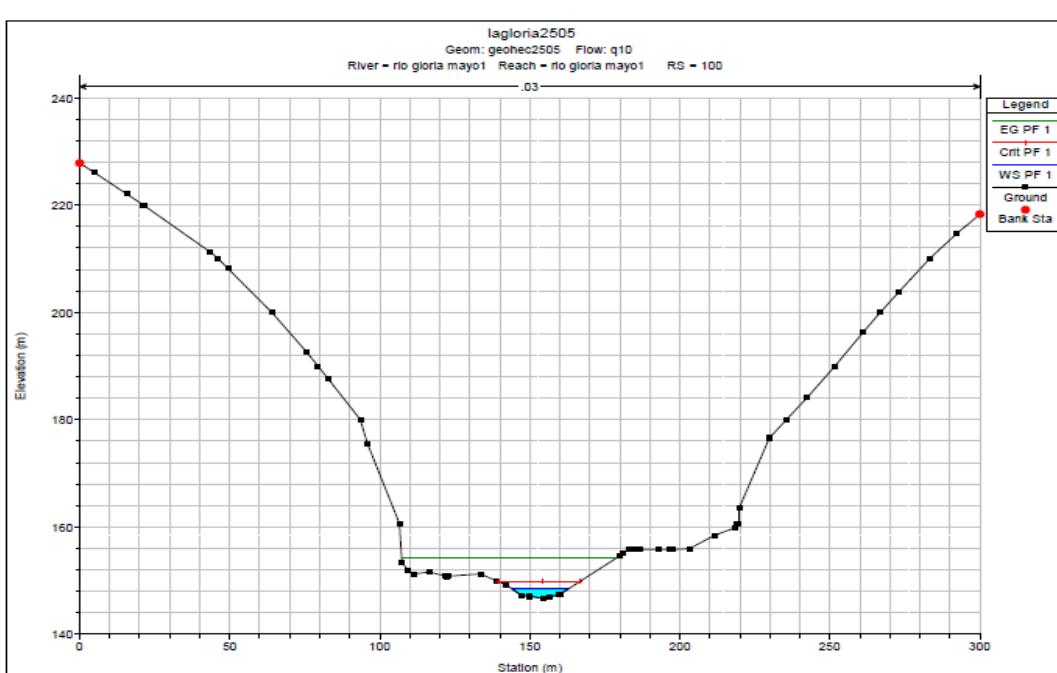
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Min Ch Elv (m)	W.S. Elev (m)	Cts W.S. (m)	R.G. Elev (m)	R.G. Slope (mm/m)	Vel Chel (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
rio glosa mayol	224.74	PF 1	231.00	165.74	168.01	169.21	173.18	0.0872024	10.07	22.84	20.60	3.05
rio glosa mayol	220	PF 1	231.00	162.78	165.07	166.82	172.55	0.0872025	12.11	19.68	12.71	3.16
rio glosa mayol	200	PF 1	231.00	155.32	156.92	158.70	169.24	0.2671107	15.55	14.86	15.68	5.00
rio glosa mayol	180	PF 1	231.00	154.10	155.15	156.42	162.97	0.2267798	12.39	18.65	26.81	4.75
rio glosa mayol	160	PF 1	231.00	151.60	153.70	154.87	159.18	0.111908	10.37	22.28	23.42	3.39
rio glosa mayol	140	PF 1	231.00	149.95	152.36	153.59	157.16	0.0755445	9.70	23.82	20.68	2.89
rio glosa mayol	120	PF 1	231.00	149.05	150.93	152.28	155.74	0.0655926	9.71	23.78	18.60	2.74
rio glosa mayol	100	PF 1	231.00	146.71	148.45	149.82	154.16	0.0851100	10.58	21.83	18.78	3.13
rio glosa mayol	80	PF 1	231.00	145.88	147.36	148.17	151.46	0.151164	8.97	25.76	43.85	3.76
rio glosa mayol	60	PF 1	231.00	145.08	147.20	147.67	148.89	0.061929	5.76	49.07	67.77	2.39
rio glosa mayol	40	PF 1	231.00	143.32	144.94	145.81	147.79	0.040705	7.47	30.91	25.73	2.18
rio glosa mayol	20	PF 1	231.00	141.84	143.36	144.20	146.67	0.025803	8.06	28.67	33.38	2.76
rio glosa mayol	0	PF 1	231.00	140.80	142.49	143.33	145.42	0.045243	7.58	30.48	26.58	2.26

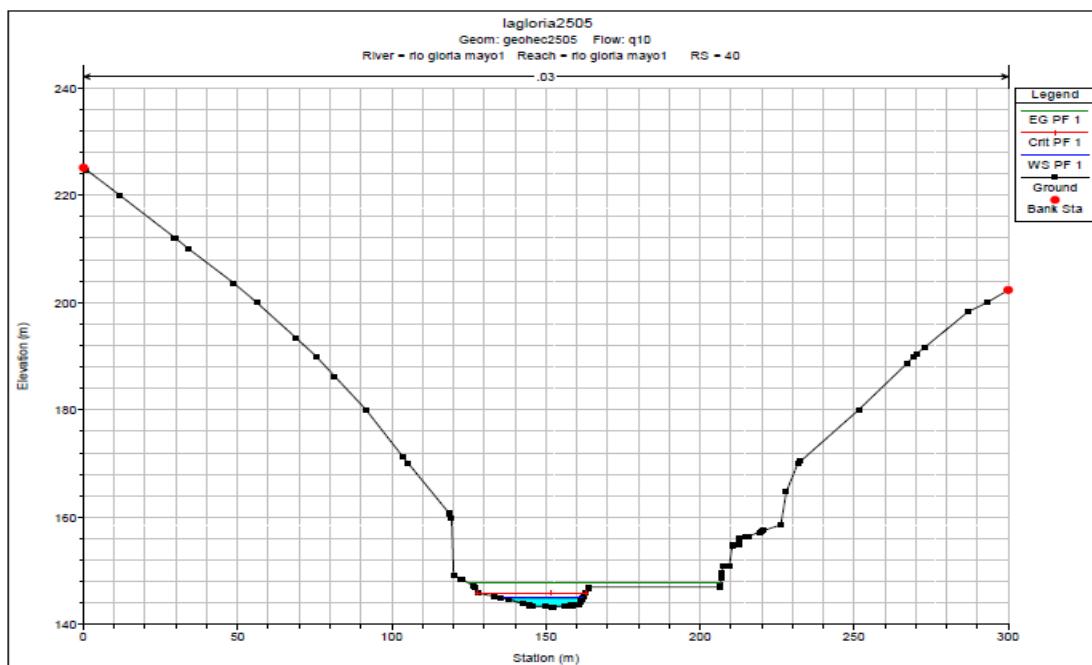
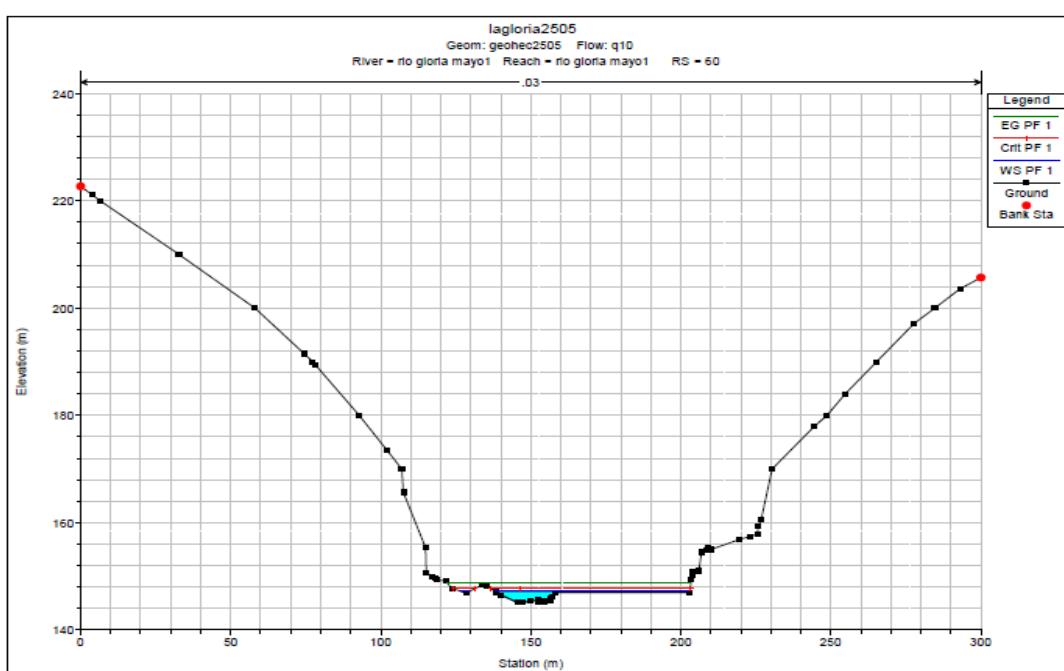


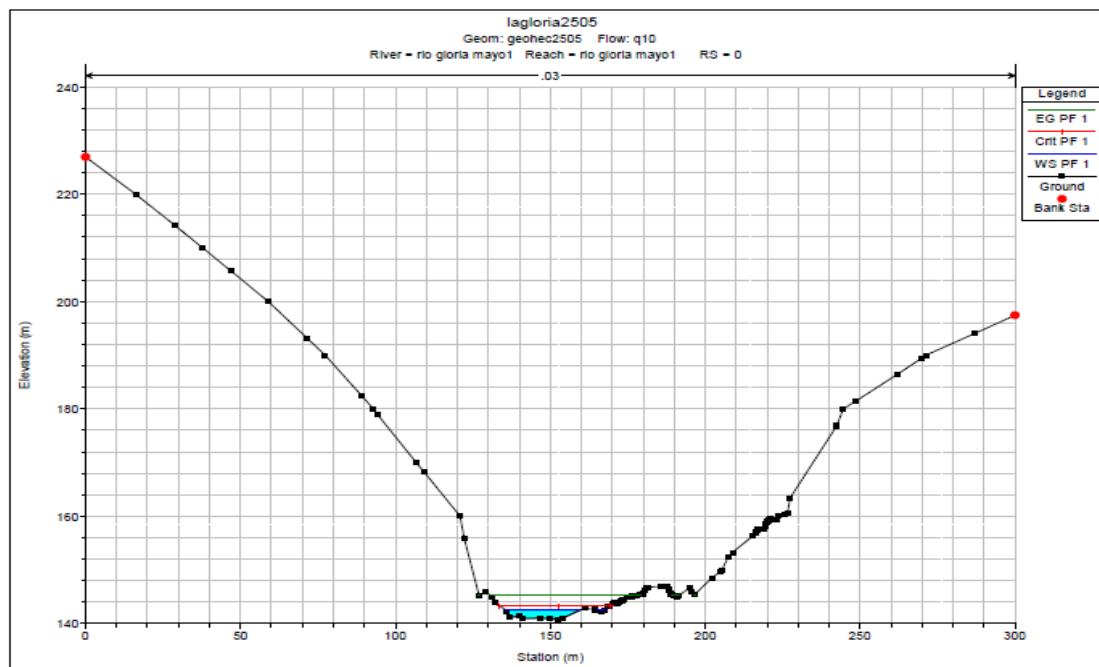
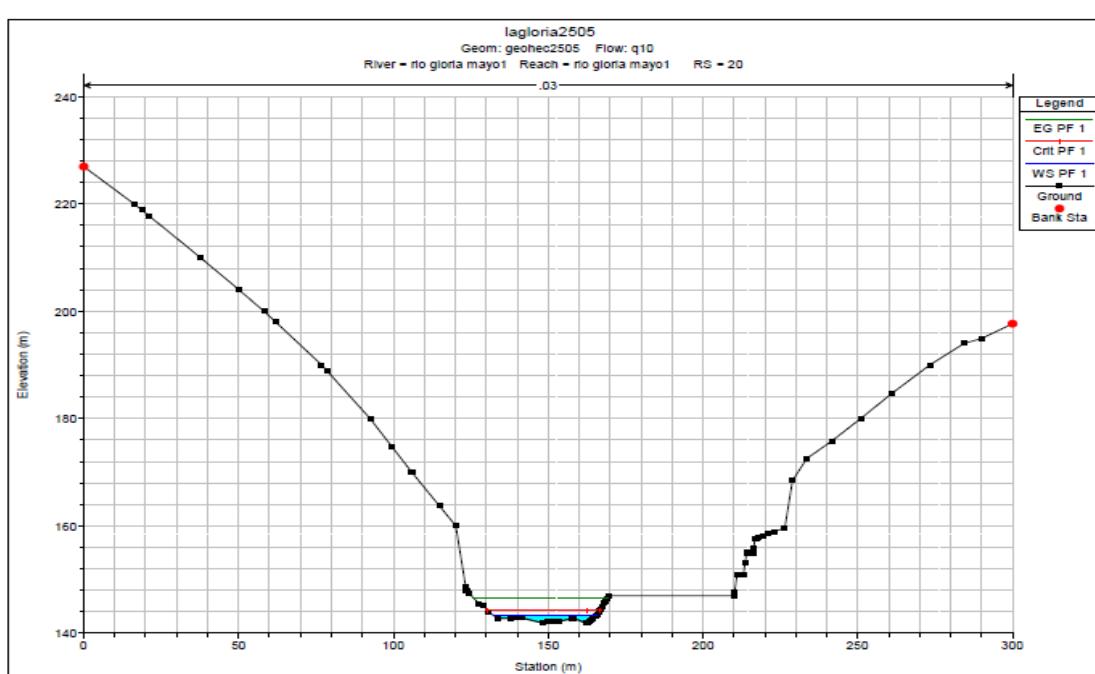










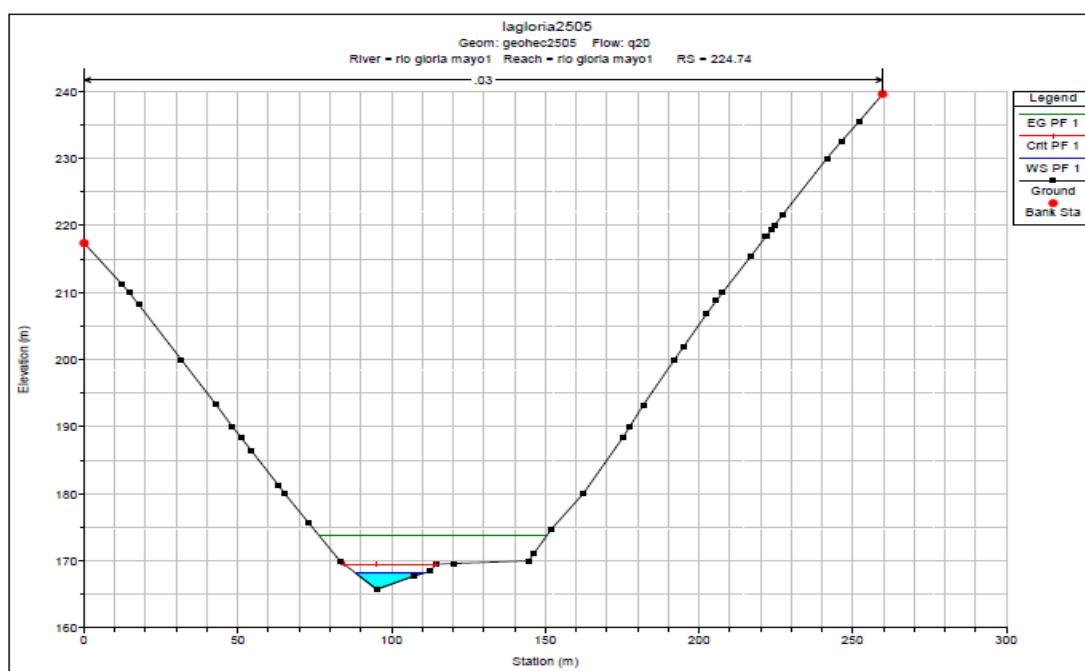
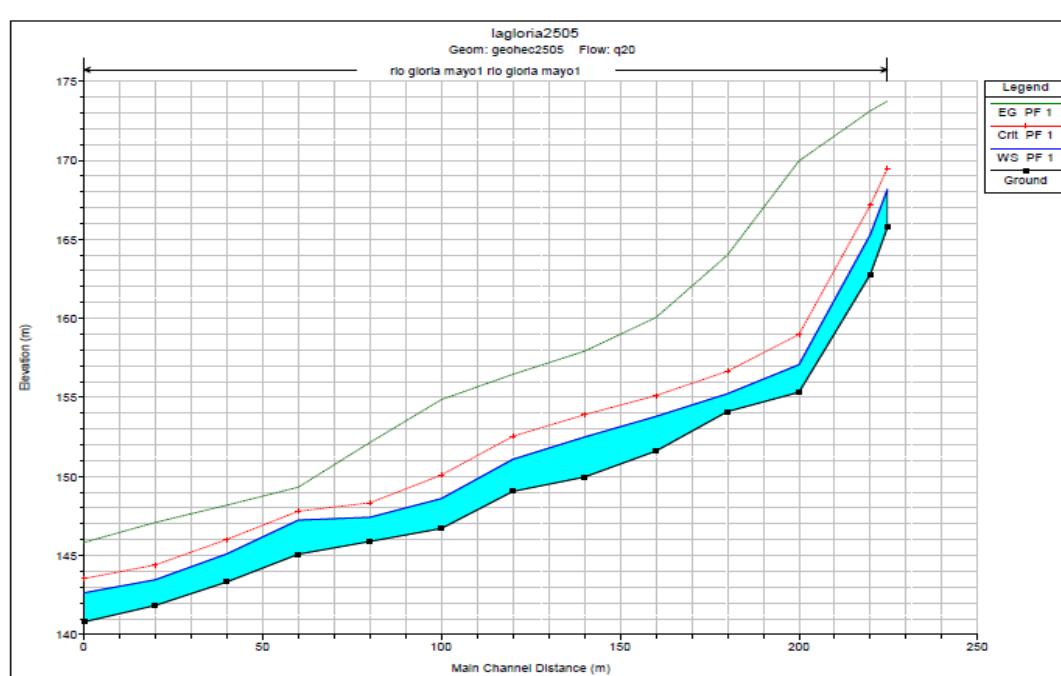


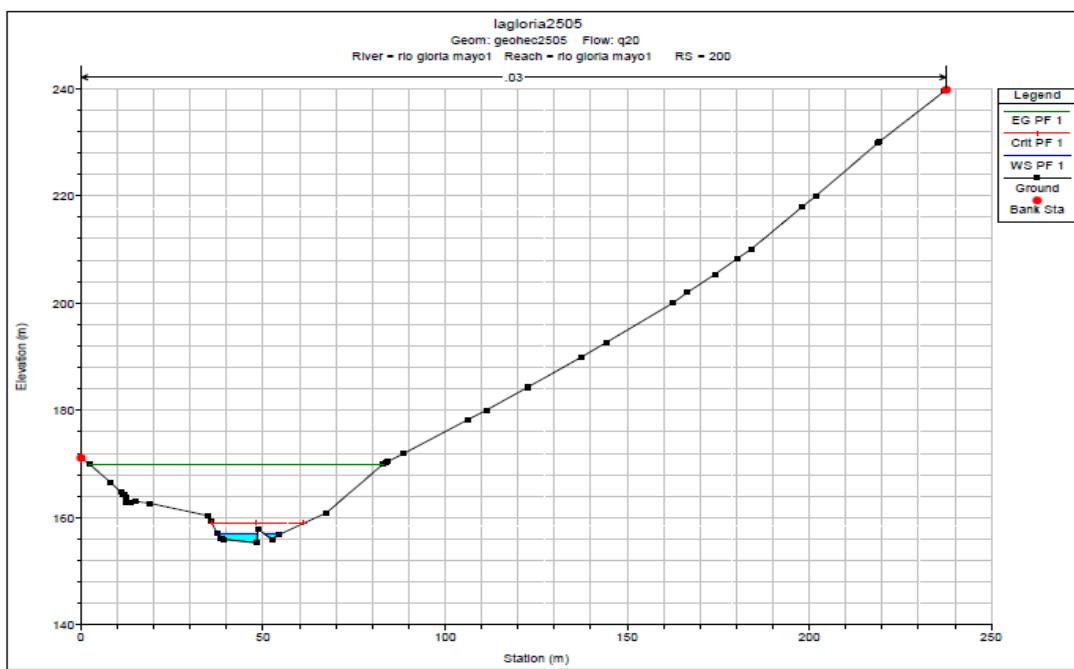
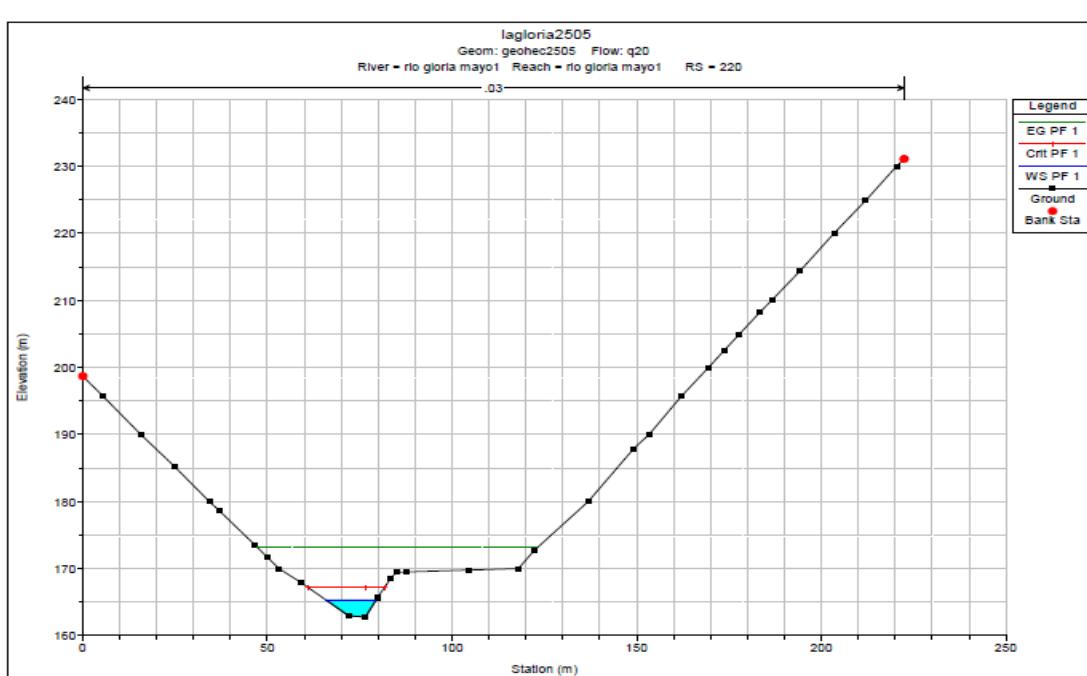


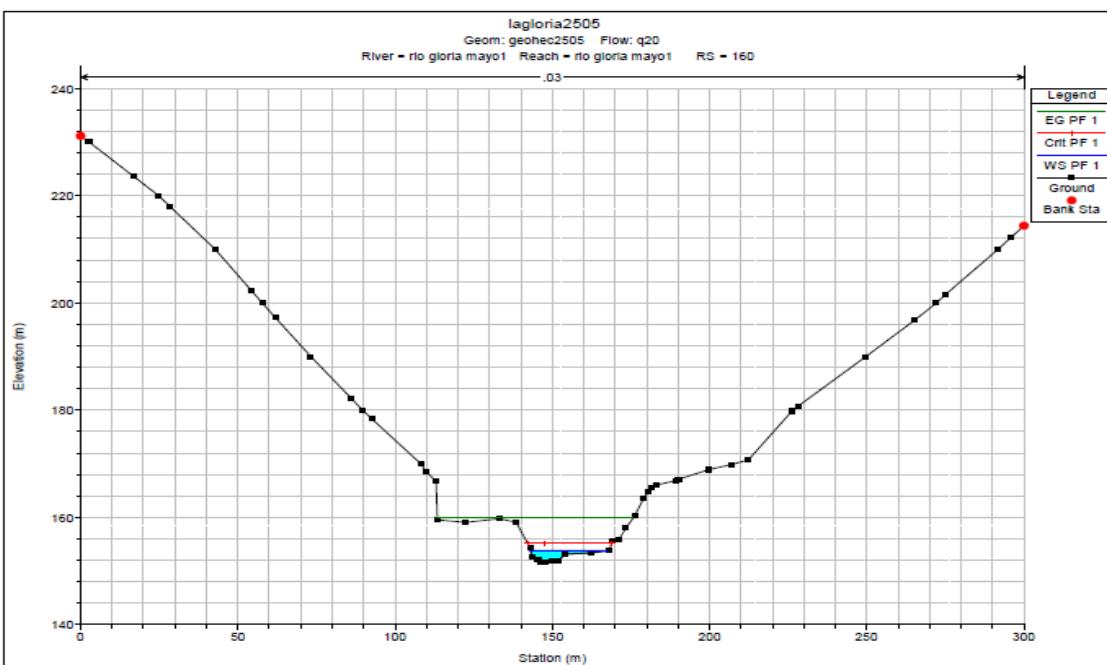
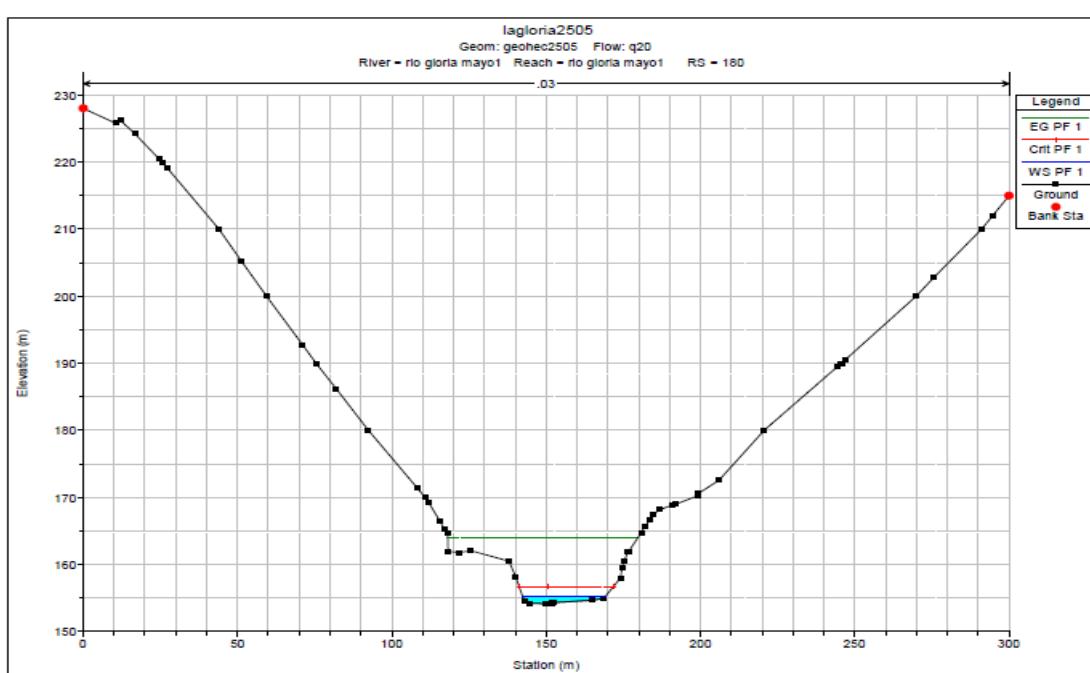
## 9.2 CAUDAL 20 AÑOS

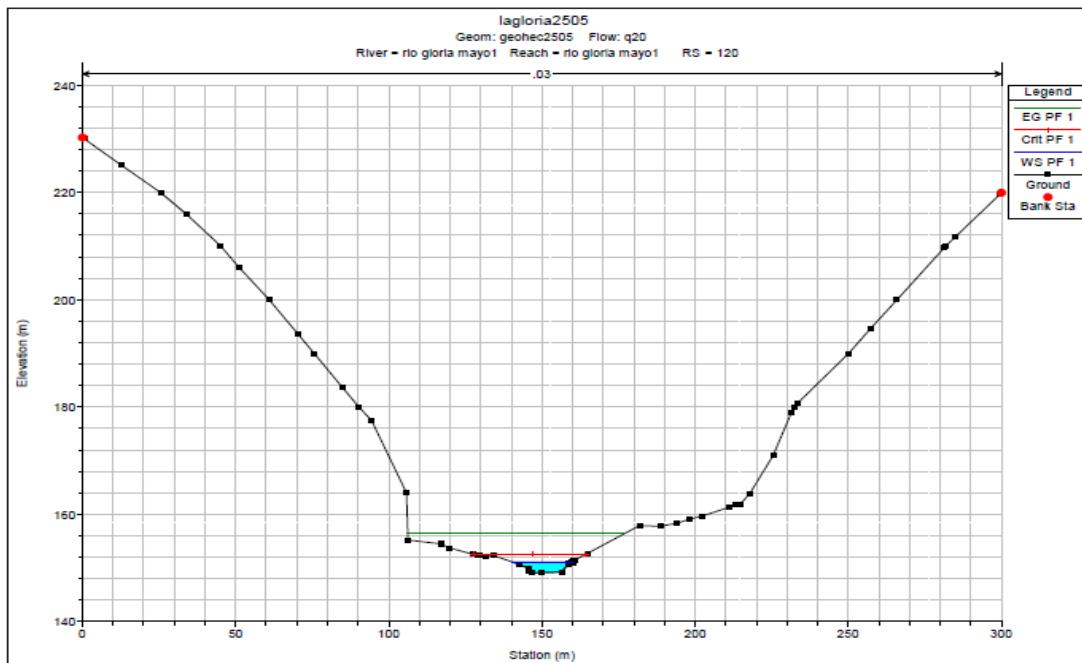
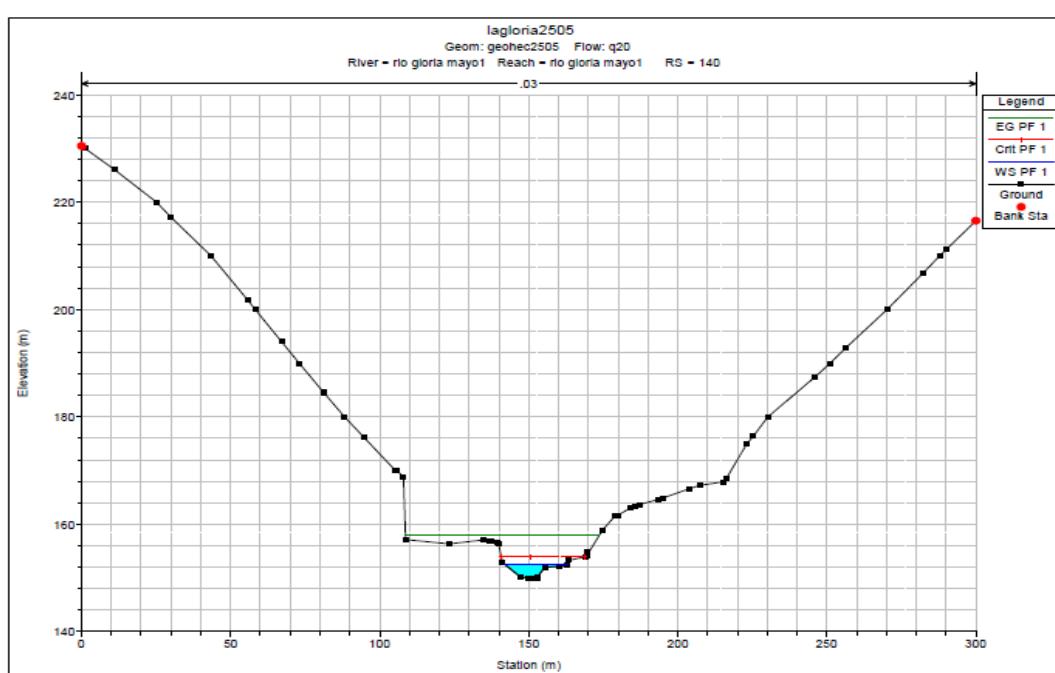
**Tabla 31. Tabla de valores Q 20**

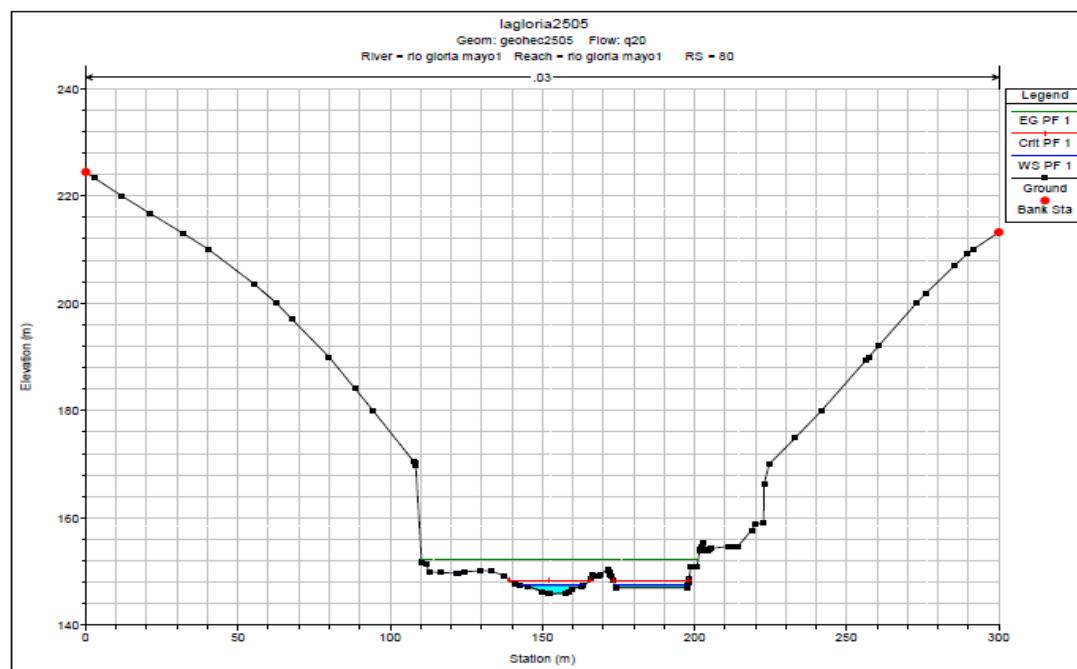
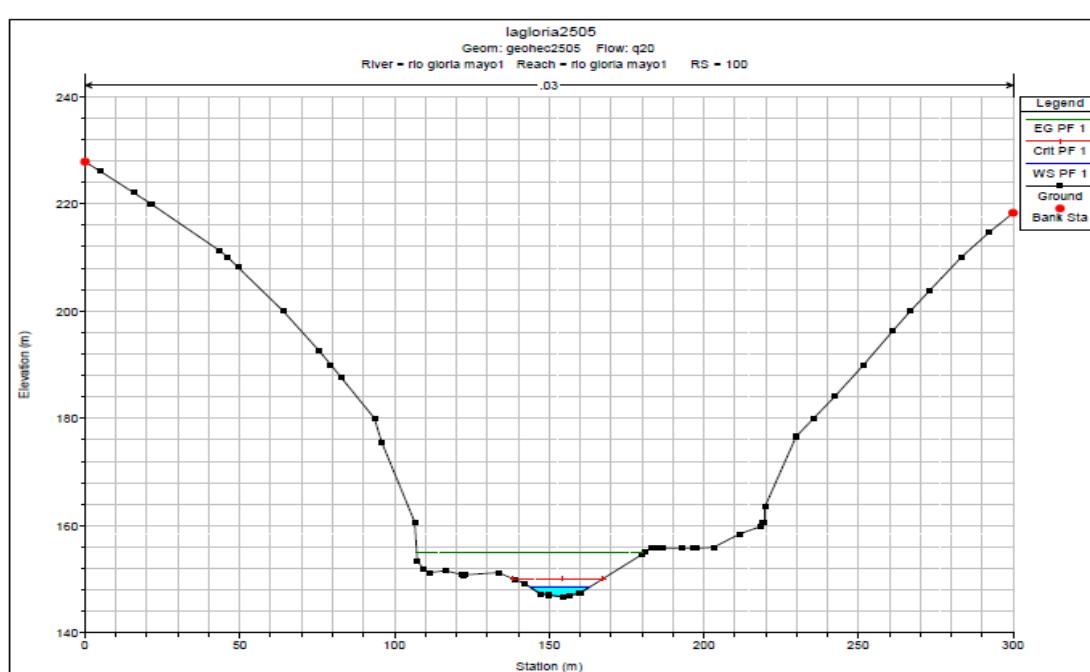
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Max Ch. El. (m)	W.S. Elev (m)	Cst W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Val Chan (m²)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
río gatón mayol	224.74	PF 1	272.75	165.74	168.15	169.49	173.74	0.082155	10.46	26.06	22.13	3.08
río gatón mayol	220	PF 1	272.75	162.78	165.30	167.16	173.12	0.082395	12.34	22.02	13.54	3.10
río gatón mayol	200	PF 1	272.75	155.32	157.06	158.98	169.95	0.251476	15.90	17.16	15.98	4.90
río gatón mayol	180	PF 1	272.75	154.10	155.23	156.64	163.99	0.222199	13.11	20.81	26.81	4.75
río gatón mayol	160	PF 1	272.75	151.60	153.80	158.11	160.05	0.119926	11.07	24.63	24.72	3.58
río gatón mayol	140	PF 1	272.75	149.95	152.49	153.90	157.91	0.076313	10.32	26.44	21.04	2.94
río gatón mayol	120	PF 1	272.75	149.05	151.08	152.54	156.45	0.068135	10.27	26.57	19.54	2.81
río gatón mayol	100	PF 1	272.75	146.71	148.60	150.59	154.86	0.084055	11.08	24.62	19.53	3.15
río gatón mayol	80	PF 1	272.75	145.88	147.42	148.33	152.15	0.157902	9.64	28.31	44.64	3.80
río gatón mayol	60	PF 1	272.75	145.08	147.24	147.80	149.32	0.070789	6.39	42.66	68.24	2.58
río gatón mayol	40	PF 1	272.75	143.32	145.10	146.01	148.18	0.099987	7.78	35.08	27.10	2.18
río gatón mayol	20	PF 1	272.75	141.84	143.47	144.39	147.09	0.069754	8.43	32.37	33.83	2.75
río gatón mayol	0	PF 1	272.75	140.80	142.63	143.53	145.83	0.047023	7.92	34.45	28.98	2.32

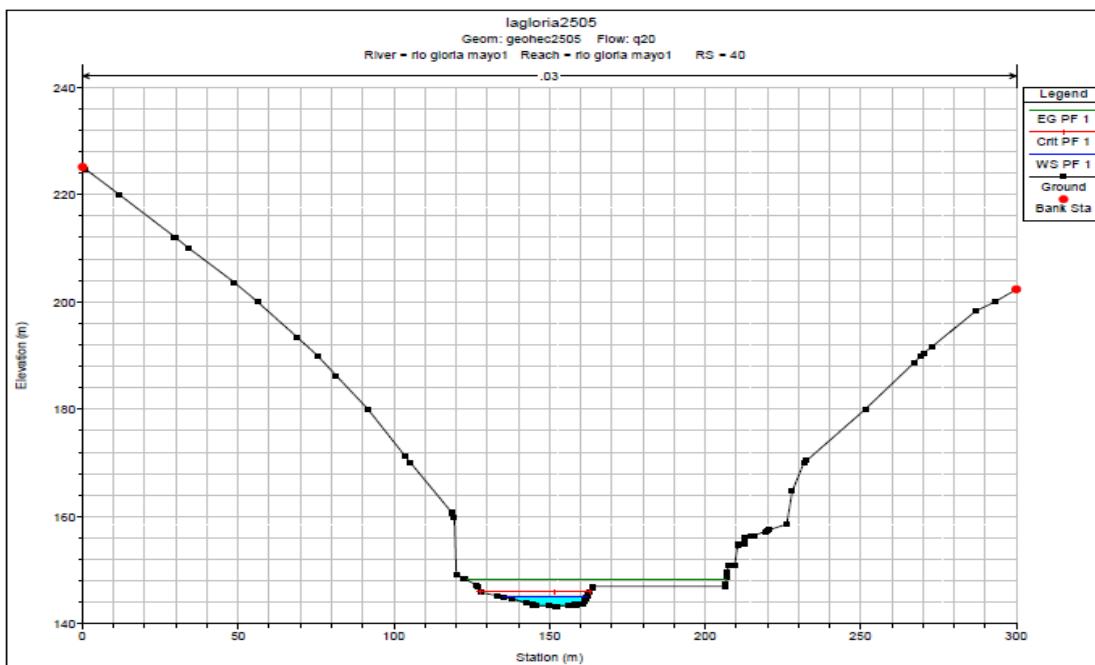
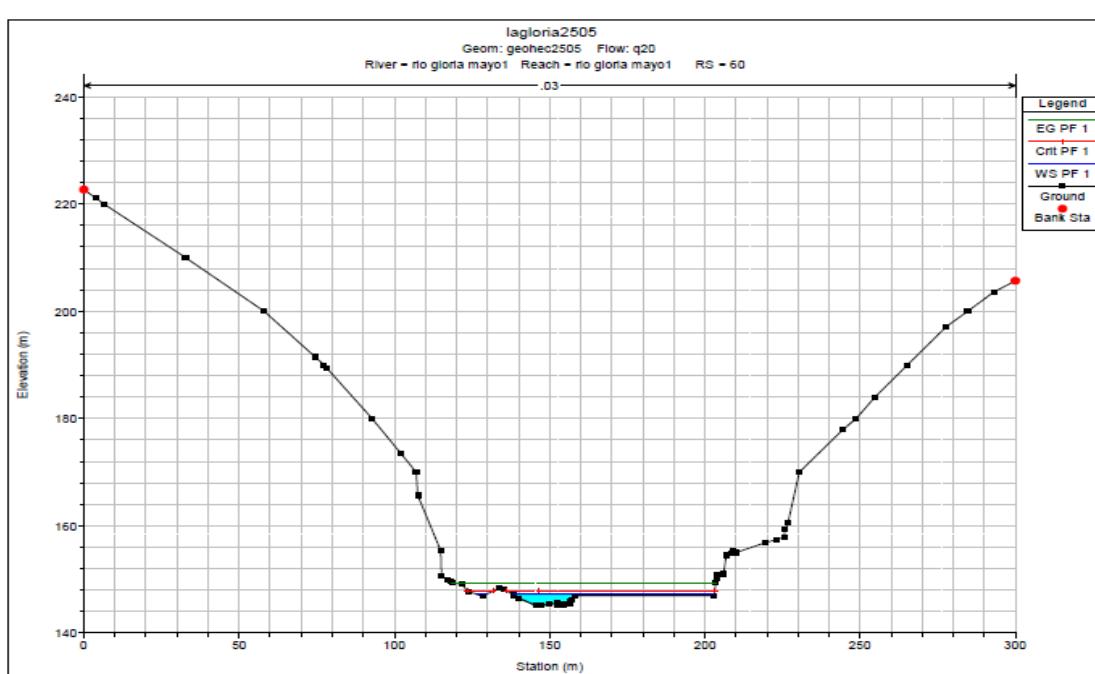


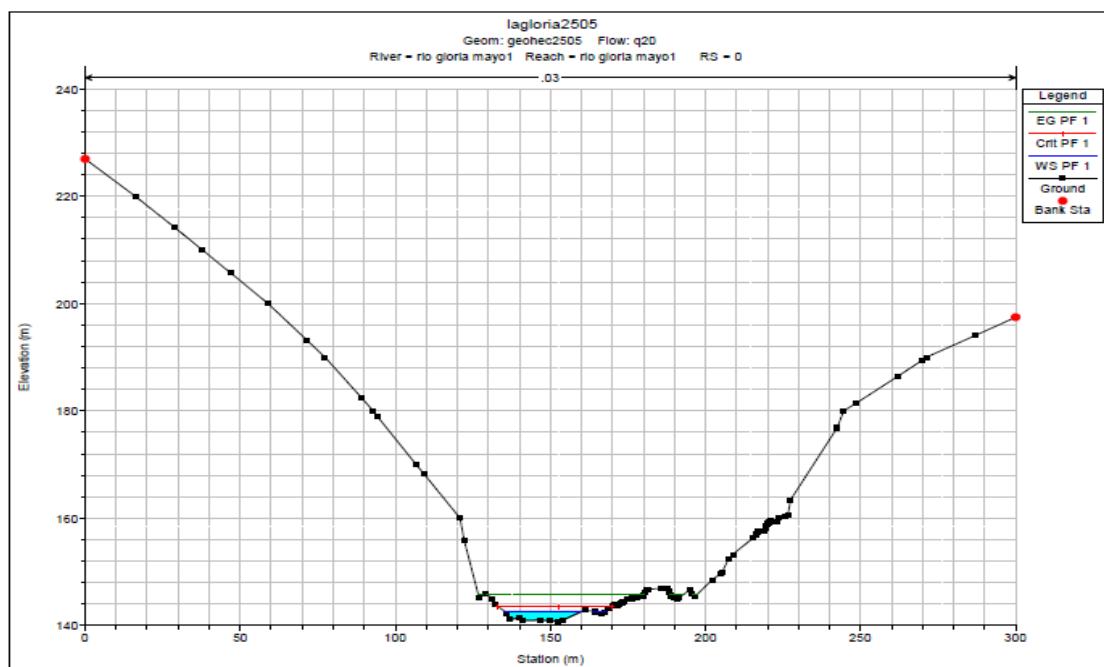
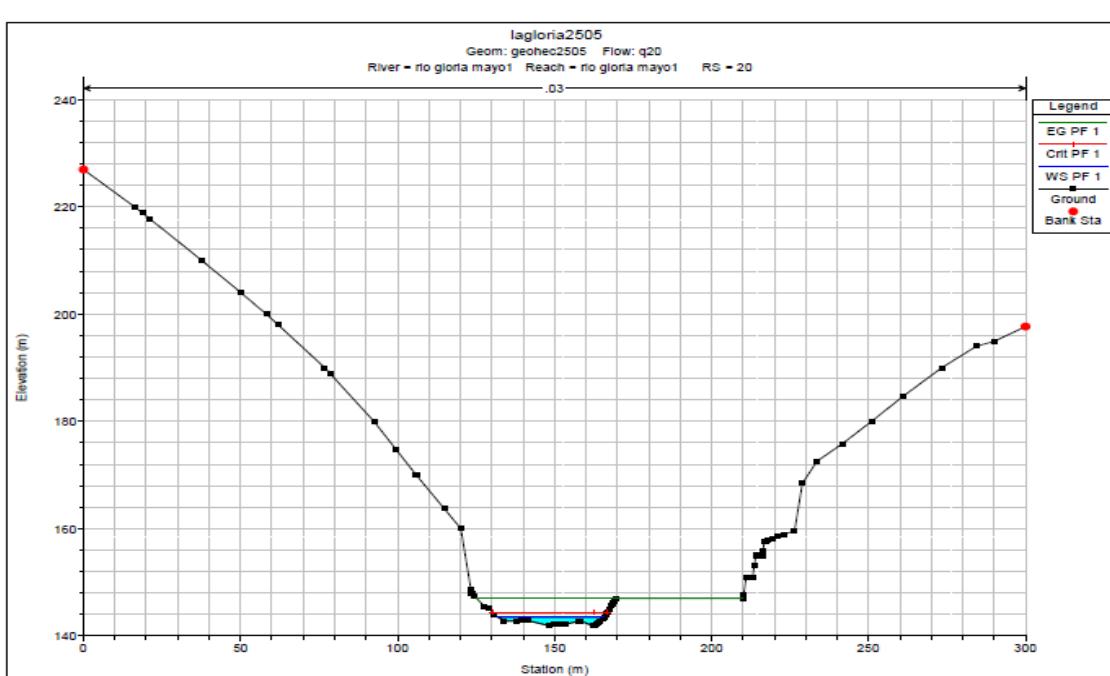










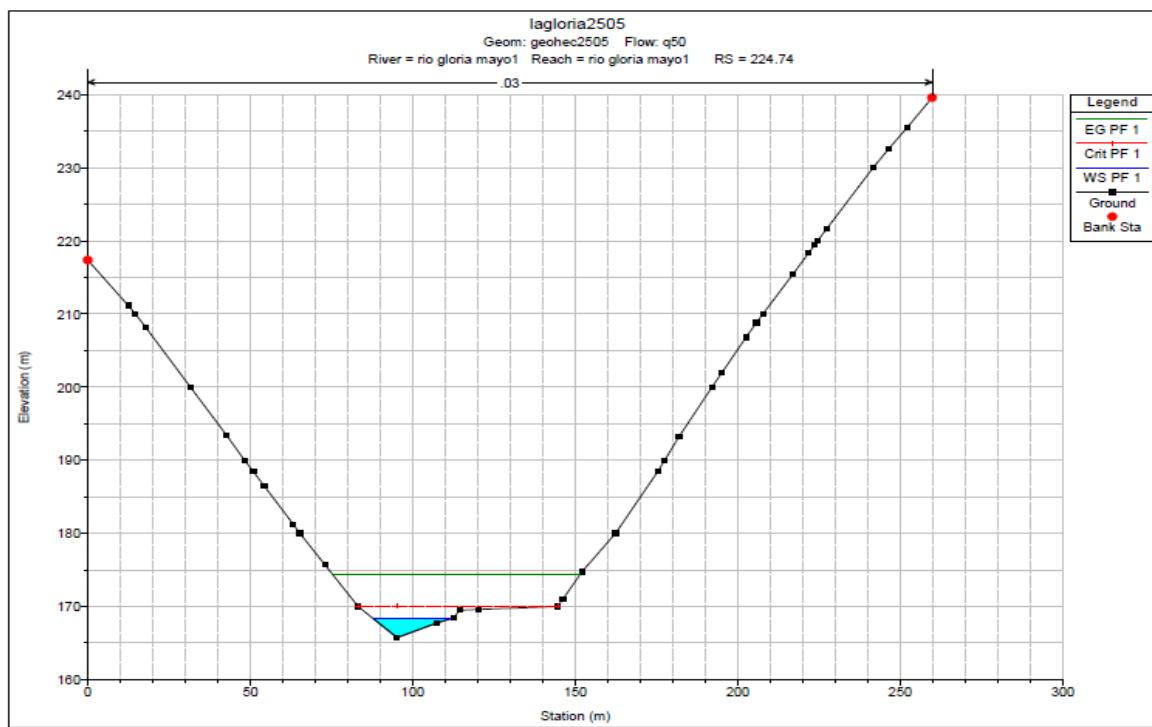
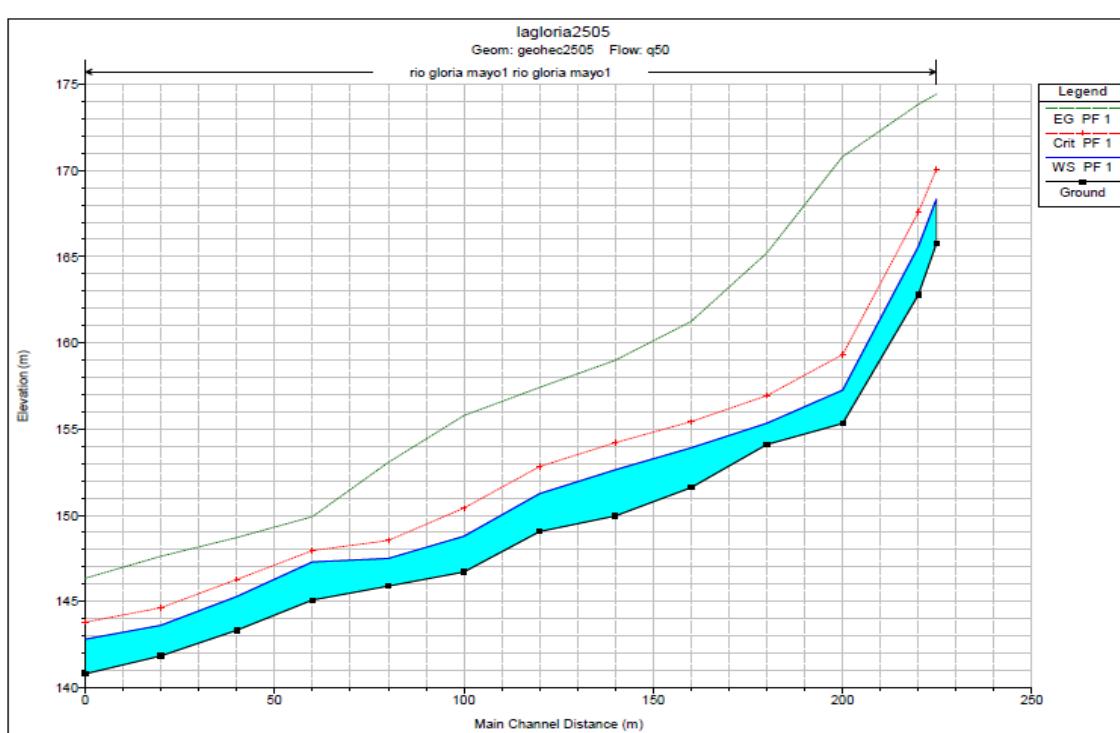


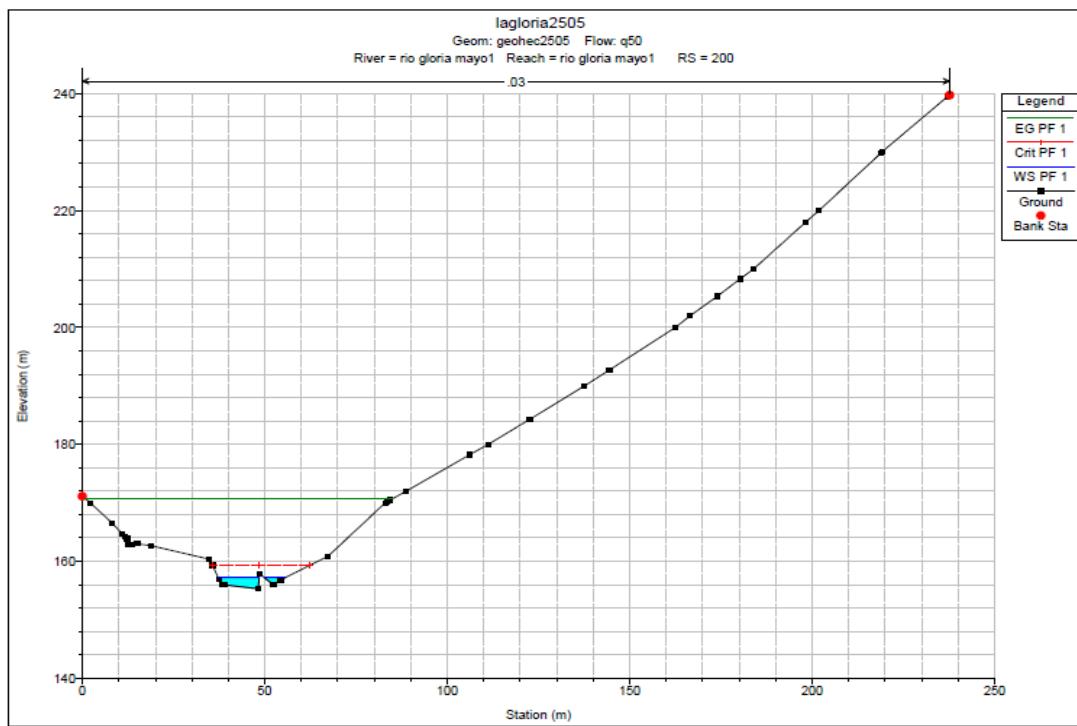
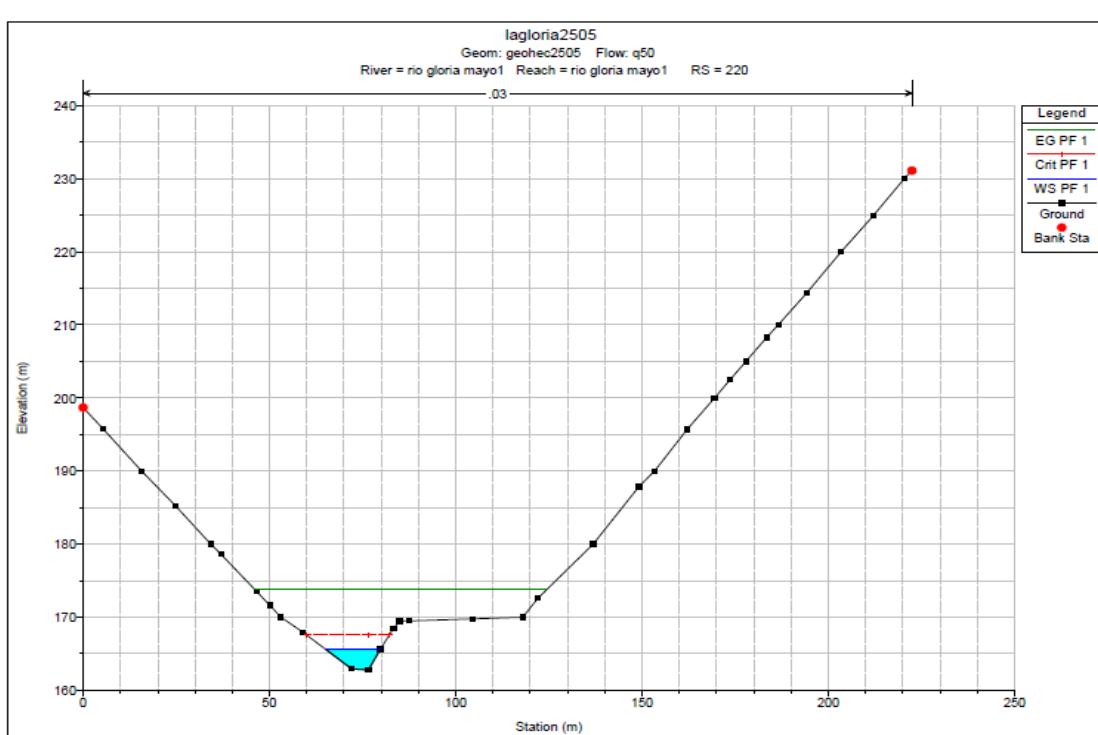


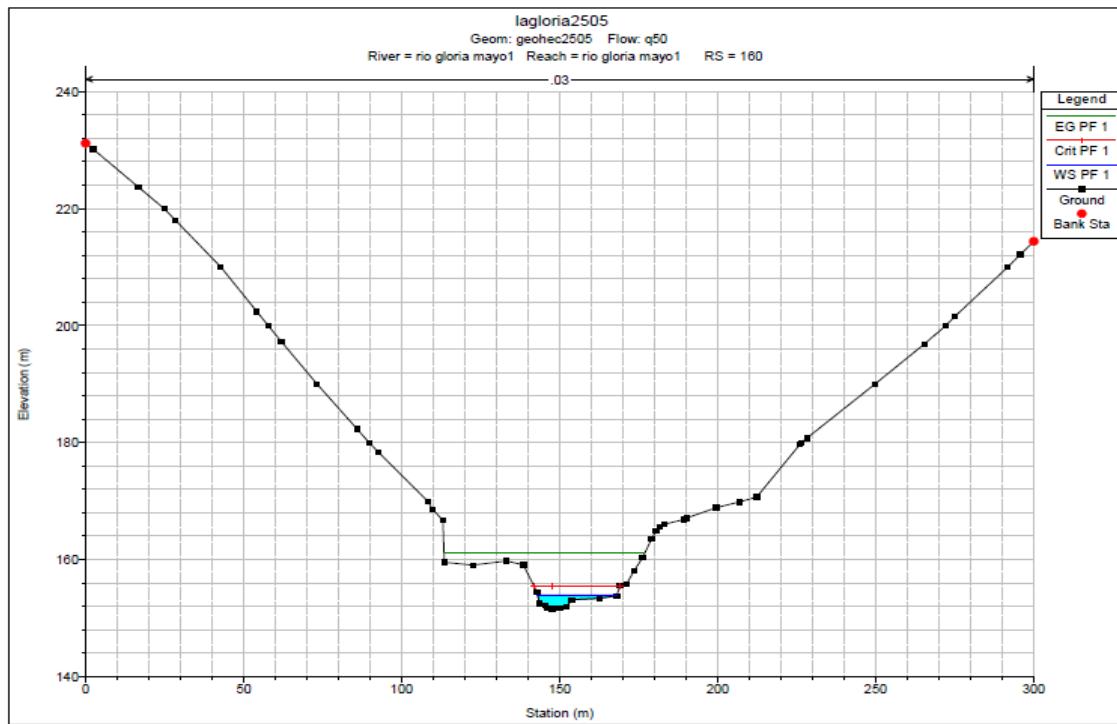
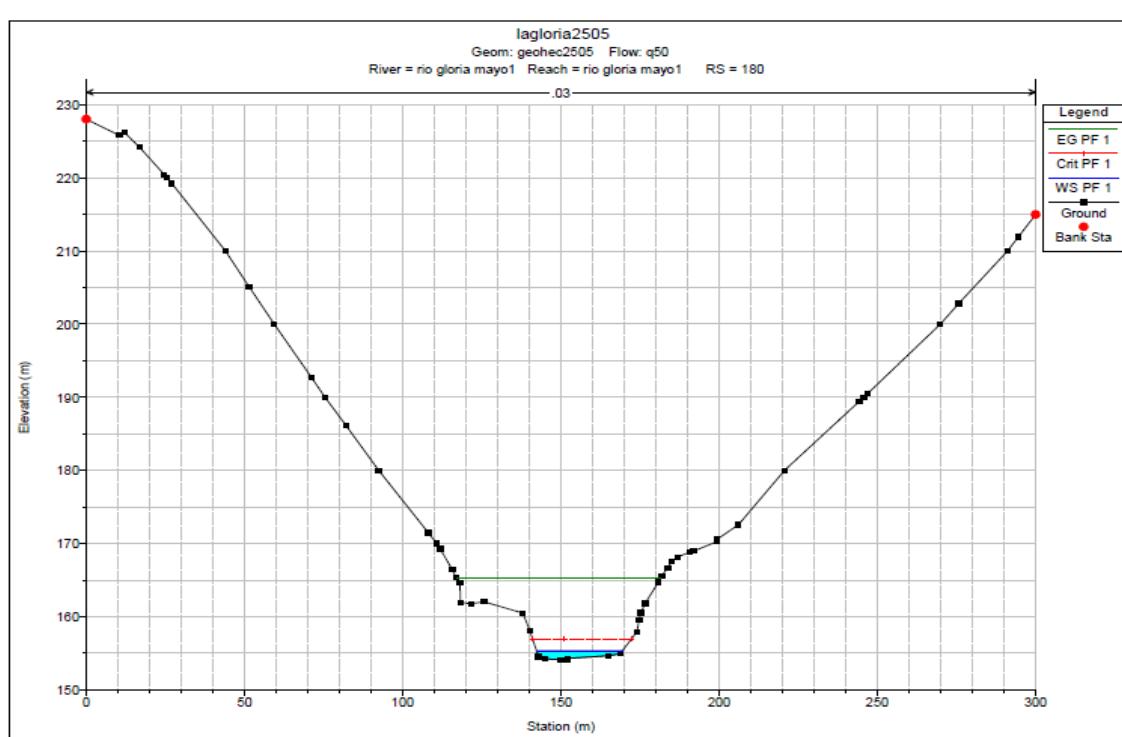
### 9.3 CAUDAL 50 AÑOS

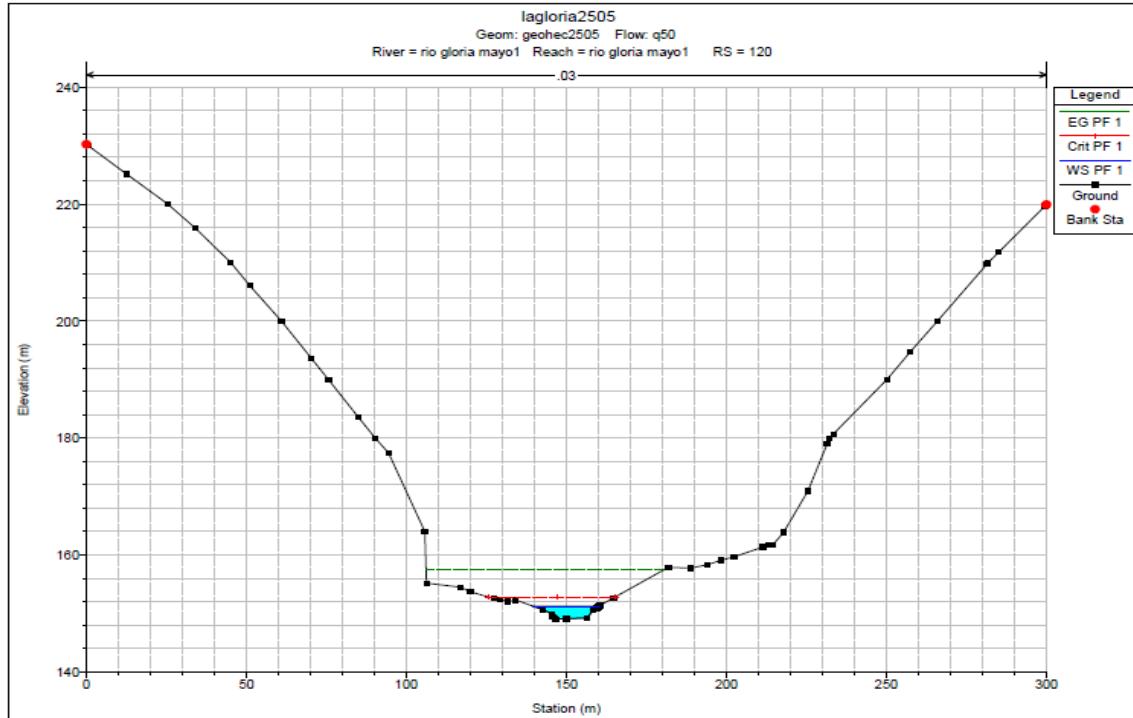
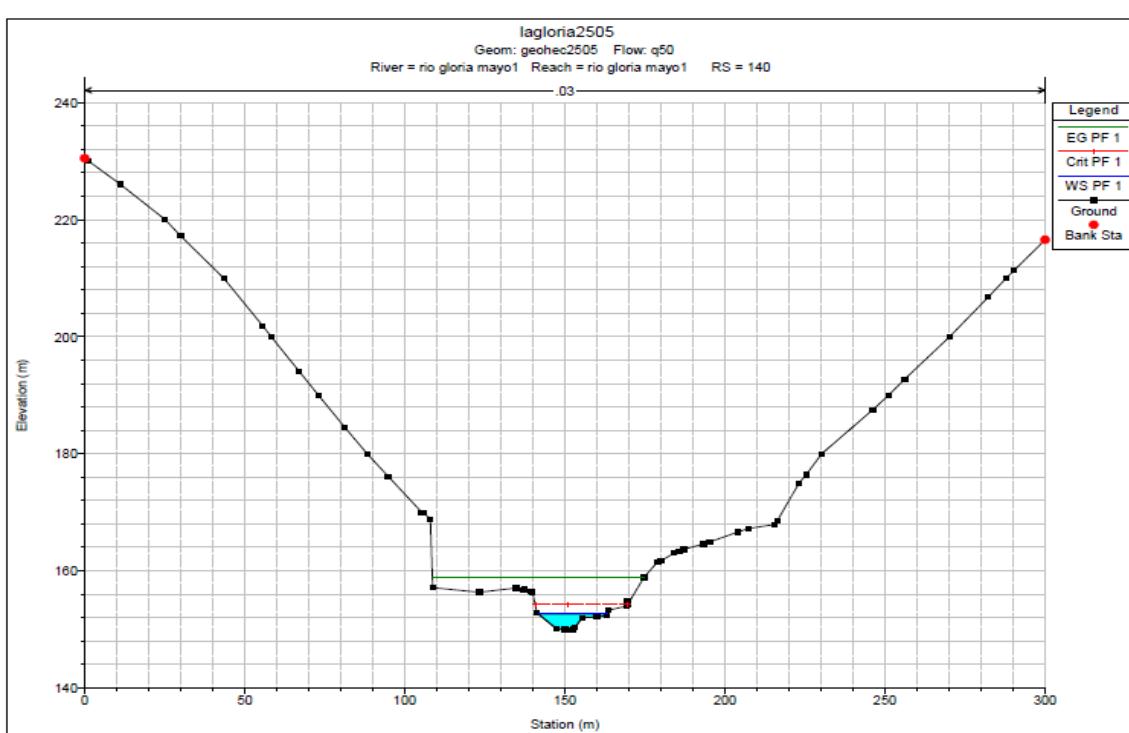
**Tabla 32. Tabla de valores Q 50**

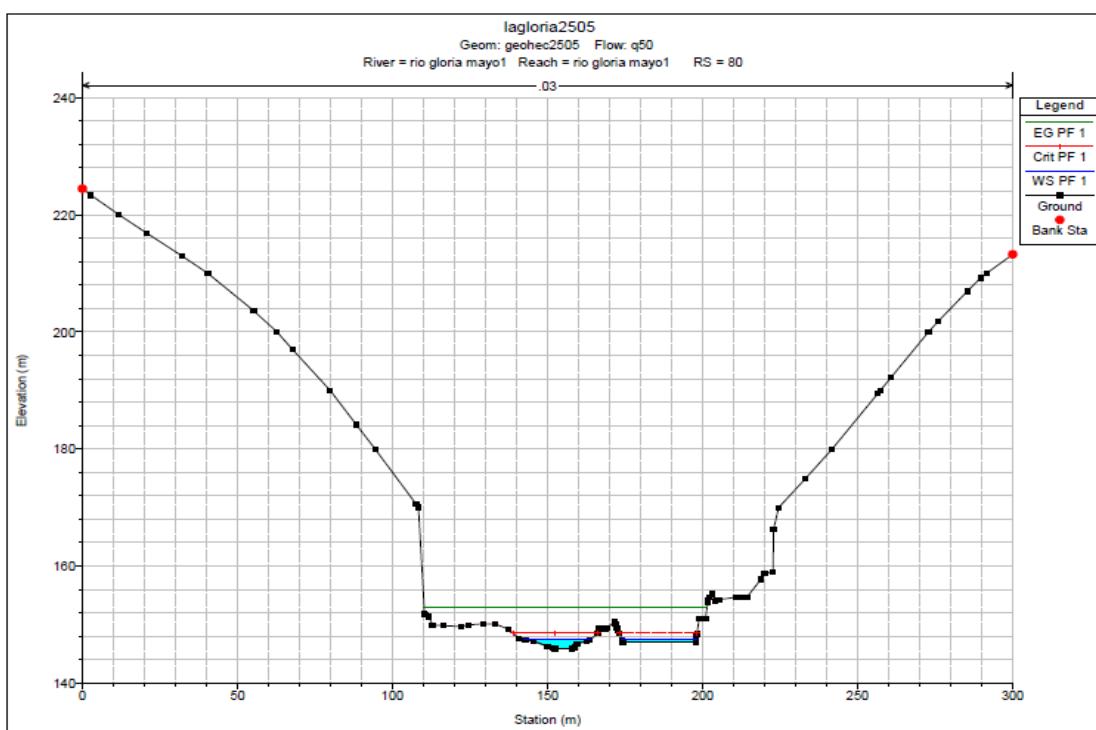
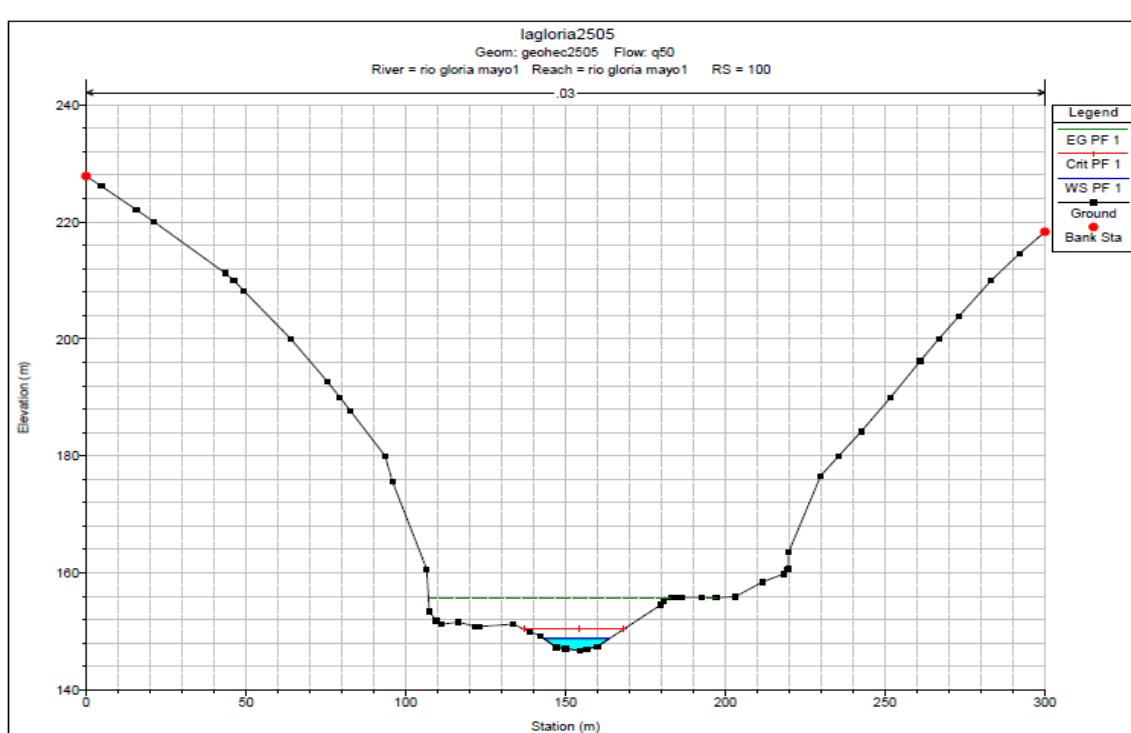
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Min Ch Hl (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (mm/m)	Vel Crit (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
no gloria mayol	324.74	PF 1	329.81	165.74	168.33	170.05	174.43	0.082130	10.93	30.17	23.99	3.11
no gloria mayol	220	PF 1	329.81	162.79	165.58	167.57	173.83	0.077453	12.72	25.92	14.57	3.05
no gloria mayol	200	PF 1	329.81	159.32	157.25	159.32	170.80	0.234878	16.35	20.23	17.10	4.79
no gloria mayol	180	PF 1	329.81	154.10	155.34	156.93	165.22	0.214378	13.92	23.69	27.08	4.75
no gloria mayol	160	PF 1	329.81	151.60	153.95	155.42	161.25	0.124214	11.99	27.50	25.02	3.65
no gloria mayol	140	PF 1	329.81	149.95	152.63	154.20	158.99	0.079526	11.16	29.54	21.45	3.04
no gloria mayol	120	PF 1	329.81	149.05	151.25	152.83	157.42	0.071777	11.00	29.98	20.66	2.92
no gloria mayol	100	PF 1	329.81	146.71	148.79	150.41	155.78	0.084102	11.72	28.13	20.48	3.19
no gloria mayol	80	PF 1	329.81	145.88	147.49	148.53	153.05	0.165775	10.45	31.57	45.63	4.01
no gloria mayol	60	PF 1	329.81	145.08	147.29	147.95	149.91	0.080902	7.18	45.93	68.83	2.81
no gloria mayol	40	PF 1	329.81	143.32	145.28	146.26	148.71	0.041066	8.20	40.22	29.25	2.23
no gloria mayol	20	PF 1	329.81	141.84	143.61	144.64	147.62	0.065910	8.87	37.17	34.37	2.72
no gloria mayol	0	PF 1	329.81	140.80	142.80	143.80	146.34	0.049811	8.33	39.59	32.22	2.40

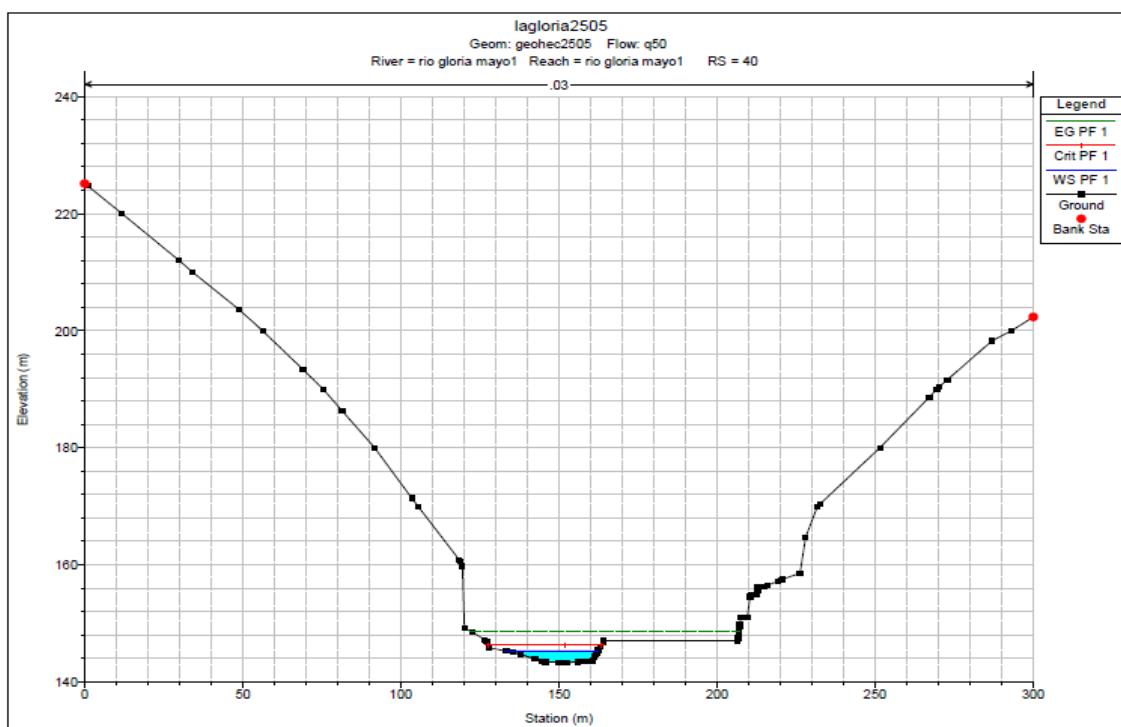
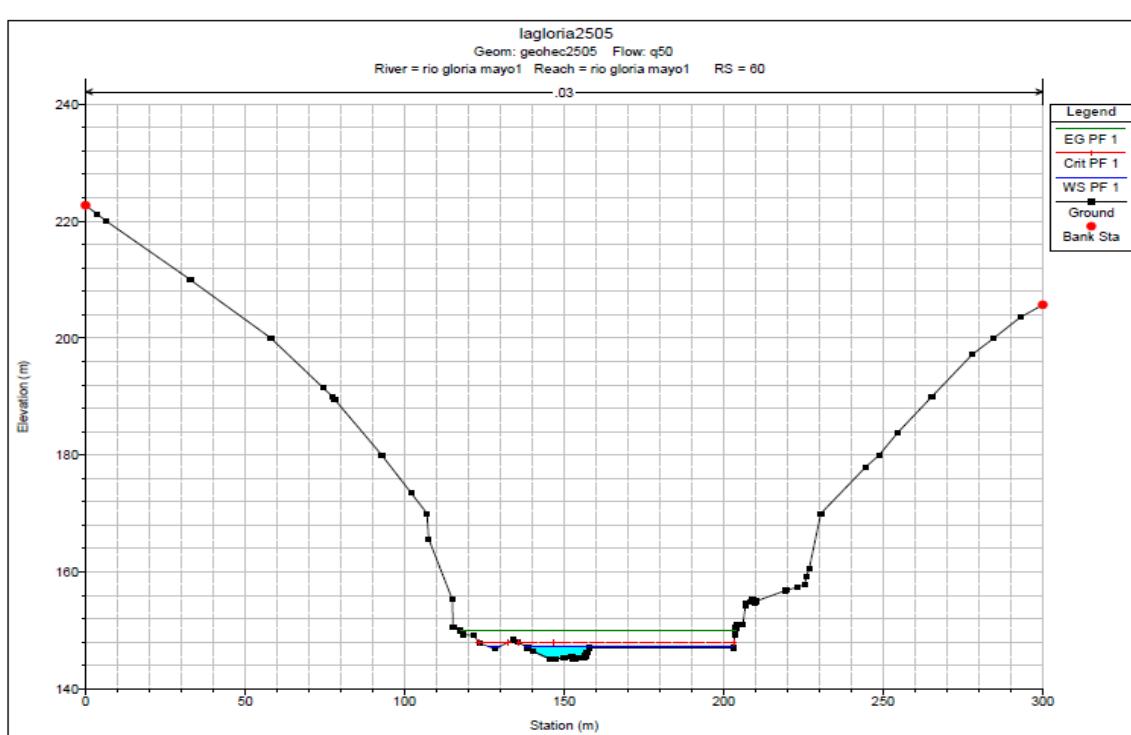


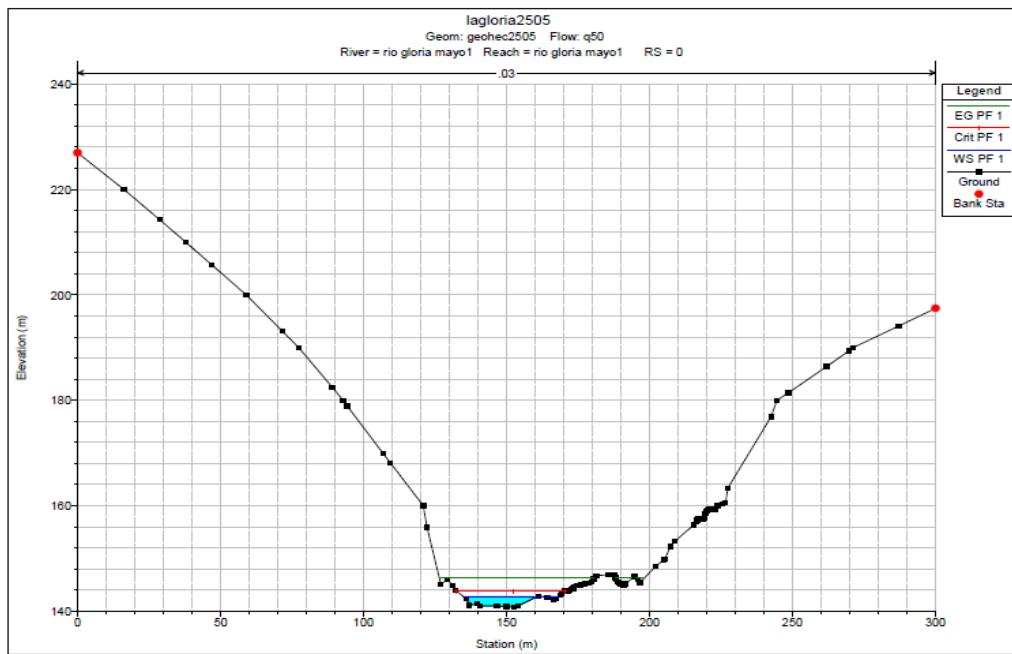
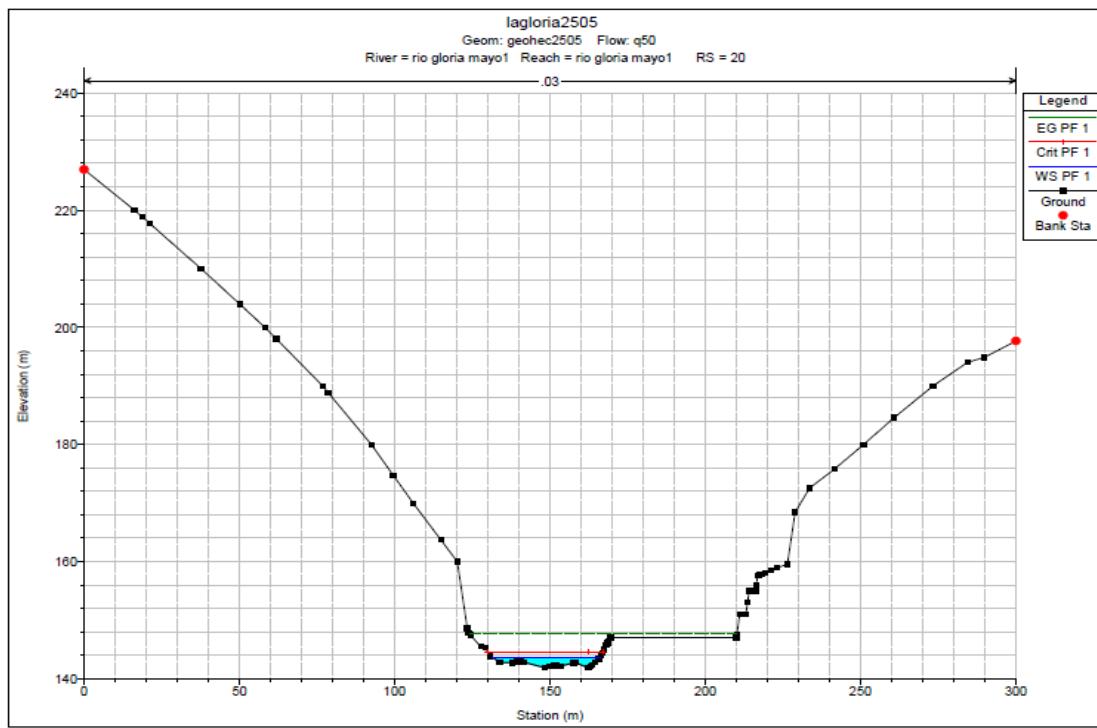














## 9.4 CAUDAL 100 AÑOS

**Tabla 33. Tabla de valores Q 100**

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chel (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
no giora mayol	224.74	PF 1	372.95	165.74	168.45	170.17	174.93	0.082096	11.28	33.07	25.10	3.14
no giora mayol	220	PF 1	372.95	162.78	165.76	167.85	174.35	0.074994	12.98	28.74	15.29	3.02
no giora mayol	200	PF 1	372.95	155.32	157.38	159.56	171.40	0.225243	16.58	22.49	17.88	4.72
no giora mayol	180	PF 1	372.95	154.10	155.45	157.13	166.05	0.208342	14.44	25.82	27.28	4.74
no giora mayol	160	PF 1	372.95	151.60	153.99	155.68	162.10	0.129823	12.61	29.57	25.11	3.71
no giora mayol	140	PF 1	372.95	149.95	152.73	154.41	159.78	0.081889	11.75	31.73	21.74	3.11
no giora mayol	120	PF 1	372.95	149.05	151.36	153.01	158.13	0.074715	11.52	32.38	21.47	3.00
no giora mayol	100	PF 1	372.95	146.71	148.89	150.63	156.46	0.084638	12.18	30.62	21.12	3.23
no giora mayol	80	PF 1	372.95	145.88	147.54	148.67	153.71	0.170759	11.00	33.91	46.33	4.11
no giora mayol	60	PF 1	372.95	145.08	147.32	148.06	150.36	0.089474	7.72	48.28	69.28	2.95
no giora mayol	40	PF 1	372.95	143.32	145.49	146.44	149.11	0.042147	8.53	43.70	30.59	2.28
no giora mayol	20	PF 1	372.95	141.84	143.71	144.82	148.02	0.054120	9.20	40.54	34.75	2.72
no giora mayol	0	PF 1	372.95	140.80	142.90	143.99	146.73	0.051252	8.67	43.04	33.74	2.45

