

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“MODELO HIDROLOGICO E HIDRAULICO EN LA SUBCUENCA DEL ARROYO
BAHIA PARA LA CARACTERIZACION DE CAUDAL EN EL CAUCE PRINCIPAL DE
LA OBRA DE TOMA PARA EL NUEVO PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA
CIUDAD DE COBIJA”**

Postulante:

Univ. Miguel Angel Alvan Lira

Univ. Luis Fernando Velez Peña

Tutor Colectivo:

Ing. José Luis Richard Manrique Sanabria

Asesor:

Ing. Roberto Bejarano Heredia

COBIJA – PANDO – BOLIVIA
2019

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradecer a nuestro Dios todo poderoso que siempre está con nosotros en nuestras decisiones que tomamos en la vida.

A nuestra casa superior de estudios UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO, por contar con profesionales capacitados como docentes y guías que contribuyen al proceso enseñanza – aprendizaje de los futuros profesionales de la carrera de Ingeniería Civil.

A nuestro asesor el Ing. Roberto Bejarano por ser quien nos dio la idea y motivación para realizar la tesis, asimismo, al Ing. Mirco Ulloa quien ha contribuido con sus conocimientos sobre la Hidrología que ha sido de suma importancia en la investigación.

DEDICATORIA:

Univ. Miguel Angel Alvan Lira

Esta tesis, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que me acompañaron en el recorrido laborioso de este trabajo y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación.

Primero y antes que todo, le dedico esta tesis a Dios por ser mi guía espiritual que me conduce siempre hacia el camino del bien y el éxito. Y por darme la conformidad de tener a mis padres con vida y mucha salud. Al igual que todas esas personas que me apoyaron y confiaron en mí. A mis padres, quienes a lo largo de mi vida se han preocupado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento depositando su confianza en cada reto que se me presenta sin dudar un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

A la Universidad Amazónica de Pando, en cuyas aulas logré mi formación profesional y humana. También a su personal docente por su calidad educativa y profesional que guiaron mi aprendizaje.

Mil veces gracias

DEDICATORIA:

Univ. Luis Fernando Velez Peña

En la vida, sino tienes personas que te quieren y apoyen es muy difícil cumplir con tus objetivos. Es por ello que les debo tanto a mis Abuelos Demetrio Velez Ejuro y Mari Idagua Carrillo a quienes les dedico el presente trabajo.

RESUMEN GENERAL

HIDROLOGIA

El presente documento contiene la información de un Modelo Hidrológico e Hidráulico en la cuenca del arroyo Bahía para la caracterización de caudal en el cauce principal de la obra de toma para el nuevo proyecto de agua potable en la ciudad de Cobija.

Para ello, se ha considerado datos de precipitación oficiales de AASANA, SENNAMHI, de Cobija-Pando, datos de las estaciones de BRASIL y datos virtuales de la estación satélite Nasa Giovanni, se ha logrado rellenar la estación base con la cual obtuvimos precipitaciones mensuales, anuales y 24 hrs. Máximas diarias, mediante ecuaciones y métodos estadísticos probabilísticos de la hidrología.

Formando así las curvas de Intensidad Duración y Frecuencia y transformar las precipitaciones en esorrentía, la elaboración de Hietograma de diseño por el método de bloques alternos a través del modelo matemático HEC-HMS obteniendo como resultado los caudales de diseño para los periodos de retorno 2, 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Con el softwar ArcMap ArcGis versión 10.3, se delimito la zona de estudio, geomorfología de la cuenca, mapas temáticos, la precipitación promedia dentro de la cuenca, las curvas isoyetas y el polígono de Thiessen.

HIDRAULICA

Para el Modelo Hidráulico se hizo un reconocimiento de campo, por lo que se obtuvo puntos topográficos para generar las curvas de nivel con la estación total solicitada del laboratorio del área de la carrera de Ingeniería Civil.

Para obtener las secciones transversales del cauce principal, se ha considerado cada 10 metros aguas arribas y aguas abajo, asimismo, para describir las características físicas del canal del arroyo Bahía, como velocidad, pendientes, profundidad, caudal, cotas de agua y los

números de Froude de cada sección que nos indica el tipo de flujo que presenta el caudal, lo que da como resultado un flujo subcrítico lento.

Índice de Contenidos

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 HIPÓTESIS GENERAL	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivo específico	4
1.4 JUSTIFICACIÓN	5
1.5 METODOLOGÍA	5
1.6 ALCANCES	7
CAPÍTULO II	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 HIDROLOGÍA	9
2.1.1 El Ciclo Hidrológico	9
2.2 CUENCA HIDROGRÁFICA	9
2.2.1 Delimitación de una cuenca	9
2.2.2 Superficie de la Cuenca	10
2.2.3 Perímetro de la cuenca (P)	10
2.2.4 Características físicas de las Cuencas	11
2.2.5 Topografía	11
2.3 PRECIPITACIÓN	12
2.3.1 Cálculo de la precipitación media	12
2.3.2 Polígonos de Thiessen	13
2.3.3 Evaluación de la información hidrológica	14
2.3.4 Caracterización hidrográfica del área de estudio	14
2.3.5 Periodo de retorno	15
2.3.6 Análisis estadístico de datos hidrológicos	16
2.4 FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD USADAS EN HIDROLOGÍA	16
2.4.1 Distribución Normal	16
2.4.2 Distribución Log Normal	17
2.4.3 Distribución Log Pearson tipo III	17
2.4.4 Distribución Gumbel o de valores extremos tipo I	18
2.4.5 Distribución de probabilidad Log Gumbel	18
2.5 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE	19
2.5.1 Kolmogorov – Smirnov	19
2.6 TORMENTA DE DISEÑO	22
2.6.1 Determinación de la tormenta de diseño	22
2.6.2 Curvas de intensidad, duración y frecuencia	23
2.6.3 Tiempo de concentración	26
2.6.4 Hietograma de diseño	27
2.6.5 Exceso de precipitación y escorrentía directa	29
2.6.6 Coeficiente de escorrentía	30

2.6.7	Método SCS para pérdidas	31
2.7	ESTIMACIÓN DE CAUDALES.....	34
2.7.1	Método del hidrograma unitario.....	35
2.7.2	Hidrogramas sintéticos	35
2.7.3	Hidrograma sintético unitario triangular	35
2.8	MODELO HIDROLÓGICO	37
2.8.1	Modelo Matemático	37
2.8.2	Tipos de Modelos Matemáticos de Cuencas.....	38
2.8.3	Modelo Probabilístico	38
2.8.4	Modelo Determinista.....	39
2.8.5	Sistema de modelamiento hidrológico (HEC- HMS).....	39
2.9	HIDRÁULICA	40
2.9.1	Movilidad Fluvial.....	40
2.9.2	Conductos abiertos	41
2.9.3	Propiedades geométricas de la sección transversal	42
2.9.4	Distribución de velocidades en una sección de canal.....	44
2.9.5	Selección del coeficiente de rugosidad de Manning	45
2.10	TIPOS DE FLUJO EN CANALES HIDRÁULICOS	46
2.10.1	Descripción general de los canales Hidráulicos.....	46
2.10.2	Clases de Canales abiertos.....	47
2.10.3	Tipos de flujo en canales abiertos	47
2.10.4	Flujo permanente y flujo no permanente.....	48
2.10.5	Flujo uniforme y flujo variado	48
2.10.6	Estados de Flujo	49
CAPÍTULO III		51
3.	MARCO PRÁCTICO.....	51
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	51
3.2	INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA E IMÁGENES SATELITALES	51
3.2.1	Delimitación de la cuenca.....	52
3.2.2	Información pluviométrica	52
3.3	MÉTODOS	58
3.3.1	Hidrología	58
3.3.2	Modelo hidrológico	60
3.3.3	Trabajo de campo	68
3.3.4	Descripción detallada del equipo	68
3.3.5	Instalación de la estación meteorológica	69
3.3.6	Ubicación satelital del equipo	69
3.4	HIDRÁULICO	70
3.4.1	Topografía.....	70
3.4.2	Materiales, equipos y programas de cómputo.....	71
3.4.3	Aforos	71
3.4.4	Modelamiento Hidráulico	77
3.4.5	Procesos del levantamiento topográfico	77
3.4.6	Elaboración de la rugosidad de Manning	77
3.4.7	Calculo de la pendiente.....	77
3.4.8	Modelamiento Hidráulico en HEC-RAS 5.0.4	77
3.4.9	Flujograma	80
CAPÍTULO IV		81
4.	CÁLCULOS Y RESULTADOS	81

4.1	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	81
4.1.1	Características de la cuenca del Arroyo Bahía – Pichigo.....	86
4.1.2	Cálculo del CN.....	101
4.1.3	Cálculo de tiempo de concentración.....	119
4.1.4	Cálculo de lluvia máxima diaria.....	121
4.1.5	Modelamiento Hidrológico con Hec – Hms.....	122
4.1.6	Resultados de la modelación hidrológica.....	122
4.2	MODELAMIENTO HIDRÁULICO.....	128
4.2.1	Topografía.....	128
4.2.2	Generar las secciones transversales.....	129
4.2.3	Uso del modelo Hec-Ras versión 5.0.4.....	131
4.2.4	Caudales medios ponderados para distintos periodos de retornos.....	133
4.2.5	Pendiente del río.....	133
4.2.6	Ejecución del plan para el respectivo cálculo de la simulación.....	134
4.2.7	Secciones transversales del arroyo Bahía en Hec-Ras.....	135
4.2.8	Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 2 años.....	148
4.2.9	Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 5 años.....	149
4.2.10	Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 10 años.....	150
4.2.11	Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 25 años.....	150
4.2.12	Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 50 años.....	152
4.2.13	Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 100 años.....	153
4.2.14	Perfiles del arroyo Bahía.....	154
4.2.15	Vista del arroyo Bahía en 3D.....	155
4.2.16	Tablas de resultados de la simulación.....	158
4.2.17	Aforos en el arroyo Bahía.....	175
6.	ANEXOS.....	183
	ANEXO A. “DESARROLLO DEL MODELAMIENTO HIDROLÓGICO CON EL SOFTWARE HEC-HMS E HIDRÁULICO PARA LA CUENCA DEL ARROYO BAHIA – PICHIGO”.....	183
	ANEXO B HIDRAULICO.....	265
	ANEXO C: “FOTOGRAFÍAS DE AFOROS EN EL ARROYO BAHIA”.....	267

Índice de Figuras

Figura 2-1 Delimitación de la cuenca.....	10
Figura 2-2 Curva Hipsométrica.....	12
Figura 2-3 Obtención del polígono de Thiessen.....	14
Figura 2-4 Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia (I-D-F).....	24
Figura 2-5 Hietograma de diseño.....	29
Figura 2-6 Solución de las ecuaciones de escorrentía.....	32
Figura 2-7 Hidrograma unitario triangular del SCS.....	37
Figura 2-8 Zona de trabajo del HEC-HMS.....	40
Figura 2-9 Lecho rígido y lecho móvil.....	41
Figura 2-10 Canal natural de río.....	42
Figura 2-11 Parámetros de la sección transversal de un canal.....	42
Figura 2-12 Parámetros de la sección transversal de un canal.....	43
Figura 2-13 Distribución de velocidades en un canal rectangular.....	44
Figura 2-14 Curvas comunes de igual velocidad en diferentes secciones de canal.....	44
Figura 2-15 Efecto de la rugosidad en la distribución de velocidades en un canal abierto.....	45
Figura 2-16 Comparación entre flujo en tuberías y flujo en canales abiertos.....	47
Figura 2-17 Diferentes tipos de flujo en canales abiertos F.G.V= flujo gradualmente variado. F.R.V= flujo rápidamente variado.....	49
Figura 3-1 Imágenes modelo de elevación digital (DEM).....	51
Figura 3-2 Diagrama de flujo modelo hidrológico.....	58
Figura 3-3 Muestra la descripción del equipo.....	68
Figura 3-4 Fotografías de la instalación del equipo.....	69
Figura 3-5 Ubicación satelital del equipo.....	69
Figura 3-6 Proceso de levantamiento topográfico en la zona de estudio arroyo Bahía.....	70
Figura 3-7 Zona de estudio club Pichigo obra de toma arroyo Bahía.....	71
Figura 3-8 Descripción del equipo usado en este estudio.....	72
Figura 3-9 Método del molinete para caudales.....	74
Figura 3-10 palos de balsa para obtener la velocidad de la sección.....	75
Figura 3-11 Método del flotador para caudales.....	76
Figura 3-12 Flujograma del modelamiento hidráulico.....	80
Figura 4-1 Ubicación cartográfica de la cuenca del Arroyo Bahía - Pichigo.....	81
Figura 4-2 se muestra la delimitación de la cuenca Bahía.....	82
Figura 4-3 Subcuencas del Arroyo Bahía.....	83
Figura 4-4 Número de orden de la subcuenca del arroyo Bahia.....	84
Figura 4-5 Curva Hipsométrica de la cuenca Bahía - Pichigo.....	88
Figura 4-6 Polígonos de Frecuencia Altimétricas.....	90
Figura 4-7 Distribución Log Pearson tipo III para los distintos periodos estación AASANA.....	97
Figura 4-8 Distribución Log Pearson tipo III para los distintos periodos estación EPITACIOLANDIA.....	98
Figura 4-9 Distribución Log Pearson tipo III para los distintos periodos estación Floresta.....	99
Figura 4-10 Distribución Log Pearson tipo III para los distintos periodos estación PORVENIR..	100

Figura 4-11 Intensidad, Duración y Frecuencia.	103
Figura 4-12 Curvas de nivel en la zona de estudio del arroyo Bahía.....	129
Figura 4-13 Caudales para distintos periodos de retornó en Hec-Ras	133
Figura 4-14 Las pendientes en la sección del arroyo Bahía.....	134
Figura 4-15 Perfil del arroyo Bahía en 3D con periodo de retorno de 25 años.....	157
Figura 6-1 Intensidad, Duración y Frecuencia.	244

Índice de Tablas

Tabla 2-1 Escalas recomendadas para interpretación de planos	15
Tabla 2-2 Valores críticos para la prueba de Kolmogórov-Smirnov	21
Tabla 2-3 Relación de intensidad duración y frecuencia (I-D -F).....	25
Tabla 2-4 Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración	26
Tabla 2-5 Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, Ia = 0.2s).....	33
Tabla 2-6 Valores del coeficiente de rugosidad Manning	46
Tabla 3-1 Ubicación de las estaciones meteorológicas.	52
Tabla 3-2 AASANA Precipitación mensuales 24 hrs. Max (mm)	53
Tabla 3-3 Epitaciolandia precipitación mensual 24 hrs. Max (mm).	54
Tabla 3-4 Brasilea precipitación mensual 24 hrs. Max (mm).	55
Tabla 3-5 Floresta precipitación mensual 24 hrs. Max (mm).	56
Tabla 3-6 Porvenir precipitación mensual 24 hrs. Max (mm).	57
Tabla 4-1 Área de Sub cuencas del Arroyo Bahía – Pichigo	86
Tabla 4-2 Atributos de la Cuenca Bahía – Pichigo.....	87
Tabla 4-3 Áreas parciales entre curvas de nivel cuenca Bahía – Pichigo	89
Tabla 4-4 Parámetros Geomorfológicos de la cuenca Bahía – Pichigo	89
Tabla 4-5 Resultados de distribución de probabilidad de la estación AASANA	91
Tabla 4-6 Prueba de ajuste Kolmogorov – Smirnov estación AASANA.....	93
Tabla 4-7 Prueba de ajuste Kolmogorov – Smirnov estación EPITACIOLANDIA	94
Tabla 4-8 Prueba de ajuste Kolmogorov – Smirnov estación FLORESTA	95
Tabla 4-9 Prueba de ajuste Kolmogorov – Smirnov estación PORVENIR	96
Tabla 4-10 Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias	101
Tabla 4-11 Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias	101
Tabla 4-12 Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias	102
Tabla 4-13 <i>Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias</i>	102
Tabla 4-14 Precipitación Duración de lluvia y Frecuencia.	103
Tabla 4-15 Regresiones para cada periodo de retorno	104
Tabla 4-16 Resumen de aplicación de regresión potencial	107
Tabla 4-17 Regresión potencial.....	107
Tabla 4-18 Estación Base Curva I-D-F para la cuenca Bahía-distribuida mediante Thiessen	108
Tabla 4-19 Estación “Base Combinada “Hietograma de Precipitaciones para distintos periodos de Retornos dentro de la cuenca	109
Tabla 4-20 Se muestra la cobertura de uso de suelo de cuenca Bahia – Pichigo.	117
Tabla 4-21 Se muestra el promedio ponderado del “CN” de la cuenca Bahía – Pichigo	118
Tabla 4-22 Numero de curva para las subcuencas	118
Tabla 4-23 Numero de curva para las subcuencas	119
Tabla 4-24 Tiempo de concentración de las subcuencas	120
Tabla 4-25 Tiempo de retardo de las subcuencas	121
Tabla 4-26 Tabla de Hidrogramas de caudales del Hec-Hms	123

Tabla 4-27	Caudales máximo de diseño para distintos periodos de retorno	125
Tabla 4-28	Rugosidad del canal natural arroyo Bahia	131
Tabla 4-29	Caudales del modelo matemático Hec-Hms.....	133
Tabla 4-30	Profundidades simuladas para cada periodo de retorno en Hec-Ras 5.0.4.....	158
Tabla 4-31	Datos de los perfil de cada sección	163
Tabla 4-32	Caudales medios mensuales	
		175
Tabla 4-33	caudales máximos y mínimos	
Tabla 4-34	Análisis de probabilidad del consumo de agua.....	177

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El Municipio de Cobija está ubicado dentro de la cuenca tri-nacional del Río Acre, que abarca un poco más de 30.000 km² de la superficie de Bolivia, Brasil y Perú. El 42,3% de la ciudad de Cobija se encuentra dentro de la cuenca del arroyo Bahía, aunque el Río Acre tiene el mayor caudal de los recursos hídricos que rodean la ciudad. El Arroyo Bahía, ubicado en los municipios de Cobija y Porvenir en el departamento de Pando, se constituye en la fuente principal de agua para los 74.550 habitantes de Cobija según el censo oficial de 2019.

La cuenca del Arroyo Bahía se ubica entre las coordenadas geográficas 11°01'08" - 11°12'45" de latitud Sur y 68° 41'35" - 68° 49'25" de longitud Oeste. La altura promedio de la subcuenca es de 250 msnm esta cuenca transfronteriza que pertenece a la gran cuenca de las amazonas está conformada por cinco subcuenca, baja del Bahía, media del Bahía, alta del Bahía, Floresta y Shiboya. (Hidrogeología del arroyo Bahía cobija-pando pag 7).

El estudio de investigación tiene como objetivo general modelar hidráulicamente el arroyo Bahía para ubicar los puntos críticos y así poder diseñar la mejor solución de defensa ribereña. Los objetivos específicos son: definir la geometría del arroyo Bahía para un tramo de 460.14 metros, a través del levantamiento topográfico, analizar la hidrología para determinar los caudales máximos a diferentes periodos de retorno, formular el modelo hidráulico en HEC-RAS.

La estructura de la tesis desarrollada se resume en los siguientes capítulos:

En el Capítulo 1. Planteamiento del problema, el problema que da inicio al estudio, se definen los objetivos generales y específicos.

En el Capítulo 2. Describe la recopilación de antecedentes, investigaciones previas y consideraciones técnicas del modelo hidrológico e hidráulico por donde se sustenta la investigación.

En el Capítulo 3. Describe la ubicación y extensión de la zona de estudio, los parámetros básicos de diseño del modelo hidrológico e hidráulico, proceso de trabajo en campo y gabinete, caracterización de la simulación del modelo probabilístico.

En el Capítulo 4. Muestra los cálculos y resultado del análisis de muestras puntuales de los parámetros calculados mediante el modelamiento hidrológico e hidráulico.

En el Capítulo 5. Propone las conclusiones explícitas y recomendaciones del presente proyecto.

En el Capítulo 6, propone anexos complementarios del documento.

1.1 Planteamiento del problema

El Departamento Pando en la provincia Nicolás Suárez del Municipio de Cobija, cuenta con una cuenca denominada arroyo Bahía, la cual es de suma importancia para la población cobijeña, pues representa la fuente principal para el abastecimiento de agua potable.

En la actualidad, no se tiene un registro de caudales o estudios a fondo de la cuenca y sus características geomorfológicas actualizadas, por lo que se considera un estudio de relevancia ya que la misma cuenca, es la fuente principal para dotar agua potable a la población en general las 24 horas al día. La empresa responsable de abastecimiento de agua potable, no hay estudios realizados referentes a las características de la cuenca Bahía - Pichigo, como ser geomorfología, delimitación, aforos de caudales anuales, monitoreo climáticos, asimismo, no cuenta con equipos de estaciones meteorológicas dentro de la cuenca.

Por lo que, se ha optado realizar un modelo hidrológico que pronostique con un porcentaje de certeza aceptable el caudal de escurrimiento para distintos periodos de retorno, que asegure la cantidad de recurso hídrico que se podrá cuantificar en el punto de control. Así mismo, un modelo hidráulico que determine el comportamiento del arroyo Bahía. (Obra de toma).

1.2 Hipótesis general

Se espera que, en base a la respectiva recopilación de información de datos oficiales de precipitaciones, de las estaciones meteorológicas próximas a la zona de estudio, se pueda obtener una estación base geo procesadas con datos de 20 años de registros de precipitación para predecir el comportamiento hidrológico de la cuenca Bahía – Pichigo. Asimismo transformar estas precipitaciones a escorrentías superficiales para distintos periodos de retorno, generando un modelo probabilístico.

Se espera que a través del modelo probabilístico, se logre procesar y ajustar los caudales, generando la simulación del arroyo Bahía que se adapten a una aproximación real al comportamiento natural más aceptable según la topografía del terreno, logrando un modelo hidráulico de predicción de las características físicas a futuras del cauce, pronosticando los niveles de profundidad, velocidad en distintos periodos de retorno.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Generar un Modelo Hidrológico e Hidráulico para distintos periodos de retorno y conocer el comportamiento de la cuenca del arroyo **Bahía - Pichigo**, mediante el uso de software especializado en hidrología e hidráulica.

1.3.2 Objetivo específico

1. Realizar un análisis de precipitación diaria con información oficial de las estaciones meteorológicas SENAMHI, AASANA de Cobija-Pando y de las estaciones cercanas del país Brasil.
2. Medir a lo largo de un año hidrológico el caudal del arroyo Bahía, y la precipitación dentro de la cuenca.
3. Determinar las características hidrográficas de la cuenca Bahía-Pichigo y generar mapas temáticos relacionados a la caracterización, geomorfológica mediante el software ArcGis.
4. Determinar el perfil de la superficie longitudinal del cauce, para el tramo en la zona de estudio considerando para ellos la utilización de las 42 secciones transversales distribuidas cada 10 m perpendiculares a la línea del cauce principal del arroyo Bahía, que hace un total de 460.14 m lineales de estudio aguas arriba y aguas abajo de la obra de toma. en software **HEC-RAS**.

1.4 Justificación

El municipio de Cobija no cuenta con un estudio de un modelo Hidrológico e Hidráulico de la cuenca del arroyo Bahía-Pichigo, que pueda permitir con exactitud y brindar información de datos actuales como la precipitación de diseño, el caudal de aporte en el cauce principal, sección transversal, perfil del canal, la geomorfología y características físicas de la cuenca.

Por lo tanto, se plantea obtener un modelo Hidrológico e Hidráulico que pueda generar caudales para distintos periodos de retorno, ya que con esta información será de gran utilidad en la obra de toma, principalmente la cantidad de caudal que será trasladada hacia la nueva planta de tratamiento de agua potable, que por ende, será un beneficio para EPSA en la toma de decisiones para brindar un mejor servicio ya que es una empresa de administración y prestación directa de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario de la ciudad de Cobija.

Por consiguiente, en la actualidad las aguas del arroyo Bahía son fuente principal de consumo humano que abastece a la ciudad de Cobija, es por eso la importancia del presente estudio de investigación, es lograr obtener parámetros y valores verdaderos que serán de gran beneficio para la ciudadanía en general.

Asimismo, la recopilación de datos obtenidos es de importancia en esta trabajo de investigación serán indicios para nuevos estudios de investigaciones relacionadas con el modelo hidrológico e hidráulico de la cuenca del arroyo Bahía – Pichigo.

1.5 Metodología

En el presente estudio de investigación se realizarán actividades que se describen por fase, lo que permitirá concretar los objetivos planteados de manera sistematizada y organizada que logren los resultados esperados, por lo que, se detallan a continuación:

Fase 1: Trabajos iniciales

- ✓ Realizar un análisis de precipitación diaria con información oficial existente de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas SENAMHI, AASANA de Cobija-Pando, estaciones del vecino país Brasil y dos estaciones virtuales del satélite Giovanni
- ✓ Búsqueda de cartografía actualizada de 8 bandas o 11 bandas, existente de la cuenca hidrográfica del arroyo Bahía.

Fase 2: Recolección de datos en campo

- ✓ Recorrido y reconocimiento del terreno en nuestro punto de interés, la cual será la nueva obra de toma del canal principal en el Arroyo Bahía.
- ✓ Obteniendo puntos topográficos de la obra de toma, aguas arriba y aguas abajo para determinar las secciones y pendientes del canal natural.
- ✓ Por lo consiguiente obtendremos los caudales aforando un año hidrológico. En una sección dada dentro del arroyo Bahía con el método Aforos con flotadores o Aforos con molinete (o correntómetro), época de crecidas y estiaje respectivamente como resultado tendremos el comportamiento del arroyo.
- ✓ Estimar un coeficiente de Manning mediante el tipo de vegetación, suelo del arroyo Bahía para calcular los caudales mediante la tabla de Ven Te Chow.

Fase 3: Análisis y procesamiento de la información en gabinete

- ✓ Recopilados todos los datos oficiales de precipitación en SENAMHI, AASANA de Cobija-Pando, y estaciones del vecino país Brasil y de dos estaciones virtuales de la Nasa satélite Giovanni, datos de campo y las imágenes de 8 o 11 bandas.
- ✓ Delimitar la cuenca y sus sub cuencas, la geomorfológica de la cuenca, mapas temáticos, realizar los polígono Thiessen, las curvas Isoyetas. Todo se podrá realizar con el software ArcGIS, así podremos conocer a profundo las características de la cuenca Bahía-Pichigo.
- ✓ Realizar un Análisis de consistencia de datos, de las diferentes estaciones para comparar ajustes de muestras a distribución teórica de probabilidad, la homogeneidad entre ellas,

para el relleno de los datos de precipitación diaria de las estaciones base de 20 años, Precipitaciones mensuales, anuales y 24 hrs. Máximas diarias.

- ✓ Obtener las curvas (IDF) Intensidad, Duración y Frecuencia. precipitaciones para distintos periodos de retorno usando métodos probabilísticos y la prueba de Kolmogorov-Smirnov
- ✓ Por ultimo tendremos los hietogramas de precipitación para cada periodo de retorno con el método bloque alterno o Dick Peschke y luego el modelo matemático probabilístico en el software Hec-Hms para obtener los caudales pico para distintos periodos de retorno.
- ✓ Culminando la topografía aguas arriba y aguas abajo se podrá realizar el modelamiento del arroyo y con los Aforos durante un año hidrológico se conocerá los caudales mínimos, máximos y promedios mensuales, tiempos de crecida y estiaje.
- ✓ Generar las curvas de nivel obtenidas por la topografía. de la zona de estudio matadero Pichigo (obra de toma) en software Civil 3D.
- ✓ se realizará campañas de muestreo en diversos puntos del arroyo principal, obteniendo un modelamiento del comportamiento hidráulico en el canal principal y su sección cada 10 m. aguas arriba y aguas abajo y por último la simulación del modelo hidráulico con el software Hec-Ras para distintos periodos de retorno.

Fase 4. Elaboración de documentos de resultados en gabinete

- ✓ En esta fase se construirá un documento en que se encuentre la totalidad del estudio y modelo hidrológico e hidráulico y sus respectivos análisis, delimitando la cuenca, geomorfología de la cuenca, suelos, escorrentía, secciones transversales, perfiles, caudal y un modelo que pueda predecir caudales para distintos periodos de retorno y las precipitación en el área de estudio.

1.6 Alcances

Realizar un diagnóstico de consistencia de datos con el método de la curva doble masa de la información oficial de las estaciones meteorológicas SENAMHI, AASANA de Cobijapando y de las estaciones cercanas del vecino país Brasil y de dos estaciones satelital Nasa Giovanni. Para obtener las precipitación 24 hrs máximas.

Para lograr el objetivo, se pretende trabajar con la información de datos históricos de precipitación 24 Hrs máximas en las estaciones meteorológicas del municipio de Cobija y las estaciones más cercanas del vecino país Brasil, para obtener las curvas IDF y los hietogramas.

Recurriendo a las imágenes DEM (Modelos de Elevación Digital), podemos obtener la geomorfología, las características de la cuenca, además nos ayudara a la delimitación de toda la zona de estudio con lo cual podemos generar mapas temáticos relacionados a la caracterización, geomorfológica, polígonos de Thiessen, número de curvas (CN) mediante el software ArcGis, y con su extensión Hec-GeoHMS.

En tal sentido, se podrá mostrar mapas temáticos con su respectiva clasificación cartográfica, ubicación a escalas de igual forma resultado de un modelo hidrológico que pronostique los caudales máximos para distintos periodos de retorno.

Determinar el perfil longitudinal del cauce, para el tramo en la zona de estudio considerando para ello, 41 secciones transversales generadas perpendicularmente a la línea del cauce principal del arroyo Bahía, con una longitud de 200 metros aguas abajo y 260.14 metros aguas arriba que hace un total de 460.14 metros lineales de estudio de la obra de toma. En software **Civil 3D 2018**

El estudio hidráulico en los 460.14 metros aproximadamente que comprende el cauce, aguas arriba y aguas abajo en la obra de toma, que estará sobre el cauce principal de la cuenca, de esta manera lograr obtener un modelo hidráulico del comportamiento de la esorrentía y sus características físicas, para cada periodo de retorno en el **Hec-Ras**.

Una campaña de monitoreo mensual, durante un año de aforo de caudales en una sección dada del cauce, y con una estación meteorológico móvil medir la precipitación y otras variables meteorológica dentro de la cuenca.

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1 Hidrología

La hidrología tiene como objetivo adquirir los conocimientos teóricos básicos del fenómeno hidrológico, conocer la cantidad, la frecuencia y naturaleza de ocurrencia del proceso lluvia-escorrentía sobre la superficie terrestre, determinar eventos de diseño, a partir de datos meteorológicos de los diferentes fenómenos hidrológicos que son registrados en las redes de medición. (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006, pág. 10).

2.1.1 El Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico es un fenómeno global de circulación del agua entre la superficie terrestre y la atmósfera, provocada fundamentalmente por la energía solar y gravitacional. (Cahuana A. aprendizaje de la asignatura de HIDROLOGIA CIV -233, 2009, pág. 5).

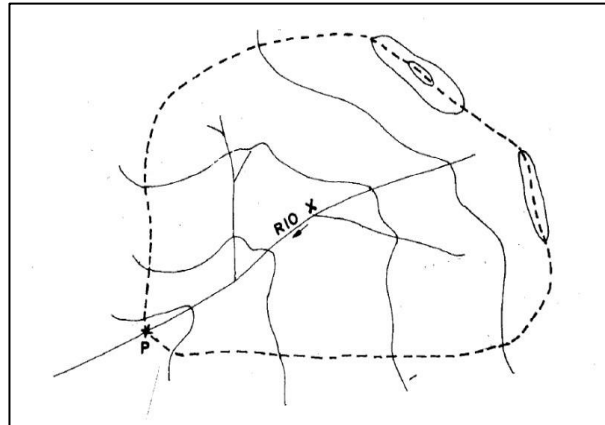
2.2 Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica, según Aparicio (1994) es un área de superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por un curso de agua o un sistema conectado a cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple. (p.19).

2.2.1 Delimitación de una cuenca

La delimitación de una cuenca se hace sobre un plano de curvas de nivel, siguiendo las líneas del divortium acuarum o líneas de altas cumbres. La figura 2-1 se presenta la delimitación de la cuenca del río "x". (Chereque, 1989, pág. 28).

Figura 2-1 Delimitación de la cuenca



Fuente: Hidrología para estud. De Ing. civil, por Wendor Chereque Morán (Perú) 1989.

2.2.2 Superficie de la Cuenca

Se define como superficie de la cuenca hidrográfica, el área obtenida de la cuenca proyectada en un plano horizontal, siendo esta proyección de geometría irregular.

“Debido a la forma muy irregular de una cuenca hidrográfica, el cálculo del área de la cuenca no se puede realizar por fórmulas geométricas. Sin embargo, existen métodos de cálculo como la balanza analítica y el planímetro”. (Villon Béjar, 2002, pág. 24)

2.2.3 Perímetro de la cuenca (P)

El perímetro de una cuenca hidrográfica, según Villón (2002) es el borde de la cuenca proyectada en un plano horizontal, es de forma irregular y se obtiene después de delimitar la cuenca. (p.32).

Debido a que la forma de la cuenca es muy irregular, el cálculo del perímetro de la cuenca no se puede realizar por fórmulas geométricas. Sin embargo, existen herramientas que nos facilitan el cálculo tales como el uso de un mecate y un curvímetro. (Villon Béjar, Hidrología, 2002, pág.32). Por lo consiguiente, el autor cita los siguientes parámetros de cuencas:

- ✓ **Longitud de cuenca:** Es la longitud definida como la distancia horizontal, medida a lo largo del cauce principal, desde el punto de aforo o desfogue y el límite definido para la cuenca de la elevación máxima aguas arriba.
- ✓ **Longitud del cauce principal:** Es la longitud que viene definida por la longitud del cauce principal, siendo la distancia que recorre el río entre el punto de aforo (aguas abajo) y el punto situado a mayor distancia topográfica aguas arriba.
- ✓ **Longitud máxima o recorrido principal de la cuenca:** Es la distancia entre el punto de aforo y el punto más alejado de la cuenca siguiendo la dirección de drenaje.

2.2.4 Características físicas de las Cuencas

El funcionamiento de la cuenca se asemeja al de un colector, que recibe la precipitación pluvial y la convierte en escurrimiento. Esta transformación presenta pérdidas de agua, situación que depende de las condiciones climatológicas y de las características físicas de la cuenca. (Cahuana A. aprendizaje de la asignatura de Hidrología CIV -233, 2009, pág. 17). En función de esto, las características físicas más importantes de una cuenca son:

- a. Área
- b. Perímetro
- c. Forma de la cuenca
- d. Longitud de la cuenca
- e. Pendiente promedia
- f. Curva hipsométrica
- g. Densidad de drenaje
- h. Alturas y elevación promedia
- i. Pendiente promedia del cauce principal
- j. Perfil cauce principal

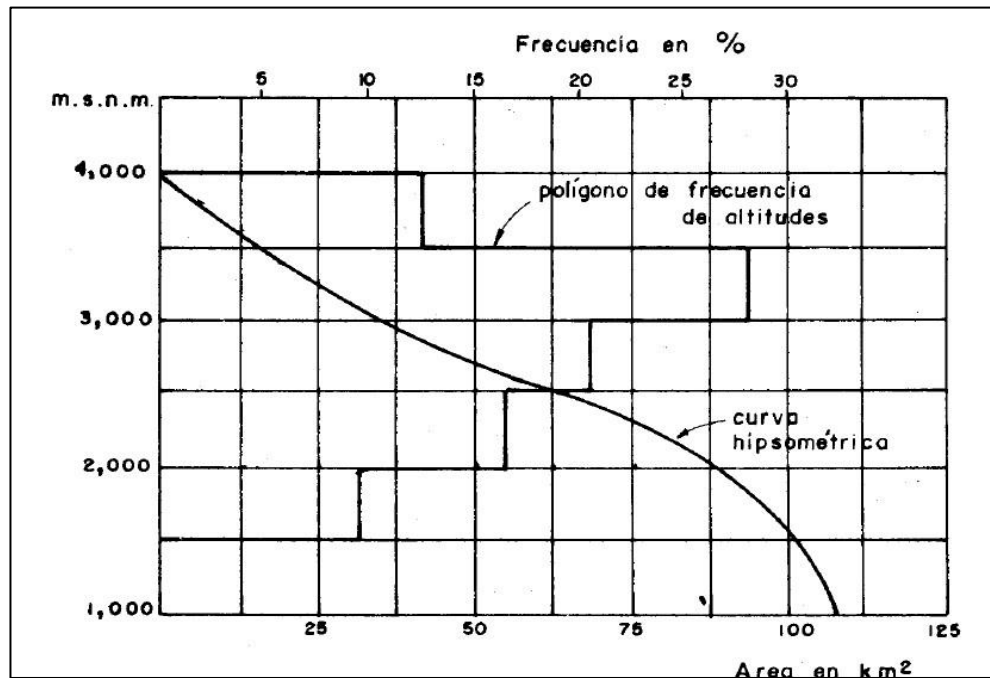
2.2.5 Topografía

La topografía se describe a través de dos figuras características, primero la curva hipsométrica que representa la relación entre la altitud en (m.s.n.m), la superficie que queda por encima de dicha altitud. Y segundo el polígono de frecuencias de altitudes que

representa la distribución en porcentaje de las superficies ocupadas por diferentes escalones altitudinales. (Chereque, 1989, pág. 28).

En la figura 2-2 se muestran las curvas características de una cuenca a una altura máxima de 4,000 m.s.n.m.

Figura 2-2 Curva Hipsométrica



Fuente: Hidrología para estudiantes de Ing. civil, por Wendor Chereque Morán (Perú) 1989.

2.3 Precipitación

La precipitación es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo en forma de lluvia, granizadas, garúas y nevadas. (Villon Béjar, 2002, pág.69).

2.3.1 Cálculo de la precipitación media.

En general, la altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos. Un ejemplo de esta afirmación es el

registro de lluvia puntual de un pluviómetro, es decir la que se produce en el punto en la que está instalada el aparato.

Para muchos problemas hidrológicos, se requiere conocer la altura de precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual. (Villon Béjar, 2002, pág. 77).

2.3.2 Polígonos de Thiessen.

Este método, según Monsalve (1999) se puede utilizar para una distribución no uniforme de aparatos. Provee resultados más correctos con un área de la cuenca aproximadamente plana. El método de Thiessen consiste en atribuir un factor de peso a los totales de precipitación en cada aparato, proporcionales al área de influencia de cada uno. Sin embargo, no considera influencias orográficas.

Las áreas de influencia se determinan en mapas de la cuenca que contengan la localización de las estaciones, uniendo dichos puntos de localización por medio de líneas rectas, y en seguida trazando las mediatrices de estas rectas, formando polígonos.

(Figura 2-3).

$$Pm = \frac{s1*p1+s2*p2+\dots+Sn.Pn}{stotal} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

$$Pmed = \frac{1}{At} * \sum_i^{SI*PI} = Ai * Pi \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Donde:

Pmed: Precipitación media

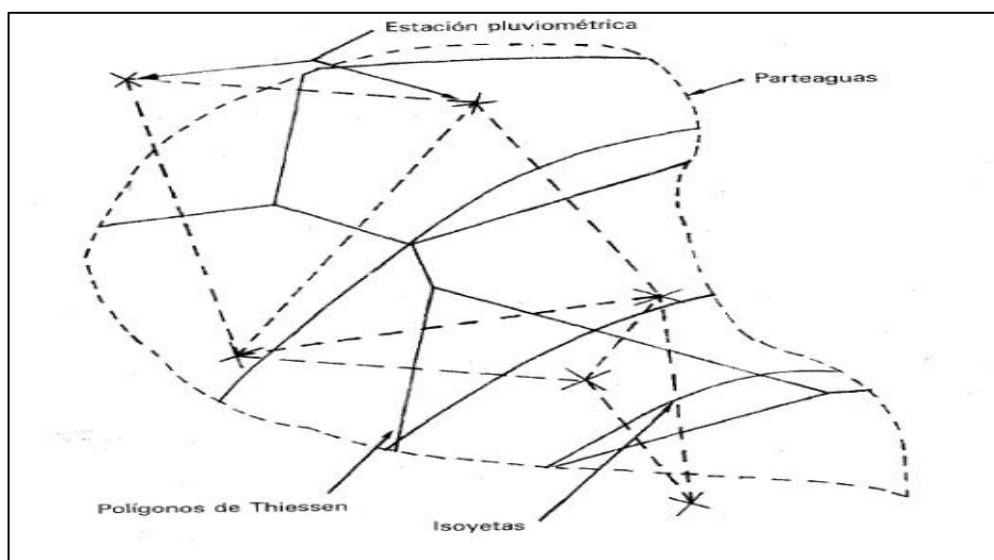
At: área total de la cuenca

Ai: área de influencia parcial del polígono de Thiessen correspondiente a la estación i.

Pi: precipitación para estación

n: número de estación

Figura 2-3 Obtención del polígono de Thiessen



Fuente: “Fundamentos de hidrología de superficie”, por Aparicio (México), 1994.

2.3.3 Evaluación de la información hidrológica

Dado que en el país existen serias limitaciones en la disponibilidad de datos hidrométricos como pluviométricos y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran adecuadamente instrumentadas. Por ello se utilizan métodos indirectos para la estimación de caudales de diseño.

Según la información disponible para los estudios, se elegirá el método más adecuado para obtener estimaciones de la magnitud del caudal. (Manual de Hidrología y Drenaje, 2007, pág.7).

2.3.4 Caracterización hidrográfica del área de estudio

Al efectuar un estudio de la escorrentía superficial en una cuenca, se necesita hacer el análisis de las características físicas de ella y los conceptos que de estas se derivan, ya que de estas características dependerá directamente la magnitud del caudal de diseño en su punto de evacuación.

Para estimar las características fisiográficas se requieren planos topográficos de escala adecuada. Los valores que se anotan en la Tabla 1, son los recomendados. (Manual de Hidrología y Drenaje, 2007, pág.3).

Tabla 2-1 Escalas recomendadas para interpretación de planos

Área Km ²	Escala
1	1:5 000
100	1:10 000
1000	1:25 000
5000	1: 50 000

Fuente: (Manual de Hidrología y Drenaje, 2007, pág.3)

Cuando no se dispone de cartas geográficas con suficiente precisión o detalle, deberá levantarse la cuenca por los diferentes métodos topográficos disponibles las características físicas de las cuencas se clasifican en dos grupos, las que controlan el volumen de escurrimiento, tales como el área y el tipo de suelo; y las que condicionan la velocidad de respuesta, como lo es el tiempo de concentración. (Manual de Hidrología y Drenaje, 2007, pág.11).

2.3.5 Periodo de retorno

El manual del hidrología, hidráulica y drenajes define como periodo de retorno al tiempo promedio en años en el cual el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años. (pág.9). Para adoptar el periodo de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

2.3.6 Análisis estadístico de datos hidrológicos

La información necesaria para realizar este análisis está constituida por la precipitación máxima diaria observada en cada uno de los años de registro, denominándose a la muestra en este caso, serie anual. Para utilizar este análisis de frecuencia es una correlación de estación para la confirmación si son homogéneas entre estación es deseable contar con un mínimo de 20 años de registro.

La representatividad, calidad y consistencia de los datos es esencial, a fin de que los valores usados representen observaciones ciertas y precisas. Por tal motivo, antes de iniciar el estudio probabilístico, la información de crecidas debe someterse a un cuidadoso escrutinio que asegure que las series de datos utilizados son válidos. (Manual de Hidrología y Drenaje, 2007, pág.7).

2.4 Funciones de distribución de probabilidad usadas en Hidrología

En estadística existen muchas funciones de distribución de probabilidad teóricas, (Material de Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de “Hidrología” Civ-233). Recomienda utilizar las siguientes funciones de distribución, pág.246):

2.4.1 Distribución Normal

La función de densidad de probabilidad normal se muestra en la ecuación 2.3

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\Pi S}} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{X}}{S}\right)^2\right]} \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

Donde:

$f(x)$ = función de densidad normal de la variable x

x = variable independiente

\bar{X} = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x

S = parámetro de escala igual a la desviación estándar de muestra
 e = base del logaritmo neperiano

2.4.2 Distribución Log Normal

La función de distribución de probabilidad se muestra en la ecuación 2.4

$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right]} \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Donde:

$f(x)$ = función de densidad log-normal de la variable x

x = variable independiente

μ_y = media aritmética de los logaritmos naturales de x

σ_y = desviación estándar de los logaritmos naturales de x

$y = \ln x$

e = base del logaritmo neperiano

2.4.3 Distribución Log Pearson tipo III

Este es una de las distribuciones más utilizadas en hidrología, se dice que una variable aleatoria X , tiene una distribución Gama o Pearson tipo III, si su función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

$$X_0 \leq x < \infty; -\infty < x < \infty; 0 < \beta < \infty; 0 < y < \infty$$

$f(x)$ = función de densidad de la variable x

γ = gama

x = variable aleatoria

X_0 = origen de la variable x , parámetro de posición

β = parámetro de escala

e = base logaritmo neperiano

2.4.4 Distribución Gumbel o de valores extremos tipo I

La distribución Gumbel es también llamada distribución de Valores Extremos Tipo I o distribución doble exponencial. Se dice que una variable aleatoria X tiene una distribución Gumbel, cuando su función de densidad de probabilidad se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} \quad (\text{Ecuación 2.6})$$

Donde:

$f(x)$ = función de densidad de Gumbel de la variable x

x = variable independiente

α = parámetro de escala

μ = parámetro de posición, también llamado moda

e = base del logaritmo neperiano

2.4.5 Distribución de probabilidad Log Gumbel

La variable aleatoria reducida log Gumbel, se define en la ecuación 2.7

$$y = \frac{\ln x - u}{\alpha} \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

La ecuación 2.8 muestra la función acumulada reducida log Gumbel.

$$G(y) = e^{-e^{-y}} \quad (\text{Ecuación 2.8})$$

e = base del logaritmo neperiano

y = La variable aleatoria reducida log Gumbel

2.5 Pruebas de bondad de ajuste

Son pruebas de bondad de ajuste que se utilizan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida. En la teoría estadística, las pruebas de bondad de ajuste más conocidas son las de Chi Cuadrado y la de Kolmogórov-Smirnov son los dos métodos más usados para esta prueba de ajuste de datos de precipitación con cualquiera de los dos métodos se puede trabajar (Material de Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de “Hidrología” Civ-233, pág.252).

2.5.1 Kolmogorov – Smirnov

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia (D) entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$. (Material de Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de “Hidrología” Civ-233, pág.254) La ecuación 2.9 muestra el cálculo del valor de D

$$D = \text{máx} | F(x) - P(x) | \quad (\text{Ecuación 2.9})$$

Donde:

D = Estadístico de Smirnov-Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima, existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

F(x) = Probabilidad de la distribución teórica.

P(x) = Probabilidad experimental o empírica de los datos.

Con un valor crítico, que depende del número de datos y el nivel de significancia es la máxima cantidad de error que estamos dispuesto a aceptar para dar como valides la hipótesis del investigador, seleccionado de la tabla 2-2. Si D es menor a d , se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de Chi-cuadrado X^2 de que compara los datos con el método estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula con la ecuación 2.10. (Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de “Hidrología” Civ-233, pág.254)

$$P(x) = m/(n + 1) \quad (\text{Ecuación 2.10})$$

Donde:

m = es el número de orden de dato m en una lista de mayor a menor

n = es el número total de datos.

$P(x)$ = probabilidad empírica

El procedimiento para efectuar el ajuste, por el estadístico de Smirnov-Kolmogorov, es el siguiente:

1. Calcular la probabilidad empírica o experimental $P_{(x)}$ de los datos, para esto se utiliza la ecuación 2.11 de Weibull, (Material de Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de “Hidrología” Civ-233, pág.245) de estos el más recomendado es la fórmula de Weibull, que se indica a continuación:

$$P(x) = \frac{m}{n+1} \quad (\text{Ecuación 2.11})$$

Dónde: $P(x)$ Probabilidad empírica o experimental

m = Numero de orden; N = Numero de datos

2. calcular la probabilidad teórica $F(x)$, utilizando la ecuación de cada probabilidad de la distribución teórica $F(x)$ de los modelos teóricos o tablas elaboradas para tal fin.
3. Calcular las diferencias $F(x) - P(x)$.

$F(x)$ = Probabilidad de la distribución teórica.

$P(x)$ = Probabilidad experimental o empírica de los datos.

4. Seleccionar la máxima diferencia: $D = \text{máx. } |F(x) - P(x)|$
5. Calcular el valor crítico del estadístico D, es decir D_0 , para un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ y N igual al número de datos, los valores de D_0 se muestran a continuación en la siguiente tabla 2-2.

6. Comparar el valor estadístico D teórica, con el valor crítico D_0 de la Tabla 2-2 del (Material De Apoyo Didáctico Para La Enseñanza Y Aprendizaje De La Asignatura De “Hidrología” Civ-233, pág.355) con los siguientes criterios de decisión:

Si: $D < D_0 \Rightarrow$ El ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado.

$D \geq D_0 \Rightarrow$ El ajuste no es bueno, al nivel de significación seleccionado, siendo necesario probar con otra distribución como ser: log Normal, log Pearson tipo III, Normal, Gumbel, hasta que se ajuste una de las distribuciones que tiene la hidrología ya mencionadas.

Esta prueba de ajuste no requiere del conocimiento a priori de la función de distribución teórica, es aplicable a distribuciones de datos no agrupados por ejemplo de mayor a menor o de menor a mayor los datos precipitación y de cualquier distribución teórica.

La tabla 2-2 muestran los valores para los valores críticos con parámetros dependientes al tamaño de la muestra y el nivel de significancia. (α)

Tabla 2-2 Valores críticos para la prueba de Kolmogórov-Smirnov

Tamaño de Muestra	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40

20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.20	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

Fuente: (Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de “Hidrología” Civ-233, pág.322).

2.6 Tormenta de diseño

Para los profesionales que utilizan el recurso hídrico es de fundamental importancia la caracterización de las lluvias intensas que se emplean para estimar indirectamente los caudales. Debido a que la disponibilidad de caudales es escasa, es necesario desarrollar metodologías para realizar la estimación indirecta de caudales a partir de la precipitación, que es una variable cuyo registro es más sencillo, más extenso y más frecuente.

Para predecir caudales críticos y para ingeniería de diseño de obras hidráulicas, es necesario asociar una probabilidad a lluvias máximas de diferentes duraciones, deducir la probabilidad de ocurrencia de un evento requiere contar con registros continuos de precipitación, que son muy escasos en nuestro país.

El conocimiento de las características de las precipitaciones intensas es de gran importancia para el dimensionamiento de obras hidráulicas, tales como canales, vertederos, presas, etc. Es necesario determinar una tormenta de diseño para poder estimar los caudales de diseño, esta tormenta de diseño no es otra cosa que la distribución de la precipitación en el tiempo.

2.6.1 Determinación de la tormenta de diseño

Se entiende por tormenta de diseño al conjunto de lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. De acuerdo a esta definición una tormenta puede durar desde unos pocos minutos hasta varias horas y aún días; pueden

abarcar extensiones de terrenos muy variables, desde pequeñas zonas hasta vastas regiones. También una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta, o mediante un mapa de Isoyetas que especifique el patrón espacial de la precipitación, la tormenta de diseño es la entrada al sistema, y los caudales resultantes se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales. (Material de Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de “Hidrología” Civ-233, pág.220).

2.6.2 Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia

El diseño hidráulico de las obras de drenaje requiere el uso de las llamadas curvas Intensidad – Duración – Frecuencia de lluvias (IDF). Estas relaciones presentan la variación de la intensidad de la lluvia de distintas duraciones, asociadas a diferentes probabilidades de ocurrencia, siendo necesarias para estimar indirectamente el escurrimiento proveniente en función de la lluvia caída.

Estas familias de curvas llevan en las abscisas la duración de la lluvia, en ordenadas la intensidad y en forma paramétrica el Período de Retorno o la probabilidad.

En el presente capítulo se consultan dos procedimientos para calcular las Curvas IDF: el primero se emplea cuando se cuenta con datos pluviográficos representativos del área de interés y el segundo permite obtener una estimación de estas curvas usando solamente datos pluviométricos. Este segundo procedimiento es útil cuando no se cuenta con información pluviográfica. (Manual de Hidrología y Drenaje, 2007, pág.20).

Chow, Saldarriaga, & Zuluaga (1994, pag.465). Señala que uno de los primeros pasos que debe seguirse en muchos proyectos de diseño hidrológico, como el diseño de un drenaje urbano, es la determinación del evento o los eventos de lluvia que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación

entre la intensidad de lluvia (o profundidad), la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio.

Las curvas I-D-F se grafican en un plano cartesiano en el cual se ubica la duración en el eje de las abscisas y la Intensidad (mm./h) en el eje de las ordenadas. Se habla de intensidad máxima por unidad de tiempo.

De acuerdo a esto la intensidad se determinará de la siguiente manera:

$$i = \frac{P}{t} \quad (\text{Ecuación 2.12})$$

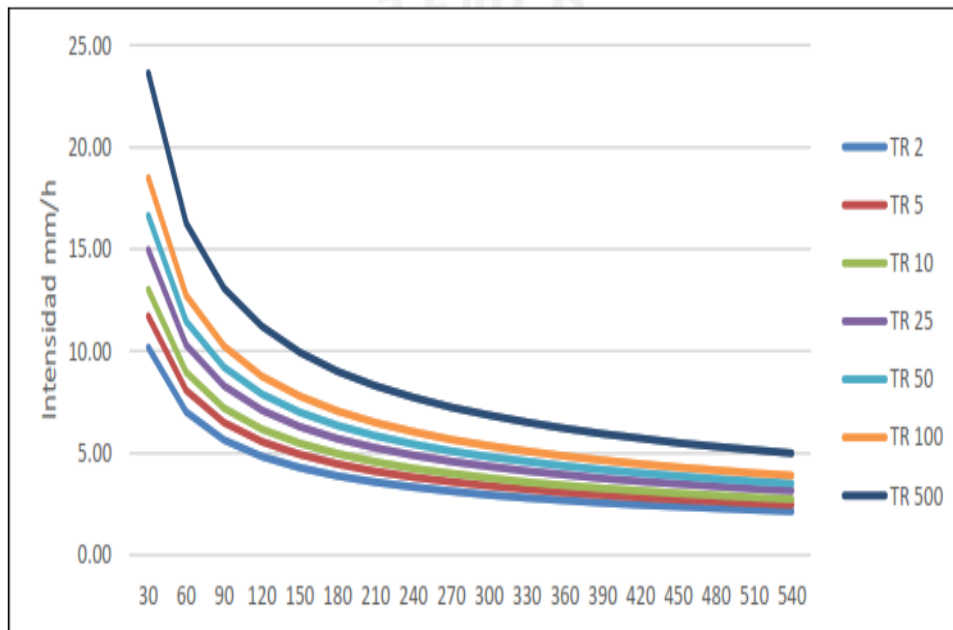
Donde

i = Intensidad máxima en mm./hora

P = Precipitación o lámina de agua en mm.

t = Tiempo en horas

Figura 2-4 Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia (I-D-F)



Fuente: (Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de "Hidrología" Civ-233, pág.225.

Para poder determinar las curvas I-D-F se sigue el siguiente procedimiento.

- a) Con datos de precipitación pluviográfica se realiza un ajuste con una ley de distribución como se muestra en la pág. 16 al 18 del documento. Generalmente se ajusta a una ley Gumbel y Log Pearson tipo III, a partir del ajuste se procede a calcular la precipitación para los periodos de retorno requeridos. Este procedimiento se realiza para cada duración y se obtiene la relación I-D-F.
- b) Con los resultados obtenidos se grafica las curvas I-D-F.
- c) Se determina la relación I-D-F con la ecuación (2.12).
- d) Se grafica la curva I-D-F.

Luego se obtiene la relación I-D-F aplicando la ecuación (2.12) y se obtiene una tabla e intensidades para las diferentes duraciones, como se observa en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3 Relación de intensidad duración y frecuencia (I-D -F)

Periodo de Retorno	DURACIÓN (minutos) / Intensidad (mm/h)																
	5	10	15	20	25	30	60	90	120	180	240	300	360	480	600	720	1440
2	50.26	42.606	36.671	32.769	29.692	27.038	18.043	13.788	11.064	8.2892	6.8385	5.7858	5.006	4.0381	3.2796	2.753	1.4919
5	58.392	47.645	41.666	37.815	35.868	33.367	22.576	17.232	13.851	10.435	8.3796	7.1762	6.325	4.9905	4.054	3.4188	1.7852
10	63.777	50.98	44.974	41.156	39.957	37.557	25.577	19.512	15.696	11.856	9.4	8.0968	7.1983	5.6211	4.5667	3.8596	1.9793
15	66.814	52.862	46.839	43.041	42.264	39.921	27.27	20.799	16.738	12.657	9.9756	8.6162	7.691	5.9768	4.856	4.1083	2.0888
20	68.941	54.18	48.146	44.36	43.879	41.576	28.455	21.699	17.467	13.218	10.379	8.9799	8.036	6.2259	5.0585	4.2825	2.1655
25	70.58	55.195	49.152	45.377	45.123	42.851	29.368	22.393	18.028	13.651	10.689	9.26	8.3018	6.4178	5.2146	4.4166	2.2246
30	71.913	56.021	49.971	46.204	46.136	43.889	30.111	22.957	18.485	14.002	10.942	9.4879	8.5179	6.5739	5.3415	4.5257	2.2727
50	75.627	58.322	52.252	48.508	48.956	46.779	32.181	24.53	19.758	14.982	11.646	10.123	9.1203	7.0088	5.6951	4.8298	2.4066
100	80.637	61.425	55.329	51.617	52.761	50.678	34.973	26.652	21.475	16.304	12.595	10.979	9.9329	7.5955	6.1722	5.2399	2.5872
200	85.628	64.518	58.395	54.713	56.551	54.562	37.755	28.765	23.185	17.621	13.541	11.833	10.742	8.18	6.6475	5.6486	2.7672
500	92.213	68.597	62.439	58.799	61.553	59.687	41.426	31.554	25.442	19.359	14.789	12.959	11.811	8.9512	7.2746	6.1877	3.0046

Fuente: (Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura De "Hidrología" Civ-233, pág.226).

2.6.3 Tiempo de concentración

El Tiempo de Concentración se define como el lapso de tiempo, bajo precipitación constante, que tarda el agua en ir desde el punto más distante – hidráulicamente definido dentro la cuenca – hasta el punto de evacuación o control, este parámetro naturalmente depende, entre otras variables, de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y la velocidad promedio que adquiere en la misma, la cual a su vez varía en función de la pendiente y la rugosidad de la superficie.

Diversos son los autores y los procedimientos de cálculo utilizados para establecer una mejor relación, pero entre si tienen grandes diferencias en los resultados. Sin embargo, las fórmulas empíricas dan valores más reales y con mejor ajuste a los datos experimentales. En la Tabla 2-4 se resumen las expresiones que se proponen para estimar el tiempo de concentración en distintos casos.

Tabla 2-4 Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración

Método	Fórmula para Tc	Observaciones
Método de Kirpich	$T_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$ Donde: L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m S = pendiente promedio de la cuenca, m/m	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3% a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar tc por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2
Método California Culverts Practice	$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ Donde: L = Longitud del curso de agua más Largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y salida, m.	Desarrollada para pequeñas cuencas montañosas En California.

<p>Método de ecuación de Ven Te Chow</p>	$T_c = 0.096 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.64}$ <p>Donde: L = longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria de flujo), Km. S = pendiente promedio de la cuenca m/m.</p>	<p>Desarrollada para cuencas menores de 200 Km²</p>
<p>Método Temez</p>	$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.76}$ <p>Donde: L = longitud hidráulica de la cuenca (Mayor trayectoria de flujo), Km. S = pendiente promedio de la cuenca en %</p>	<p>Este método fue desarrollado para cuencas rurales, con un grado de urbanización no superior al 7% del área de la cuenca</p>
<p>Método de ecuación de retardo SCS</p>	$t_c = \frac{0.0136 \cdot L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{S^{0.5}}$ <p>Donde: L = longitud hidráulica de la cuenca (Mayor trayectoria de flujo), m. CN = Número de curva SCS S = pendiente promedio de la cuenca m/m.</p>	<p>Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 800ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada;</p>

Fuente: “Manual de hidrología, hidráulica y drenaje”

2.6.4 Hietograma de diseño

En los métodos de diseño en hidrología desarrollados hace muchos años, tal como el método racional, sólo se utilizaba el caudal pico. No existía consideración alguna sobre el tiempo de distribución del caudal (el hidrograma del caudal) o sobre la distribución temporal

de la precipitación (el hietograma de precipitación). Sin embargo, los métodos de diseño desarrollados más recientemente, los cuales utilizan el análisis de flujo no permanente, requieren de predicciones confiables del hietograma de diseño para obtener los hidrogramas de diseño (Hidrología aplicada Ven Te Chow, 1994, pág.477).

2.6.4.1 Método del Bloque Alterno

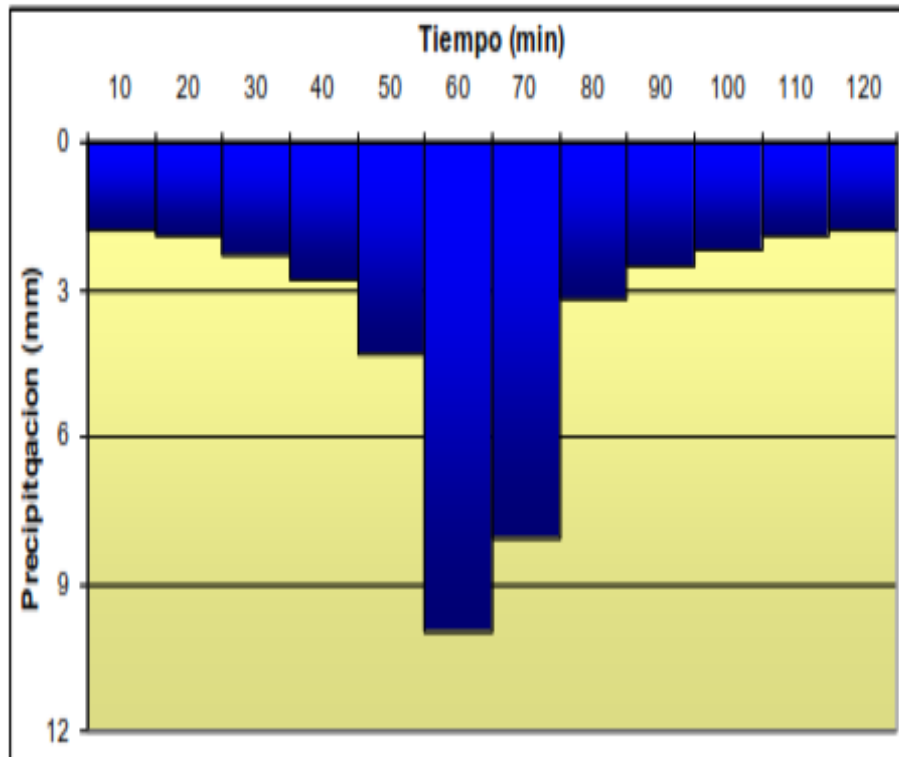
El método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de intensidad-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt sobre una duración total de $T_d = n \Delta t$. Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño.

La intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones $\Delta t, 2 \Delta t, 3 \Delta t, \dots$, y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración.

Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo Δt .

Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida T_d y que los demás bloques queden en orden descendiente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño. (Hidrología aplicada Chow, 1994, pág. 477). En la figura 2-5 se muestra un ejemplo de hietograma de diseño por el método de bloques alternos.

Figura 2-5 Hietograma de diseño



Fuente: (Material de Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de “Hidrología” Civ-233, pág.232).

2.6.5 Exceso de precipitación y escorrentía directa

El exceso de precipitación, o precipitación efectiva, es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición de flujo superficial.

Las gráficas de exceso de precipitación contra el tiempo o hietograma de exceso de precipitación es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia-escorrentía. La diferencia entre el hietograma de lluvia total que se observa y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracción inicial del suelo o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por infiltración con algo de interceptación y almacenamiento superficial. (Chow, 1994, pág. 138).

Los parámetros de las ecuaciones de infiltración pueden calcularse utilizando técnicas de optimización tales como programación no lineal. Sin embargo, existe un método alternativo más simple, llamado el índice ϕ . El índice ϕ es la tasa constante de abstracciones iniciales del suelo que produciría un hietograma de exceso de precipitación con una profundidad total igual a la profundidad de la escorrentía directa sobre la cuenca.

El valor de ϕ se calcula seleccionando un intervalo de tiempo de longitud Δt , juzgando el número de intervalos M lluvia que realmente contribuyen a la escorrentía directa, restando $\phi \Delta t$ de la precipitación que se observa en cada intervalo, y ajustando los valores de ϕ y M tantas veces como sea necesario para que las profundidades de escorrentía directa y de exceso de precipitación sean iguales (Chow, 1994, pág. 139).

2.6.6 Coeficiente de escorrentía

Las pérdidas también pueden utilizarse por medio de los coeficientes de escorrentía. La definición más común de un coeficiente de escorrentía es que éste es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de precipitación en una tormenta. Debido a la alta variabilidad de la intensidad de precipitación, este valor es difícil de determinar utilizando información observada.

Un coeficiente de escorrentía también puede definirse como la relación entre la escorrentía y la precipitación sobre un periodo de tiempo dado. Estos coeficientes se aplican comúnmente a precipitación y escorrentía de una tormenta, pero también pueden utilizarse para información de precipitación y caudales mensuales o anuales. Si $\sum_{m=1}^M R_m$ es la precipitación total y r_d la correspondiente profundidad de escorrentía, entonces el coeficiente de escorrentía puede definirse como la ecuación 2.14. (Chow, 1994, pág. 142)

$$C = \frac{r_d}{\sum_{m=1}^M R_m} \quad (\text{Ecuación 2.14})$$

2.6.7 Método SCS para abstracciones

El servicio de conservación de suelos desarrolló un método para calcular las pérdidas de la precipitación de una tormenta. Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa Pe es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación P , de manera similar, después que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca Fa es menor o igual a alguna retención potencial máxima S (figura 2-6).

Existe una cierta cantidad de precipitación atracción inicial (Ia) para la cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es $P-Ia$. (Ministerio de transporte y comunicaciones MTC, 2008, pág. 35), del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales como se muestra en la ecuación 2.15. Fa = abstracción continua, Pe = exceso de precipitación Ia = abstracción inicial

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P-Ia} \quad (\text{Ecuación 2.15})$$

Del principio de continuidad en la ecuación 2.16

$$P = Pe + Ia + Fa \quad (\text{Ecuación 2.16})$$

Combinando ambas ecuaciones y resolviendo para Pe se encuentra la ecuación 2.17.

$$Pe = \frac{(P-Ia)^2}{P-Ia+S} \quad (\text{Ecuación 2.17})$$

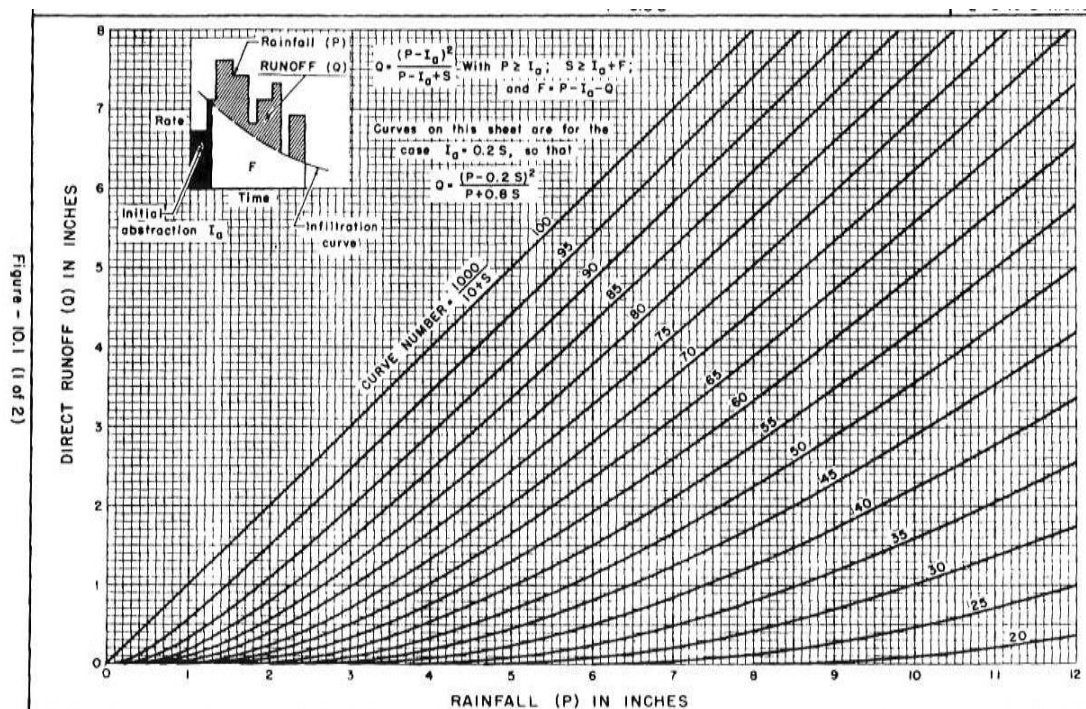
La cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o Escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS.

Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica $Ia = 0.2S$ Reemplazando la ecuación anterior tenemos la ecuación 2.18.

$$Pe = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \quad (\text{Ecuación 2.18})$$

Al presentar en gráficas la información de P y Pe para muchas cuencas, el SCS encontró curvas como las que se muestran en la figura 2-6. Para estandarizar estas curvas, se define un número adimensional de curva CN, tal que $0 \leq CN \leq 100$. Para superficies impermeables y superficies de agua CN=100; para superficies naturales CN<100. (Curve, 2009, pág. 9).

Figura 2-6 Solución de las ecuaciones de escorrentía



Fuente: *Curve Number Hydrology State of the Practice*, por Curve, (2009) pág.9).

“La conceptualización del número de curva CN como una medida de la hidrología de respuesta de cuencas en base a los suelos, la cubierta y el uso de la tierra fue un paso importante adicional. También requirió una explicación de la variabilidad de la escorrentía observada en los datos”. (Curve, 2009, pág. 9).

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Los valores de CN para varios tipos de uso de la tierra en estos tipos de suelos se muestran en la Tabla 2-5. Para una cuenca hecha de varios tipos de suelos y con diferentes usos de la tierra, se puede calcular un número de curva (CN).

Tabla 2-5 Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2s$)

Uso de la tierra y cobertura	Tratamiento del suelo	Pendiente del terreno en %	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Sin cultivo	Surcos rectos	-	77	86	91	94
Cultivos en surco	Surcos rectos	>1	72	81	88	91
	Surcos rectos	<1	67	78	85	89
	Contorneo	>1	70	79	84	88
	Contorneo	<1	65	75	82	86
	Terrazas	>1	66	74	80	82
	Terrazas	<1	62	71	78	81
Cereales	Surcos rectos	>1	65	76	84	88
	Surcos rectos	<1	63	75	83	87
	Contorneo	>1	63	74	82	85
	Contorneo	<1	61	73	81	84
	Terrazas	>1	61	72	79	82
	Terrazas	>1	59	70	78	81
Leguminosas o	Surcos rectos	>1	66	77	85	89
	Surcos rectos	<1	58	72	81	85
	Contorneo	>1	64	7	83	85
	Contorneo	<1	55	69	78	83
	Terrazas	>1	63	73	80	83
	Terrazas	<1	51	67	76	80
Pastizales		>1	68	79	86	89
		<1	39	61	74	80
	Contorneo	>1	47	67	81	88
	Contorneo	<1	6	35	70	79
Pradera permanente		<1	30	58	71	78
Bosques naturales						

Muy ralo			56	75	86	91
Ralo			46	68	78	84
Normal			36	60	70	77
Espeso			26	52	62	69
Muy espeso			15	44	54	61
Caminos						
De terracería			72	82	87	89
Con superficie			74	84	90	92

Fuente: (Fundamento de Hidrología, de superficie) Aparicio pág.188).

Tipo de Suelo	Textura del suelo
A	Arenas con poco limo y arcilla; Suelos muy permeables.
B	Arenas finas y limos.
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcilla.
D	Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables.

Fuente: (Fundamento de Hidrología, de superficie) Aparicio pág.189).

2.7 Estimación de caudales

Cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneo anual para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los periodos de retorno de interés (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son los valores estándar) usando la distribución Log normal, Log Pearson III y Valor Extremo Tipo I (Gumbel), etc. (Ministerio de transporte y comunicaciones MTC, 2008, pág. 40).

Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q . Cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial. Se recomienda que el procedimiento de cálculo que se adopte, incluya la utilización de al menos dos de estos métodos de manera independiente, sumando un análisis de sensibilidad de los resultados, ante cambios en los parámetros o en las condiciones iniciales. Así se obtiene una estimación del Comportamiento hidrológico del caudal máximo en varios escenarios, para posteriormente emplear la

experiencia y un criterio adecuado en la selección del valor de diseño apropiado para el caso en estudio. (Manual de Hidrología y Drenaje, pág.23).

2.7.1 Método del hidrograma unitario.

El hidrograma es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica, siendo el hidrograma unitario de una cuenca, el hidrograma de escorrentía directa que se produciría en la salida de la cuenca. Si sobre ella se produjera una precipitación neta unidad de una duración determinada. (Ministerio de transporte y comunicaciones MTC, 2008, pág. 45).

2.7.2 Hidrogramas sintéticos

La mayor parte de las cuencas, no cuentan con una estación hidrométrica o bien con los registros pluviográficos necesarios. Por ello es conveniente contar con métodos con los que se puedan obtener hidrogramas unitarios usando únicamente datos de características generales de la cuenca. Los hidrogramas así obtenidos se denominan sintéticos. (Villon Béjar, 2002, pág. 224) La finalidad de un hidrograma sintético es representar o simular un hidrograma representativo del fenómeno hidrológico de la cuenca, para determinar el caudal pico para diseñar.

2.7.3 Hidrograma sintético unitario triangular

Mockus, desarrolló un hidrograma unitario sintético de forma triangular, lo usa el Soil Conservation Service (SCS), la cual a pesar de su simplicidad proporciona los parámetros fundamentales del hidrograma: tiempo de recesión (hr), tiempo de retardo (hr) tiempo de concentración (hr.) y el caudal en $m^3/s.cm$ (Villon Béjar, 2002, pág. 224).

El volumen generado por las separaciones de la lluvia en neta y abstracciones es propagado a través del río mediante el uso del hidrograma unitario.

1. El tiempo de recesión se aproxima con la ecuación 2.19

$$tr = 1.67 T \quad (\text{Ecuación 2.19})$$

2. Como el área bajo el HU debe ser igual a una escurrentía de 1cm. la ecuación 2.20

$$qr = 2.08A / Tp \quad (\text{Ecuación 2.20})$$

Donde:

A = área de drenaje en km²

Tp = tiempo de ocurrencia del pico en horas

3. Además, aproximadamente se ha demostrado tp en la ecuación 2.21

$$tp = 0.6Tc \quad (\text{Ecuación 2.21})$$

Donde:

tp = tiempo de retardo (entre el centroide del hietograma y el pico de caudal) (h)

Tc = tiempo de concentración de la cuenca.

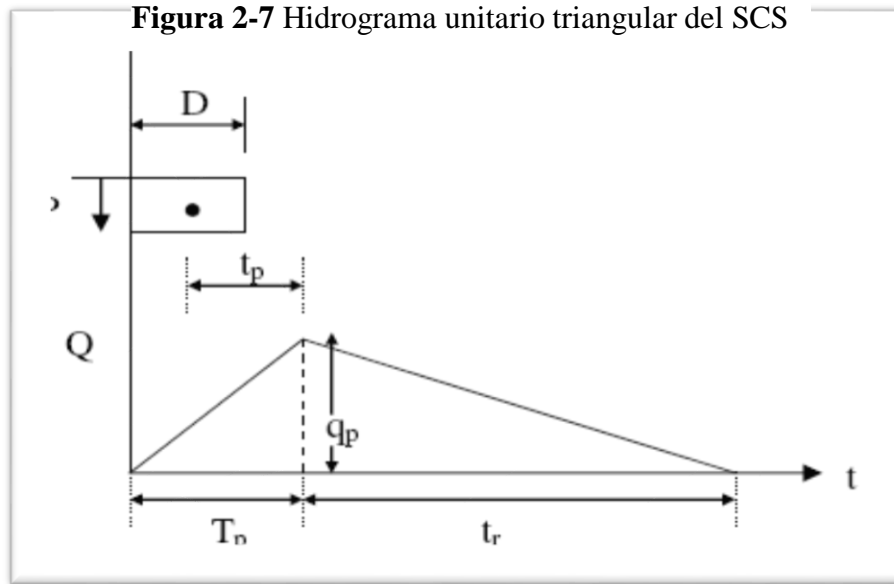
4. El tiempo de ocurrencia del pico, Tp puede expresarse como la ecuación 2.22

$$Tp = 0.5 * D + tp \quad (\text{Ecuación 2.22})$$

Donde:

D = Duración de la lluvia

En la figura 2-7 se muestra el hidrograma unitario del SCS



Fuente: Tomado de “Manual de hidrología, hidráulica y drenaje”, por MTC (Perú), 2008. pág.57).

2.8 Modelo Hidrológico

La modelación hidrológica es una simplificación o representación conceptual de una parte del ciclo hidrológico. Los modelos hidrológicos utilizan bases físicas y métodos empíricos para convertir la precipitación en escurrimiento y descubrir el flujo de agua sobre la superficie terrestre y el camino del agua una vez que ha ingresado a un sistema de ríos. Comúnmente la modelación hidrológica se utiliza para estimar el escurrimiento en una cuenca para proyectos de diseños hidráulicos. (Cahuana A. aprendizaje de la asignatura de Hidrología CIV -233, 2009, pág. 8)

2.8.1 Modelo Matemático

Un modelo matemático puede ser determinista o probabilístico, lineal o no lineal, invariable en el tiempo o variable en el tiempo, global o distribuido, continuo o discreto, analítico o numérico, evento guiado o proceso continuo del flujo de agua en un río consiste en intentar conocer los valores, que toman las variables hidráulicas como ser tirantes,

velocidades, caudales, etc. a partir de la resolución por métodos numéricos de una ecuación obtenida con una serie de hipótesis.

2.8.2 Tipos de Modelos Matemáticos de Cuencas

Un modelo matemático de cuenca consiste en varios componentes, cada de uno describe cierta fase o fase del ciclo hidrológico. Un modelo matemático puede ser de tres tipos: teórico, conceptual, empírico. Los modelos teóricos y empíricos son exactamente opuestos en significado, con modelos conceptuales que se ubican entre ellos.

En la práctica del modelo de cuenca, cuatro tipos generales de modelos matemáticos se reconocen normalmente: determinístico, probabilístico, conceptual, paramétricos. Los modelos determinísticos son formulados siguiendo formulas de la física y/o procesos químicos descriptos por ecuaciones diferenciales. Un modelo determinístico son un grupo de variables y parámetros de ecuaciones relacionadas a ellos.

2.8.3 Modelo Probabilístico

Un modelo probabilístico de un experimento requiere asociar un valor de probabilidad a cada punto del espacio muestra. En el caso de las variables aleatorias discretas, la función que asocia una probabilidad a la variable se denomina función de probabilidad de masa (fpm), y se designa por $p_X(x_0)$. Esta función representa la probabilidad que la variable aleatoria X tome el valor x_0 en la realización del experimento.

Usualmente, la función de probabilidad de masa se representa por un gráfico de barras para cada valor de la variable aleatoria. Cualquier función matemática es una posible función probabilidad de masa siempre que cumpla las siguientes dos propiedades que se derivan directamente de los axiomas de probabilidad. En primer lugar, su valor debe estar comprendida entre 0 y 1 ya que representa una probabilidad, y en segundo término la sumatoria para todos los posibles valores de x debe ser unitaria, ya que representa la probabilidad del evento universal.

2.8.4 Modelo Determinista

Modelo determinístico es un modelo matemático donde las mismas entradas producirán invariablemente las mismas salidas, no contemplándose la existencia del azar ni el principio de incertidumbre. Está estrechamente relacionado con la creación de entornos simulados a través de disimuladores. Para el estudio de situaciones hipotéticas, o para crear sistemas de gestión que permitan disminuir la incertidumbre.

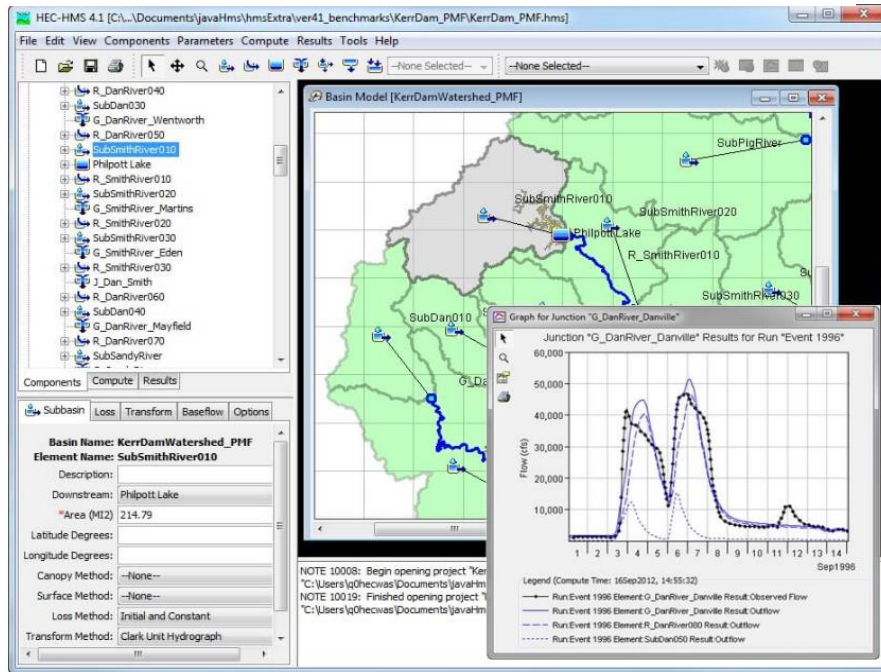
2.8.5 Sistema de modelamiento hidrológico (HEC- HMS)

El sistema de modelo hidrológico (HEC-HMS) está diseñado para simular los procesos hidrológicos completos de los sistemas de cuencas céntricas. El software incluye muchos procedimientos tradicionales de análisis hidrológico, como la infiltración de eventos, los hidrogramas unitarios y el enrutamiento hidrológico. Con el modelo HEC-HMS, se puede simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su enrutamiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

Cada componente modela un aspecto del proceso de escurrimiento por precipitaciones dentro de una parte de la cuenca comúnmente referida como una subcuenca. Un componente puede representar una identidad de escurrimiento superficial, un canal de flujo o embalse. Requiere un conjunto de parámetros que especifiquen las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen el proceso físico. El resultado del proceso del modelaje es el cálculo de los hidrógrafos del flujo en sitios elegidos de la cuenca del río. (Ministerio de transporte y comunicaciones MTC, 2008, pág. 50).

Para poder utilizar este modelo hidrológico matemático en HEC-HMS se debe disponer de los datos de precipitación, la intensidad, características de la cuenca (área, forma, longitud del cauce principal, centro de gravedad, pendiente media del terreno, cobertura vegetal, tipo de prácticas de pastoreo, etc.).

Figura 2-8 Zona de trabajo del HEC-HMS



Fuente: de <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>

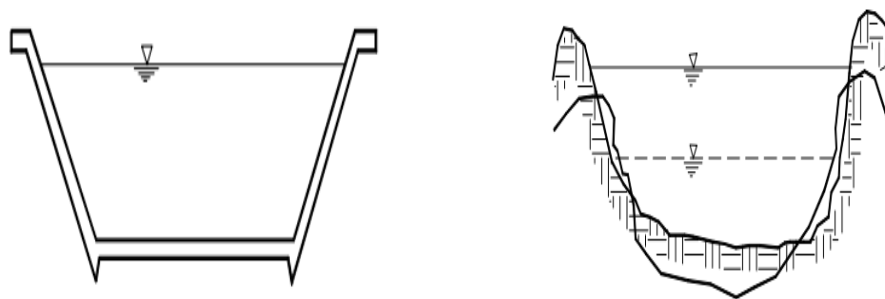
2.9 Hidráulica

2.9.1 Movilidad Fluvial

Hidráulicamente, un río es un canal. Sin embargo el corresponde a la simplificación o esquematización que generalmente hacemos al estudiar el flujo en canales. En un río prácticamente no existe movimiento permanente, porque el caudal esta constante cambio (a veces lentamente, otras rápidamente). El movimiento permanente, es decir invariable con respecto al tiempo, puede darse en un canal hecho y operado por el hombre, en el que el caudal sea constante. (Rocha Felices, 1998, pág. 48).

Pero en un río tampoco hay movimiento uniforme, pues la sección transversal es muy cambiante a lo largo de su recorrido. La sección transversal de un río no es prismática. Para fines prácticos se hace como si existiera, un movimiento quasi-unifimre y también podría hablarse, por cierto de un movimiento quasi-permanente (Rocha Felices, 1998, pag.48). En un canal hecho por el hombre, el contorno suele ser rígido e invariable. Pero, en un río de lecho móvil el contorno está cambiando constantemente.

Figura 2-9 Lecho rígido y lecho móvil



Fuente: Introducción a la hidráulica fluvial”, por Rocha (Perú), 1998

En los ríos el coeficiente de resistencia, al que generalmente se llama rugosidad, resulta mucho más incierto. El fondo está cambiando en función del caudal. El río puede profundizar o sedimentar. En el fondo se presentan formas características que dan una resistencia adicional y variable. (Rocha Felices, 1998, pág. 50).

2.9.2 Conductos abiertos

Los conductos hidráulicos abiertos se caracterizan por tener una superficie libre, en contacto con la atmósfera. El flujo se produce como consecuencia del peso del fluido. En tal sentido, y desde el punto de vista hidráulico, un canal se comporta como si fuese un río.

Generalmente suponemos que el escurrimiento es permanente y uniforme. En el canal se puede lograr un cierto grado de permanencia manteniendo constante el caudal. En un río sólo excepcionalmente se podría lograr la permanencia (por ejemplo, en el flujo regulado aguas debajo de un embalse). (Rocha Felices, 1998, pág. 69).

En un río la sección transversal es muy variable y, en consecuencia, el movimiento no es uniforme. Por lo tanto, las ecuaciones de descarga que se usan en conductos abiertos, como la ecuación de Chezy o la de Manning, corresponden a simplificaciones, a esquematizaciones, del escurrimiento real. (Rocha Felices, 1998, pág. 70).

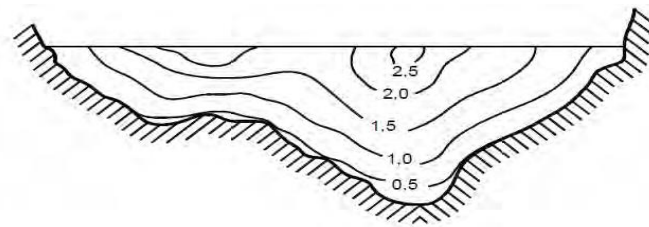
2.9.3 Propiedades geométricas de la sección transversal

a) Canal hidráulico

Se denomina canal al contorno en el que el escurrimiento tiene una superficie libre en contacto con la atmósfera que puede ser de tipo natural o artificial.

“Los canales naturales son los ríos, torrentes, arroyos, etc. Tienen sección transversal irregular y variable (figura 2-10). El fondo está constituido por partículas sólidas en movimiento (arenas, limo, piedras, etc), y se le denomina lecho móvil”. (Rocha Felices, 2007, pág. 9)

Figura 2-10 Canal natural de río



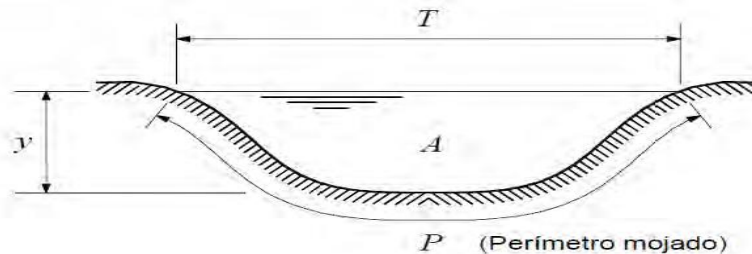
Fuente: Tomado de “Hidráulica de tuberías y canales”, por Rocha (Perú), 2007.

b) Radio hidráulico (R)

Es la relación entre el área transversal y el perímetro mojado de un conducto hidráulico. La ecuación 2.23 muestra el cálculo del radio hidráulico. A = área, P = perímetro

$$R = A/P \quad (\text{Ecuación 2.23})$$

Figura 2-11 Parámetros de la sección transversal de un canal



Fuente “Hidráulica de tuberías y canales”, por Rocha (Perú), 2007.

c) Tirante hidráulico (d)

Es la relación que existe en un canal entre el área de la sección A y el ancho superficial T.

La ecuación 2.24 muestra el cálculo del tirante hidráulico.

$$d = \frac{A}{T} \quad (\text{Ecuación 2.24})$$

Donde

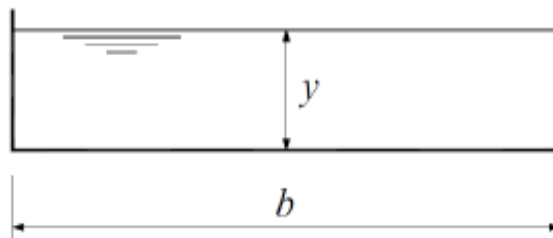
A = Área en metros.

T= Tirante en metros.

d) Tirante (y)

Es la distancia vertical del punto más bajo del fondo del canal hasta la superficie libre. Radio hidráulico en un canal muy ancho “Cuando el ancho b de un canal o río es muy ancho mayor que el tirante (figura 2-12), se dice que es un canal muy ancho. Ello permite hacer un cálculo más rápido y fácil del -radio hidráulico.” (Rocha Felices, 2007, pág. 10).

Figura 2-12 Parámetros de la sección



Fuente: Elaboración propia.

$$A = by$$

A = área metros cuadrado

$$P = b + 2y$$

P = perimetro metros

$$R = \frac{by}{b+2y} = \frac{y}{1+2\frac{y}{b}}$$

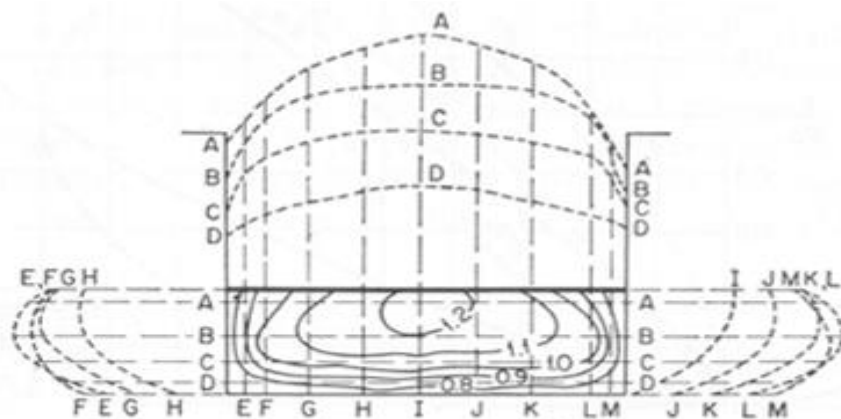
b = ancho metros, y = tirante metros.

En un canal muy ancho y/b es muy pequeño y se puede considerar $R = y$, es decir, que en un canal muy ancho el radio hidráulico es igual al tirante.

2.9.4 Distribución de velocidades en una sección de canal

Debido a la presencia de la superficie libre y a la fricción a lo largo de las paredes del canal, las velocidades en un canal no están uniformemente distribuidas en su sección. La máxima velocidad medida en canales normales a menudo ocurre por debajo de la superficie libre a una distancia de 0.05m a 0.025m de la profundidad. A continuación se muestra la figura 2-13 y 2-14 el cual es un modelo general de la distribución de velocidades para varias secciones horizontales y verticales en un canal con sección rectangular y las curvas de igual velocidad de sección transversal, como también otras secciones.

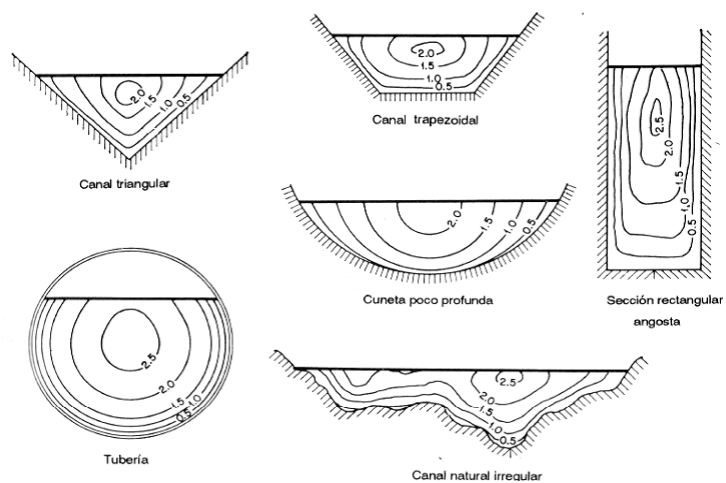
Figura 2-13 Distribución de velocidades en un canal rectangular.



Fuente:

“Hidráulica de canales abiertos”, Ven Te Chow, (1994).

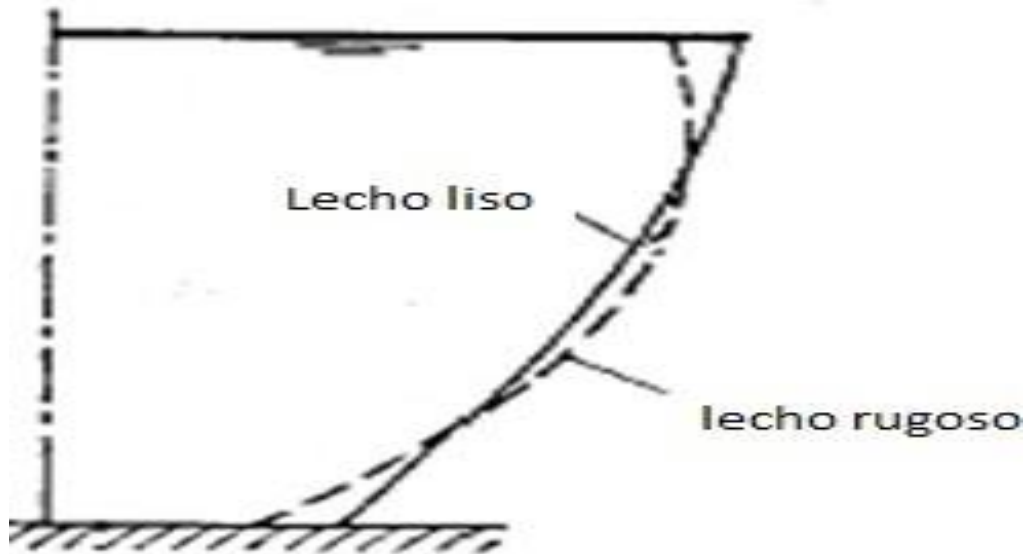
Figura 2-14 Curvas comunes de igual velocidad en diferentes secciones de canal



Fuente: *“Hidráulica de canales abiertos”, Ven Te Chow, (1994).*

La distribución de velocidades en una sección de canal depende también de otros factores, como una forma inusual de la sección, la rugosidad del canal y la presencia de curvas. Ver figura 2-15.

Figura 2-15 Efecto de la rugosidad en la distribución de velocidades en un canal abierto.



Fuente: "Hidráulica de canales abiertos", Ven Te Chow, (1994).

2.9.5 Selección del coeficiente de rugosidad de Manning

Chow, Saldarriaga, & Zuluaga (1994) muestra una lista de valores de n para canales de diferentes clases. Para cada tipo de canal se muestran los valores mínimo, normal y máximo de n . En la tabla 2-6 se muestra un extracto de la tabla general de coeficiente de rugosidad de Manning.

Tabla 2-6 Valores del coeficiente de rugosidad Manning

Tipo de canal y descripción	Mínimo	normal	Máximo
Planicies de inundación			
Pastizales, sin matorrales			
Pasto corto	0.025	0.030	0.035
Pasto alto	0.030	0.035	0.050
Áreas cultivadas			
Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
Matorrales			
Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
Árboles			
Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel de agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160

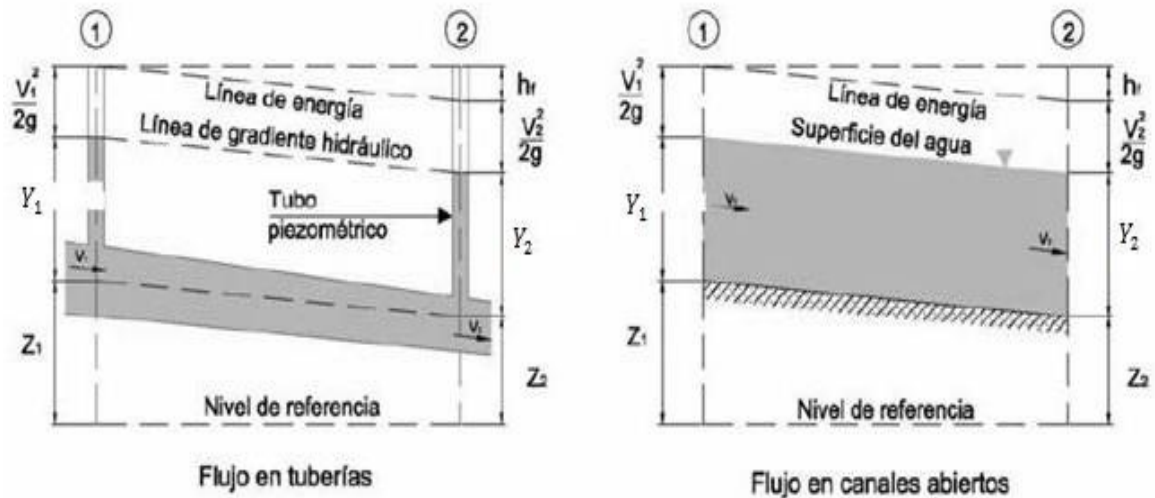
Fuente: “Hidráulica de canales abiertos”, por, Chow, Saldarriaga, & Zuluaga (1994).

2.10 Tipos de flujo en canales Hidráulicos

2.10.1 Descripción general de los canales Hidráulicos

El flujo de agua en un conducto puede ser flujo en canal abierto o flujo en tubería. Estas dos clases de flujo son similares en muchos aspectos pero se diferencian en un aspecto importante. El flujo en canal abierto debe tener una superficie libre, en tanto que el flujo en tubería no la tiene, debido a que en este caso el agua debe llenar completamente el conducto. Una superficie libre está sometida a la presión atmosférica.

Figura 2-16 Comparación entre flujo en tuberías y flujo en canales abiertos.



Fuente: “Hidráulica de canales abiertos”, Ven Te Chow, (1994).

2.10.2 Clases de Canales abiertos

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre. De acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial. (Rodríguez Ruis, 1994, pág.16).

- a) **Los canales naturales:** incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños, grandes y estuarios de mareas.
- b) **Los canales artificiales:** son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de vegetación, canales de centrales hidroeléctricas.

2.10.3 Tipos de flujo en canales abiertos

La clasificación del flujo que sigue a continuación se hace de acuerdo con el cambio en la profundidad de flujo con respecto al tiempo y al espacio.

2.10.4 Flujo permanente y flujo no permanente

Se dice que el flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad de flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración. El flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad de flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración.

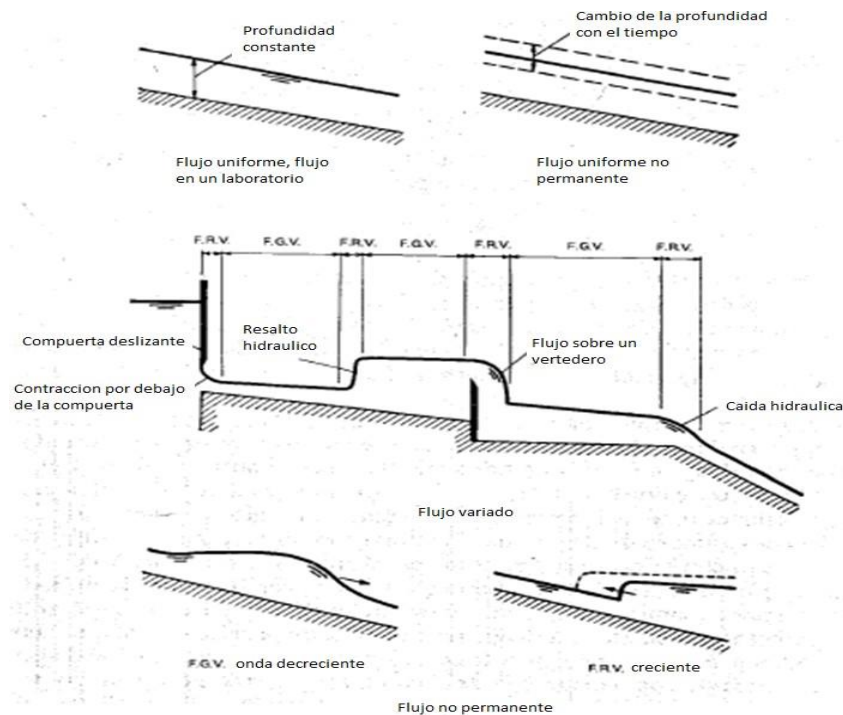
El flujo es no permanente si la profundidad de flujo cambia con respecto al tiempo en consideración. Cuando se estudian los fenómenos de creciente y oleadas por ejemplo, son casos comunes de flujo no permanente, el nivel de flujo cambia de manera instantánea a medida que las ondas pasan y el elemento tiempo se vuelve de vital importancia para el diseño de estructuras de control. (Rodríguez Ruis, 1994, pág.7).

2.10.5 Flujo uniforme y flujo variado

Se dice que el flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad de flujo es la misma en cada sección del canal. Un flujo uniforme puede ser permanente o no permanente, según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo. (Rodríguez Ruis, 1994, pág.9).

- ✓ **El flujo uniforme permanente:** es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales abiertos. La profundidad de flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración.
- ✓ **El flujo uniforme no permanente:** requeriría que la superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del canal.
- ✓ **El flujo es variado** si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal. Este último tipo de flujo puede ser clasificado también como:
- ✓ **Flujo rápidamente variado o gradualmente variado:** si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas, sino de otro modo se comporta gradualmente variado.

Figura 2-17 Diferentes tipos de flujo en canales abiertos F.G.V= flujo gradualmente variado. F.R.V= flujo rápidamente variado.



Fuente: "Hidráulica de canales abiertos", Ven Te Chow, (1994).

2.10.6 Estados de Flujo

El estado o comportamiento del flujo en canales abiertos está gobernado básicamente por los efectos de la viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo.

- Efecto de la viscosidad:** el flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia.
- El flujo es laminar:** si las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales, de tal manera que la viscosidad juega un papel importante para determinar el comportamiento de flujo.
- El flujo es turbulento:** sí las fuerzas son débiles en relación con las fuerzas inerciales. El efecto de la viscosidad es un flujo laminar turbulento o de transición en relación con la inercia puede representarse mediante el **número de Reynolds** definido por:

$$R = \frac{vL}{\nu} \quad (\text{Ecuación 2.24})$$

Donde:

V: velocidad de flujo en m/s.

L: longitud en m

ν : Viscosidad cinemática en m²/seg

NOTA: como el flujo en la mayor parte de los canales es turbulento, un modelo empleado para simular un canal prototipo debe ser diseñado de tal manera que el número Reynolds del flujo en el canal modelo este en el rango turbulento.

- d) **Efecto de la gravedad:** el efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales.

La relación antes mencionada está dada por el **número de Froude**, la cual nos describe le canal como un flujo subcrítico, supercrítico y mixto el cual se representa como:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gD}} \quad (\text{Ecuación 2.25})$$

Donde:

V = es la velocidad de flujo en m/s.

g = es la aceleración de la gravedad en m/s².

D = longitud en metros

CAPÍTULO III

3. Marco práctico

3.1 Descripción de la zona de estudio

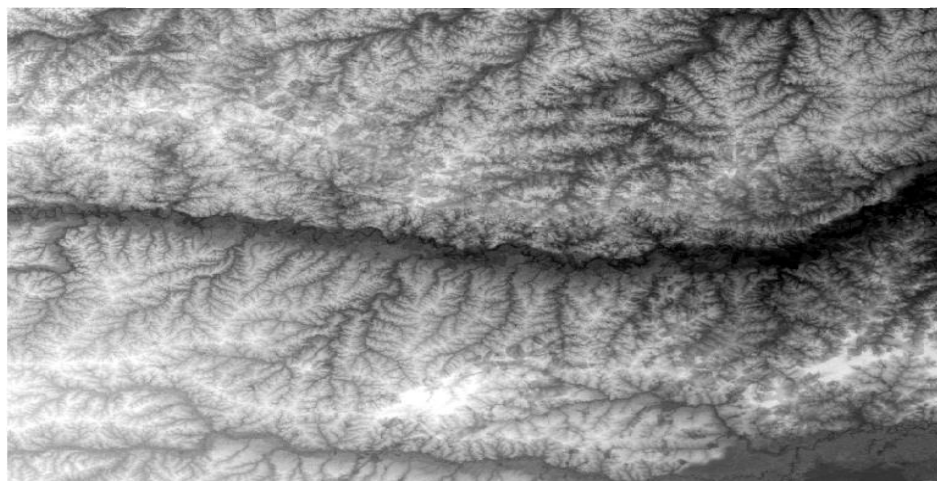
La cuenca del arroyo Bahía-Pichigo se encuentra en el país Bolivia, del Departamento Pando, provincia Nicolás Suárez ciudad de Cobija, limitado al norte con el vecino país Brasil y al oeste con Perú. E igual que la zona de la obra toma que está ubicada en el matadero club Pichigo está a unos 5.62 km de la ciudad de Cobija. El departamento cuenta con una población de 149.200 habitantes según el censo oficial de 2019. La ciudad de Cobija cuenta con una población de unos 74.550 habitantes, y está situada a fronteras del estado brasileño de Acre a una altitud de 228 msnm.

La cuenca Bahía se ubica entre las coordenadas proyectadas UTM WGS84 zona 19S, Latitud sur $11^{\circ}01'08''$ - $11^{\circ}12'45''$ longitud Oeste: $68^{\circ}41'25''$ - $68^{\circ}49'25''$

3.2 Información cartográfica e imágenes satelitales

Las imágenes cartográficas de la zona de estudió fueron obtenidas del satélite Nasa USGS “Servicio Geológico de los ESTADOS UNIDOS”

Figura 3-1 Imágenes modelo de elevación digital (DEM)



Fuentes: Satélite Nasa USGS “Servicio Geológico de los EEUU”

3.2.1 Delimitación de la cuenca

Se hizo el manejo del software ArcGIS 10.3 para la delimitación de la cuenca y sus subcuencas. También se calculó las características geomorfológicas de la cuenca de aportes y los parámetros de entradas en el modelo matemático precipitación - escorrentía en HEC-HMS (centro de ingeniería – sistema de modelamiento hidrológico).

Así mismo se empleó imágenes satelitales “landsat 8” o imágenes de 11 bandas con su código de descarga LC-08/17/2019RT estas imágenes son una serie de imágenes de satélites construidos y puestos en órbita por la USGS “servicio geológico de los estados unidos” para la observación en alta resolución de la superficie terrestre y sus características en diferentes bandas y vegetaciones.

3.2.2 Información pluviométrica

La información pluviométrica utilizada en el estudio fue obtenida de SENAMHI, AASANA de Cobija-Pando, del vecino país Brasil y dos estaciones virtuales del satélite Nasa Giovanni por la cual se logró obtener datos de precipitación de Porvenir y Floresta.

Tabla 3-1 Ubicación de las estaciones meteorológicas.

Estación	Norte (N)	Este (E)	Elevación (Z)
AASANA	8779609.96	523963.948	234
EPITACIOLANDIA	8781775.10	529475.359	200
BRASILEIA	8784051.71	527242.907	215
PORVENIR	8762513.80	535016.652	261
FLORESTA	8765638.96	519893.572	242

Fuente: AASANA, SENAMHI, Brasileia, Epitaciolandia y satélite Nasa Giovanni

Tabla 3-2 AASANA Precipitación mensuales 24 hrs. Max (mm)

Fuente: Elaboración propia.

Estación: AASANA **Este** 523963.948
Dpto.: Pando -cobija **Norte** 8779609.964
Provincia: Nicolás Suarez **Elevación** 234 m.s.n.m

<i>N°</i>	<i>Año</i>	<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>	<i>Marzo</i>	<i>Abril</i>	<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>	<i>24 hrs. Max.</i>	<i>MES</i>
1	1999	53.90	97.00	54.20	37.60	32.00	57.20	18.20	0.00	31.20	31.60	97.20	81.50	97.20	Noviembre
2	2000	45.80	38.90	49.70	13.20	38.70	17.00	32.20	29.00	17.20	117.20	176.70	35.80	176.70	Noviembre
3	2001	73.70	35.40	111.70	64.20	31.30	33.10	4.60	19.20	51.70	76.60	81.70	42.20	111.70	Marzo
4	2002	37.60	44.10	94.40	67.20	39.90	2.20	9.30	7.60	11.60	86.80	68.30	60.20	94.40	Marzo
5	2003	60.50	100.60	39.60	53.20	46.20	1.40	0.80	28.50	33.10	85.90	76.20	73.40	100.60	Febrero
6	2004	55.10	117.00	39.60	19.30	36.10	48.20	13.90	29.20	28.20	65.20	73.50	77.90	117.00	Febrero
7	2005	55.60	82.10	28.00	36.00	6.60	1.10	1.10	9.60	46.20	40.20	74.60	80.60	82.10	Febrero
8	2006	57.90	133.90	45.70	44.60	24.40	32.70	26.40	31.20	26.20	36.20	45.30	58.20	133.90	Febrero
9	2007	30.60	48.20	87.50	66.20	61.60	2.70	9.20	1.10	46.30	36.20	32.40	48.40	87.50	Marzo
10	2008	60.80	104.20	26.90	76.40	3.80	2.40	17.80	60.90	28.64	80.70	61.80	55.10	104.20	Febrero
11	2009	41.80	75.10	71.30	82.20	108.10	33.60	42.30	47.60	55.60	57.20	69.20	138.80	138.80	Diciembre
12	2010	148.70	158.90	49.00	83.00	32.20	0.60	6.90	35.00	45.80	48.80	64.80	76.10	158.90	Febrero
13	2011	54.00	51.20	95.00	65.30	31.00	2.40	0.40	4.60	15.40	27.40	33.00	60.90	95.00	Marzo
14	2012	53.20	66.20	52.40	73.60	40.70	15.50	19.80	15.10	51.10	45.30	68.20	32.90	73.60	Abril
15	2013	48.40	37.00	87.40	21.70	46.70	50.90	27.60	56.70	24.60	27.50	56.20	29.90	87.40	Marzo
16	2014	50.20	59.50	62.80	31.50	39.14	31.80	4.00	43.90	65.20	85.20	60.10	51.50	85.20	Octubre
17	2015	101.00	63.60	40.50	34.50	49.60	31.80	26.16	40.31	10.33	27.59	25.00	26.60	101.00	Enero
18	2016	46.40	65.30	51.00	18.14	39.40	3.60	37.70	29.80	59.34	44.20	66.80	23.70	66.80	Noviembre
19	2017	36.00	65.40	66.10	40.10	11.10	0.30	10.20	40.20	16.70	37.70	35.90	55.50	66.10	Marzo
20	2018	34.20	54.00	41.60	36.60	30.30	11.40	33.96	52.00	29.10	28.20	96.80	49.40	96.80	Noviembre
MAX		148.70	158.90	111.70	83.00	108.10	57.20	42.30	60.90	65.20	117.20	176.70	138.80	176.70	

Tabla 3-3 Epitaciolandia precipitación mensual 24 hrs. Max (mm).

Estación: Epitaciolandia TRMM.4742 (9005742) **Este** 529475.359
Estado: Acre (Brasil) **Norte** 8781765.101
Municipio: Epitaciolandia **Elevación** 215 m.s.n.m.

Nº	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	24 hrs Max.	MES
1	1999	37.24	51.81	32.59	24.14	21.26	34.02	11.62	3.71	21.23	17.76	71.60	53.10	71.60	Noviembre
2	2000	34.40	25.80	27.15	16.47	25.56	16.14	29.31	24.54	10.11	81.84	78.54	39.06	81.84	Octubre
3	2001	79.89	44.52	45.84	32.40	12.18	15.90	5.97	2.91	25.38	39.99	56.46	59.94	79.89	Enero
4	2002	69.06	33.63	46.20	70.50	27.09	5.79	20.07	42.60	8.40	62.04	62.67	40.62	70.50	Abril
5	2003	39.75	131.19	43.65	59.10	58.23	7.08	0.00	21.90	37.29	37.35	78.12	52.89	131.19	Febrero
6	2004	111.66	54.06	29.64	28.86	5.49	24.84	38.70	19.83	21.60	44.07	45.36	30.06	111.66	Enero
7	2005	73.86	43.14	76.47	79.35	11.43	2.82	15.42	3.66	23.55	32.25	39.84	74.70	79.35	Abril
8	2006	55.98	85.71	50.64	32.07	24.21	11.07	13.86	55.89	22.50	53.91	54.99	68.01	85.71	Febrero
9	2007	30.27	60.15	33.06	59.70	104.46	0.00	72.66	0.00	36.78	24.48	68.79	60.57	104.46	Mayo
10	2008	62.73	52.86	40.29	40.86	12.30	3.99	11.43	4.47	31.29	33.99	46.47	36.39	62.73	Enero
11	2009	67.74	28.17	50.52	93.09	101.79	36.03	19.89	123.78	15.06	42.51	39.63	60.51	123.78	Agosto
12	2010	77.40	58.20	45.60	78.84	40.95	9.81	6.54	14.07	53.85	23.70	70.86	58.62	78.84	Abril
13	2011	52.86	28.71	47.55	73.80	106.17	17.73	2.19	4.32	31.62	44.85	44.85	32.34	106.17	Mayo
14	2012	62.10	86.97	21.87	80.79	31.02	8.64	9.75	30.57	34.53	55.11	132.93	35.10	132.93	Noviembre
15	2013	52.11	46.29	66.81	31.74	52.47	20.70	11.43	22.83	8.55	52.29	92.70	22.80	92.70	Noviembre
16	2014	48.75	69.57	86.67	51.87	52.35	12.27	2.31	24.78	23.49	39.24	102.00	85.74	102.00	Noviembre
17	2015	82.89	119.94	37.47	33.27	52.44	4.77	64.38	32.67	10.38	46.68	61.32	32.10	119.94	Febrero
18	2016	58.02	54.51	71.43	68.28	22.17	11.79	2.25	52.68	64.90	118.60	82.20	55.90	118.60	Octubre
19	2017	28.00	81.40	87.90	102.40	6.00	32.30	0.00	11.90	9.80	26.00	48.30	60.10	102.40	Abril
20	2018	96.03	21.20	31.85	20.25	17.48	32.13	24.75	105.05	20.75	22.03	100.63	30.50	105.05	Agosto
	MAX	111.66	131.19	87.90	102.40	106.17	36.03	72.66	123.78	64.90	118.60	132.93	85.74	132.93	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-4 Brasilea precipitación mensual 24 hrs. Max (mm).

Estación: Brasileia TRMM.4742 (9005742) **Este** 527242.907
Estado.: Acre (Brasil) **Norte** 8784051.713
Municipio: Brasilea **Elevación** 200 m.s.n.m

N°	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	24 hrs Max.	MES
1	1999	35.34	36.18	25	18.86	19.79	30.53	9.11	4.05	16.78	17.6	62.27	53.06	62.27	Noviembre
2	2000	35.54	20.74	21.72	16.41	47.19	36.99	39.57	24.54	10.11	81.84	78.54	39.06	81.84	Octubre
3	2001	73.14	56.91	45	29.82	23.7	11.22	13.59	2.31	41.76	39.15	77.91	151.68	151.68	Diciembre
4	2002	68.55	54.93	52.14	44.64	36.06	15.27	22.26	15.42	17.76	51.3	53.1	60.15	68.55	Enero
5	2003	58.44	100.62	41.28	35.58	13.65	13.92	3.63	38.16	32.7	27.51	76.74	37.53	100.62	Febrero
6	2004	103.8	45.21	51.93	18.96	5.91	17.25	15.75	61.92	17.61	51.48	54.12	37.83	103.8	Enero
7	2005	104.46	33.21	37.68	56.52	18.39	3.18	29.22	2.22	7.26	88.83	52.71	71.31	104.46	Enero
8	2006	39	66.72	44.22	42.18	28.86	8.58	16.2	66.3	19.26	51.51	77.01	82.23	82.23	Diciembre
9	2007	34.35	70.86	33.36	22.53	119.88	3.18	53.31	1.86	29.82	43.35	50.4	40.71	119.88	Mayo
10	2008	70.77	48.27	38.1	75.84	15.54	9.15	7.35	18.66	46.71	44.22	37.35	37.89	75.84	Abril
11	2009	37.38	53.07	42.75	106.02	65.85	25.17	17.52	45.84	20.73	50.85	50.79	32.61	106.02	Abril
12	2010	86.31	69.63	26.13	105.42	25.47	2.34	4.92	27.69	46.8	67.68	71.4	37.41	105.42	Abril
13	2011	44.94	35.01	49.26	53.34	56.52	28.59	1.2	5.34	38.73	30.48	82.11	50.64	82.11	Noviembre
14	2012	49.83	71.07	36.6	65.28	22.92	7.2	15.21	9.39	36.24	53.34	78.63	35.31	78.63	Noviembre
15	2013	65.46	38.76	73.47	33.81	43.26	17.67	9.27	48.54	11.82	26.43	78.57	26.64	78.57	Noviembre
16	2014	42.69	66	61.05	55.35	45.12	15.63	1.65	29.25	40.71	41.22	112.95	77.16	112.95	Noviembre
17	2015	169.26	54.78	38.16	37.8	58.89	6.99	52.17	83.67	19.86	36.69	78.72	51.42	169.26	Enero
18	2016	73.95	84.57	74.85	52.35	11.94	9	5.22	33.66	65.8	113.8	68.1	64.6	113.8	Octubre
19	2017	24.4	41.7	69.7	123.3	11.1	6.6	0	24	22.4	36.6	30	45.35	123.3	Abril
20	2018	37.88	17.6	15.95	27.48	44.28	48.6	51.63	60.85	30.7	34.45	50.3	19.33	60.85	Agosto
	MAX	169.26	100.62	74.85	123.3	119.88	48.6	53.31	83.67	65.8	113.8	112.95	151.68	169.26	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-5 Floresta precipitación mensual 24 hrs. Max (mm).

Estación: NASA GIOVANNI FLORESTA **Este** 519893.527
Dpto.: Pando -cobija **Norte** 8765638.966
Provincia: Nicolás Suarez **Elevación** 261 m.s.n.m

N°	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	24 hrs Max.	MES
1	1999	94.27	56.90	44.70	34.56	83.29	50.85	9.27	1.17	30.22	57.87	49.44	55.28	94.27	Enero
2	2000	87.55	24.77	41.79	20.04	18.94	18.96	28.33	43.33	38.30	79.82	124.86	28.63	124.86	Noviembre
3	2001	67.29	44.58	98.07	39.43	53.19	27.99	16.81	19.70	22.54	50.26	62.08	104.63	104.63	Diciembre
4	2002	64.84	54.85	28.10	105.78	29.60	2.64	5.53	9.54	14.89	72.97	33.97	47.14	105.78	Abril
5	2003	90.37	80.03	50.98	21.85	26.24	16.62	0.95	8.81	24.45	34.35	32.39	30.03	90.37	Enero
6	2004	101.67	88.80	24.02	33.72	20.80	11.15	13.39	13.16	13.60	45.71	39.80	22.73	101.67	Enero
7	2005	54.05	48.89	20.93	35.97	9.65	6.67	6.75	15.01	47.76	47.92	25.82	49.76	54.05	Enero
8	2006	32.82	86.59	66.99	69.96	20.57	14.12	9.79	36.01	14.07	32.66	38.29	43.53	86.59	Febrero
9	2007	31.04	92.00	33.34	48.02	33.16	15.37	25.48	3.31	23.04	27.94	63.97	70.40	92.00	Febrero
10	2008	38.36	63.36	40.43	20.34	12.26	11.27	5.84	24.41	11.82	120.74	40.35	30.30	120.74	Octubre
11	2009	48.43	53.90	61.25	86.26	49.35	50.18	43.64	37.48	34.60	58.85	43.96	76.62	86.26	Abril
12	2010	135.46	56.96	59.90	91.32	20.82	0.00	17.32	42.67	41.37	24.20	74.39	36.38	135.46	Enero
13	2011	32.69	22.13	53.17	56.69	22.14	14.40	1.95	11.12	18.42	41.46	66.83	37.10	66.83	Noviembre
14	2012	36.43	41.79	29.94	91.64	15.35	19.75	20.83	18.71	71.09	34.03	85.33	26.86	91.64	Abril
15	2013	30.17	27.16	51.95	18.54	22.68	34.10	16.36	45.29	19.37	32.14	49.01	31.23	51.95	Marzo
16	2014	72.69	71.63	129.97	48.40	30.02	12.87	6.75	27.42	43.78	57.33	68.83	55.54	129.97	Marzo
17	2015	104.80	68.30	35.61	35.11	55.63	14.74	24.56	99.17	9.59	23.34	33.64	49.57	104.80	Enero
18	2016	57.18	58.90	38.89	72.54	26.47	6.73	6.57	25.87	47.31	40.05	37.76	53.43	72.54	Abril
19	2017	33.79	92.28	53.44	52.55	10.79	5.00	8.28	12.58	26.46	44.85	32.74	59.35	92.28	Febrero
20	2018	45.68	54.32	28.54	44.09	17.68	31.32	25.49	24.63	31.59	27.56	52.18	34.87	54.32	Febrero
	MAX	135.46	92.28	129.97	105.78	83.29	50.85	43.64	99.17	71.09	120.74	124.86	104.63	135.46	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-6 Porvenir precipitación mensual 24 hrs. Max (mm).

Estación: NASA GIOVANNI PORVENIR **Este** 535019.6522
Dpto.: Pando -cobija **Norte** 8762513.799
Provincia: Nicolás Suarez **Elevación** 243 m.s.n.m

N°	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	24 hrs Max.	MES
1	1999	84.28	41.53	37.39	25.87	97.81	30.77	11.75	1.71	33.69	43.61	44.12	57.91	97.81	Mayo
2	2000	36.43	32.42	43.39	23.81	18.51	23.62	33.39	39.71	27.98	82.05	76.69	28.93	82.05	Octubre
3	2001	67.03	39.08	107.11	24.99	38.59	35.49	19.44	19.07	16.68	40.65	43.74	61.15	107.11	Marzo
4	2002	97.36	56.28	38.19	113.99	36.65	4.47	5.85	10.42	6.32	111.58	42.75	30.68	113.99	Abril
5	2003	65.12	102.88	36.17	27.18	33.72	8.38	1.46	18.44	60.77	35.44	60.47	30.69	102.88	Febrero
6	2004	135.48	73.11	29.45	39.39	15.59	17.78	27.32	16.82	15.39	26.06	33.84	35.40	135.48	Enero
7	2005	94.78	48.23	43.25	52.26	10.82	9.79	2.18	17.76	58.16	46.84	33.38	49.90	94.78	Enero
8	2006	46.82	91.33	68.60	55.96	22.07	15.77	9.36	22.00	15.86	35.40	29.23	68.16	91.33	Febrero
9	2007	26.92	69.66	41.18	49.25	26.99	5.07	31.40	0.00	35.30	28.18	51.88	83.59	83.59	Diciembre
10	2008	40.97	70.44	44.90	20.18	11.00	6.32	17.69	34.71	16.93	120.08	38.97	40.22	120.08	Octubre
11	2009	41.47	57.50	53.08	84.08	58.18	63.01	31.34	42.37	33.13	94.64	121.09	66.88	121.09	Noviembre
12	2010	150.75	56.76	41.20	94.38	17.10	0.00	21.43	48.93	30.72	18.42	45.62	34.90	150.75	Enero
13	2011	32.11	42.59	32.61	60.43	25.73	21.91	3.11	13.23	29.26	43.99	41.73	56.23	60.43	Abril
14	2012	53.02	48.24	33.11	107.20	14.38	17.62	18.15	30.64	38.34	52.91	76.90	44.07	107.20	Abril
15	2013	32.38	44.39	60.12	33.67	22.87	31.73	14.10	40.19	17.34	45.23	46.95	25.10	60.12	Marzo
16	2014	80.23	81.99	90.84	49.91	60.24	21.00	0.45	24.34	28.74	38.95	59.83	38.67	90.84	Marzo
17	2015	99.73	76.63	34.70	39.89	34.91	11.62	23.32	71.24	8.17	28.42	38.55	36.97	99.73	Enero
18	2016	53.05	80.97	56.45	37.22	46.81	12.54	8.46	32.11	23.45	54.61	26.24	61.91	80.97	Febrero
19	2017	50.17	97.89	47.45	60.71	6.67	8.03	12.00	14.02	14.69	24.11	36.70	75.11	97.89	Febrero
20	2018	69.40	35.19	43.01	24.45	18.64	35.47	30.37	24.25	21.50	69.22	56.25	34.80	69.40	Enero
	MAX	150.75	102.88	107.11	113.99	97.81	63.01	33.39	71.24	60.77	120.08	121.09	83.59	150.75	

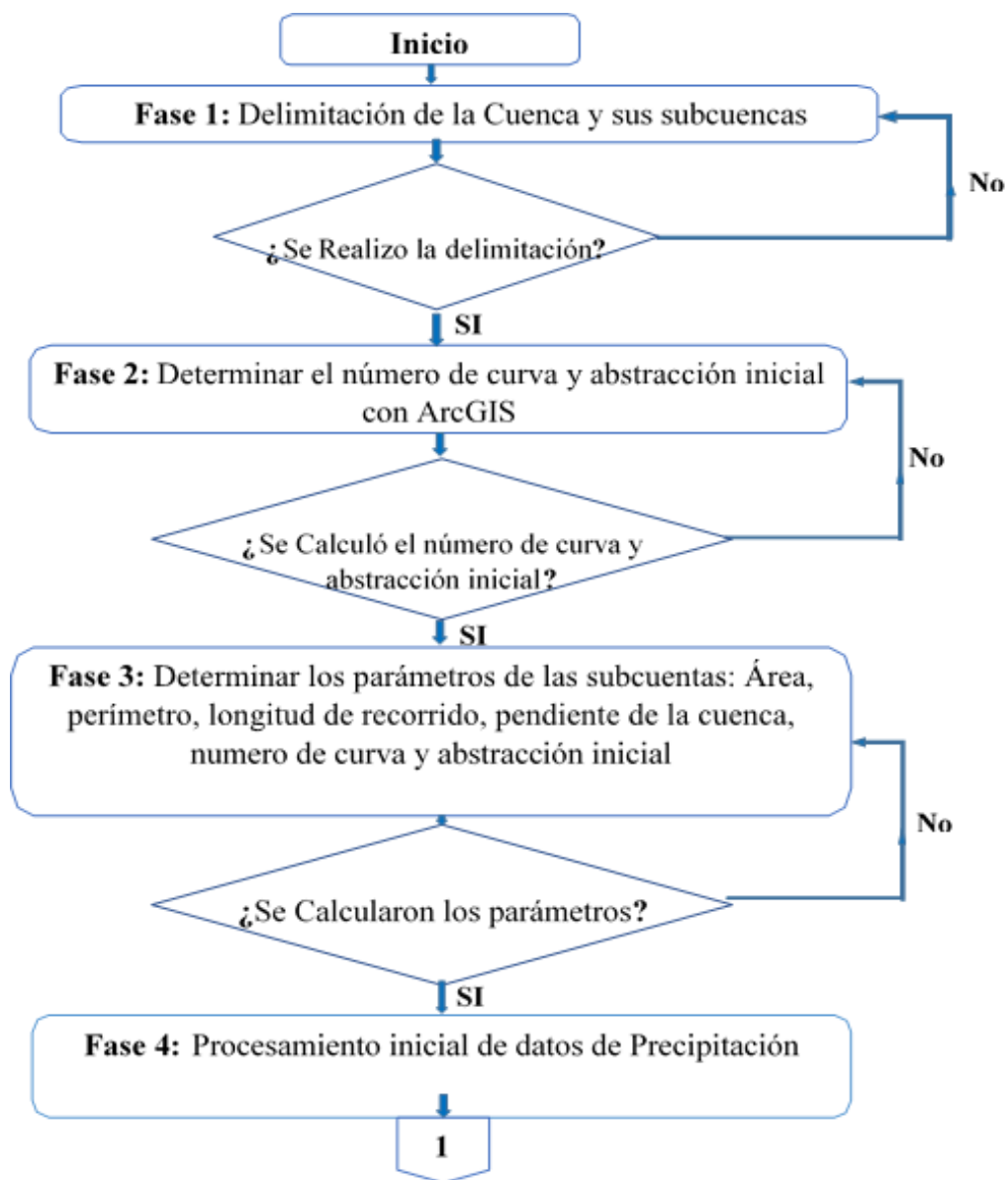
Fuente: Elaboración propia

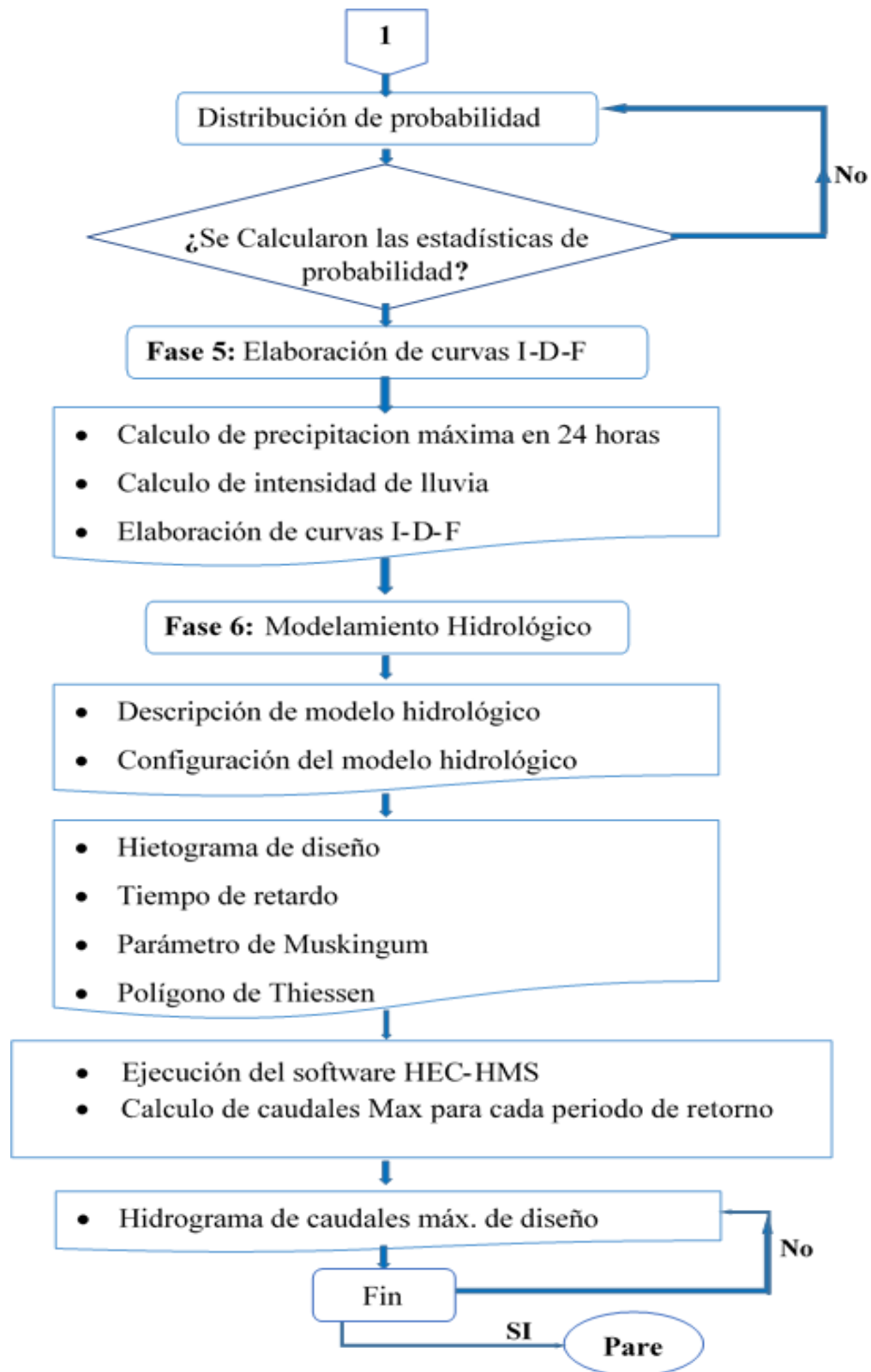
3.3 Métodos

3.3.1 Hidrología

El estudio hidrológico para esta tesis, ha sido agrupado en seis fases con la finalidad de detallar como cada uno de los pasos para desarrollar los objetivos de la presente investigación. A continuación, se presenta el diagrama de flujo.

Figura 3-2 Diagrama de flujo modelo hidrológico.





Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Modelo hidrológico

Fase 1: Delimitación de la Cuenca y sus subcuencas

Para la delimitación de la cuenca Bahía-Pichigo se empleó el ArcGIS 10.3 y los menús "Preprocessing" (procesamiento del terreno) y Project Setup (configuración del proyecto) de la extensión Hec-GeoHMS, para lo cual fue necesario emplear un Modelo Digital de Elevación (DEM), el cual fue obtenido de la "USGS".

El procesamiento del terreno se usó como entrada para obtener 9 conjuntos de datos que describen los patrones de drenaje de la cuenca y permiten la delineación de las subcuencas y la red de drenaje. Los primeros 6 pasos son en formato "grid" (valores celda a celda o raster) y los siguientes 3 son en formato "vector" (información de puntos, líneas y polígonos):

Llenar huecos del "DEM" (Fill the sinks): Se corrige el "DEM", para obtener un terreno hidrológicamente corregido, esta función corrige las depresiones, es decir, aumentando la cota de las celdas que estén rodeadas completamente de celdas con mayor cota, asignándole a dicha celda la menor cota de las celdas circundantes, de esta manera el agua podrá fluir de una celda a otra sin estancarse.

Dirección del flujo: Esta función calcula la dirección de flujo para una de las celdas dada estos valores en las celdas de la grilla dan la dirección del flujo que indica la dirección de la pendiente más escarpada de esa celda.

Acumulación del flujo: Esta función determina el número de celdas que drenan a cada celda, el área de drenaje de una celda dada se calcula multiplicando el número de celdas por el área de cada celda en la cual estará el flujo acumulado.

Definición de corriente: Esta función clasifica todas las celdas con flujo procedente de un número de celdas mayor a un umbral definido por el usuario, cuanto menor sea el umbral, mayor será el número de subcuencas.

Segmentación de corrientes: La función divide los cauces en segmentos, es decir en tramos de cauces situados entre dos uniones de cauces sucesivas, una unión y la salida o una unión y el límite de la cuenca.

Delineación del Grid de sub cuencas: Esta función crea un grid en la que cada celda tiene un valor (código) indicando a cuál subcuenca pertenece. El valor corresponde aquel llevado por el segmento de corriente que drena esa área, y que son definidos en el enlace de la red de corriente.

Procesamiento polígono de las sub cuencas: Función que convierte las subcuencas de formato grid a formato vector, cada polígono está identificado con su respectivo código.

Procesamiento de líneas de drenaje: Función que convierte los cauces de formato grid a formato vector, cada línea del nuevo elemento está identificado con el código de la cuenca.

Procesamiento de sub cuencas adjuntas: Función que une las subcuencas que vierten a cada confluencia de cauces.

La configuración del proyecto incluye tres fases:

Gestión de Datos “Data Management”: Consiste en gestionar y compatibilizar los datos del menú "Preprocessing".

Comenzar nuevo proyecto “Start New Project”: Consistió en iniciar un nuevo proyecto para definir el área del proyecto, partiendo de un punto desde donde se realizó el estudio con dirección aguas

Arriba (pestaña Add Project Points).

Generar proyecto “Generate Project”: Se generó un proyecto en el cual se definió las sub cuenca y ríos aguas arriba del punto antes adicionado.

La delimitación de la cuenca Bahía-Pichigo, se obtuvo mediante la unión de las cinco subcuencas obtenidas anteriormente (Comando Marge).

Fase 2: Determinar mapa hidrológico, pendiente y cubierta vegetal

El número de curva (CN) es un índice de la potencialidad de producir escorrentía de una cuenca y es inversamente proporcional a la máxima capacidad de retención de la misma. Un CN=100 representa una máxima capacidad de retención “S” igual a cero, esto es un terreno totalmente impermeable y un CN= 0 representa una capacidad de retención infinita, esto es un terreno permeable e insaturable.

La abstracción inicial (I_a) representa todas las pérdidas antes que comience la escorrentía, asimismo es altamente variable, sin embargo, con información de muchas cuencas rurales ha sido aproximada por la siguiente ecuación empírica:

$$I_a = 0.2 S \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

La retención potencial máxima (S) y las características de la cuenca están relacionadas a través de un parámetro intermedio, el número de curva (CN) es calculado con la abstracción máxima (S) del suelo con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{25400 - 254 \text{ NC}}{\text{NC}} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Para determinar el CN se requieren diversas coberturas de tipo matricial con información avanzada como por ejemplo las imágenes “landsat 8” con las cuales se puede obtener las características físicas y geomorfológicas de la cuenca. Las coberturas deben estar clasificadas mediante números primos para determinar el CN en cada celda mediante la metodología propuesta por Temez para la presente tesis se empleó la tabla de CN propuesta por el manual de hidrología de superficie Aparicio ver tabla 2-5 pág. 34 del presente documento, en las coberturas necesarias para aplicar el método son las siguientes: pendiente, grupos hidrológicos y usos - aprovechamientos de suelo.

Pendiente: Obtenido a partir de una imagen “landsat 8” para luego transformarlo en un “DEM” (Comando Slope y reclassify), la condición hidrológica se refiere a la capacidad de la superficie de la cuenca para favorecer o dificultar el escurrimiento directo que se encuentra en función de la cobertura vegetal, la pendiente se clasificó en función de las condiciones hidrológicas para la infiltración, es decir buena si la pendiente es menor al 3% (Código 1) y malas si es mayor o igual a 3% (Código 2).

Grupos hidrológicos:

Grupo A: Suelos profundos muy permeables, incluso saturados, con cantidad elevada de arenas o gravas y con poco a nada de limo y arcillas, con una tasa básica de infiltración entre 8 - 12 mm/hora o más.

Grupo B: Suelos de permeabilidad moderada cuando ya están saturados, franco arenoso, menos profundos que los del grupo A, con una tasa básica de infiltración entre 4 8 mm/hora.

Grupo C: Suelos poco permeables cuando ya están saturados, franco arcilloso o que presentan algún estrato impermeable que hace difícil la infiltración con una tasa baja de permeabilidad, entre 1 - 4 mm/hora.

Grupo D: Suelos con gran impermeabilidad, arcillosos, profundos o que poseen un subsuelo impermeable, estos suelos tienen una tasa básica de infiltración muy baja, 1 mm/hora.

Para obtener el mapa de CN, se superpuso los mapas de pendiente, grupo hidrológico y usos-aprovechamientos de suelo con su respectivo código (número primo) para cada subcuenca; con el fin de adicionar un campo al shapefile (Add Field) el cual es el producto de los códigos de cada mapa, que genera la extensión del Hec-GeoHms del sistema de información geográfica Arcgis.

Fase 3: Procesamiento de parámetros con la extensión Hec-GeoHMS Y Archydro

se usó la extensión del Hec GeoHMS para la delimitación de cuencas (Preprocessing) y la configuración del proyecto (Project Setup), en el presente Ítem se indican las cuatro pestañas adicionales empleadas por el Hec GeoHMS y Archydro:

Basin Processing: La finalidad fue el procesamiento de la cuenca, definiendo las subcuencas y ríos (merge) con sus respectivos códigos que conformarán la cuenca Bahía-Pichigo, así como la visualización del perfil longitudinal de los ríos.

Characteristics: La finalidad fue calcular las características físicas de ríos y subcuencas, que involucró el cálculo de mapa de pendientes (Slope), longitud y pendiente de los tramos del río, pendiente de las subcuencas, longitud de recorrido más largo por subcuencas.

Fase 4: Procesamiento inicial de datos de precipitación

- ✓ Completamiento de datos faltantes de precipitación máxima en 24 horas de la zona de estudio.
- ✓ Análisis de datos de precipitación a través de las distribuciones estadísticas de probabilidades tales como, los modelos de mayor aceptación y mediante los cuales se efectúan normalmente el análisis son Gumbel y Log Pearson tipo III, manual de hidrología y drenaje pág. 29
- ✓ Cálculo de la prueba de bondad de ajuste con el método de Kolmogórov-Smirnov.

Fase 5: Elaboración de las curvas Intensidad, Duración y Frecuencia

- ✓ Cálculo de precipitación máxima para tiempos de duración 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 y 24 horas, afectados por los coeficientes de duración definidos por manual de hidrología, hidráulica y drenaje.
- ✓ Cálculo de la intensidad de lluvia para los periodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años.
- ✓ Obtención de los coeficientes de la ecuación de intensidad aplicando regresión lineal.

- ✓ Tabulación de los valores de intensidad para los periodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50, 100 y Presentación de gráficas IDF de cada estación oficial meteorológica a partir de los valores obtenidos en la tabulación.

Fase 6: Modelamiento hidrológico

- ✓ **Elaboración de Hietograma:** Con las curvas IDF obtenidas de cada estación, se procedió a obtener sus hietograma con el método de Bloque Alternos y Dyck y Peschke, cada periodo de retorno tiene un hietograma de diseño específico es por ello que se generó una duración de tormenta con un intervalo de 2 hora de la cual se mostrara en el Tabla 3.8.

Tabla 3-8 Hietograma de tormenta 24 Hr

tormenta de 24 hr	
hora t	t/24
0	0.00
1	0.30
2	0.39
3	0.46
4	0.52
5	0.57
6	0.61
8	0.68
12	0.80
18	0.91
24	1.00

Fuente: D.F. Campos A, 1978

- ✓ **Calculo del tiempo de concentración y de retardo:** El tiempo de retardo (T_{re}) es un dato que requiere en el HEC HMS y está en función del tiempo de concentración, ver Tabla 2-4 pág. 27, el tiempo de concentración se calculó con diversas fórmulas para seleccionar el valor adecuado.

✓ **Fórmula de Kirpich**

$$Tc = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m

S = pendiente promedio de la cuenca m/m

✓ **Fórmula de Temez**

$$Tc = 0.3 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.76} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m

S = pendiente promedio de la cuenca en %

✓ **Fórmula de California**

$$Tc = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.76} \quad (\text{Ecuación 3.5})$$

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, km

H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y salida, m.

✓ **Fórmula de Ven Te Chow**

$$Tc = 0.096 \left(\frac{L^3}{\sqrt{S}} \right)^{0.64} \quad (\text{Ecuación 3.6})$$

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, km

S = pendiente promedio de la cuenca m/m.

✓ Descripción del modelo hidrológico

✓ Configuración del modelo hidrológico

- ✓ Creación de elementos hidrológicos: subcuenca, unión de cauces, de tránsito de avenida y un sumidero o punto de aforo.
- ✓ Input de datos: descripción de subcuenca, área, lluvia neta o efectiva (loss method), método de escorrentía directa (transform method), abstracción inicial (Ia), número de curva (CN), impermeabilidad y tiempo de retardo (lag time).
- ✓ Input de datos de tránsito de avenidas por el método de Muskingum y precipitación de cada estación pluviométrica.
- ✓ Modelación meteorológica asociado a los registros de estaciones pluviométricas con la subcuenca que corresponda
- ✓ Intensidad combinada mediante 4 estaciones correlacionadas para obtener intensidad para cada periodo de retorno respecto a su intervalo de tiempo, obtenido por el método del Polígono de Thiessen y las especificaciones de control.

Cálculo del caudal con el HEC HMS: En el “HEC HMS” se cargó el archivo exportado del ArcGIS 10.3 (Hec GeoHMS y Archydro) y se visualizó el esquema de la cuenca Bahia – Pichigo con sus respectivos datos, por lo que se procedió a ingresar el valor de tiempo de retardo obtenido del ítem anterior, enlazar los hietograma realizados por el método de bloque alterno con un evento de tormenta de 24 horas para distintos periodos de retorno.

Datos que son de prioridad para el modelamiento del programa hidrológico “HEC HMS” ya que este modelo se divide en cuatro etapas las cuales son (Basin Model) que tiene como dato de entrada las delimitaciones de las subcuencas o cuenca individual, luego el modelo (Time- Series Data Manager).

En la cual tienes para introducir datos como el tiempo de retardo, número de curvas y abstracción inicial, luego (Meteorologic Models) y como última parte del modelo es el de (Control Specifications Manager), para finalmente correr el programa para los períodos de retomo de 10, 25, 50,100 y 500 años. El resultado obtenido es el primer resultado sin calibración ni validación. Tal así que la ejecución del modelo hidrológico con todos los parámetros ingresados (para la ejecución del “HEC-HMS” con los datos de cuenca para esta presente tesis, ver anexo A pág. 195).

3.3.3 Trabajo de campo

Comprendió en la instalación de un equipo meteorológico móvil marca “PCE instrumentos modelo: FWS20”, que tuvo un costo total de 2450 Bs, este equipo fue comprado con el único propósito de recaudar datos climáticos dentro de la cuenca este equipo fue requerido de la empresa “IDETECA”.

3.3.4 Descripción detallada del equipo

Esta estación meteorológica es un equipo multifuncional que cubrirá sus expectativas ya que nos permite detectar de forma precisa la dirección del viento, la velocidad del viento, la temperatura, la humedad relativa y la precipitación. Esta es solo una pequeña selección de las presentaciones que ofrece esta estación meteorológica.

Los valores meteorológicos se envían por radio a la base a una distancia máxima de 100 metros también esta estación meteorológica está equipada con la última tecnología en el análisis meteorológico, una pantalla táctil que permite recuperar de forma muy sencilla los valores, un transmisor que es alimentado por un módulo solar y dos pilas recargables, un cable USB que le permite transmitir los datos de la estación meteorológica a su PC o portátil.

Figura 3-3 Muestra la descripción del equipo.



Fuente: de <https://www.idtecabolivia.com>

3.3.5 Instalación de la estación meteorológica

Para la instalación del equipo meteorológico fue coordinado con el propietario de la propiedad privada club Pichigo para así no tener ningún inconveniente y es por ello que el 1° de mayo de 2019 se coloca el equipo hidrológico dentro de la zona de estudio. *Fuente:*

Figura 3-4 Fotografías de la instalación del equipo.



elaboración propia

3.3.6 Ubicación satelital del equipo

El equipo está ubicado en la Zona 19 sur con coordenadas UTM de $x = 525572.91$ E, $y = 8776967.74$ S.

Figura 3-5 Ubicación satelital del equipo



Fuente: Google Earth 2017 elaboración propia.

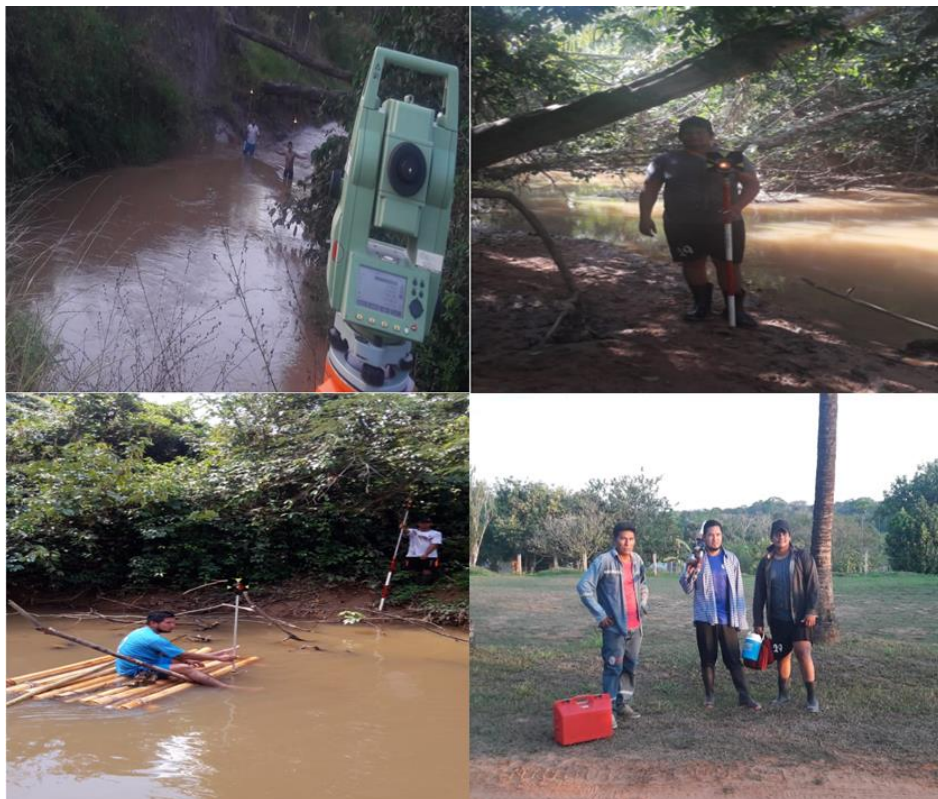
3.4 Hidráulico

3.4.1 Topografía

La información topográfica del arroyo Bahía se obtuvo mediante un levantamiento topográfico cada 10 metros en el tramo en estudio, 200 metros aguas abajo y 260.14 metros aguas arriba en el arroyo Bahía con equipo topográfico Estación Total, tomada con tres puntos de referencia sacados con la estación GPS RTK, que se realizó el mes de julio del 2019. En tiempo seco o estiaje.

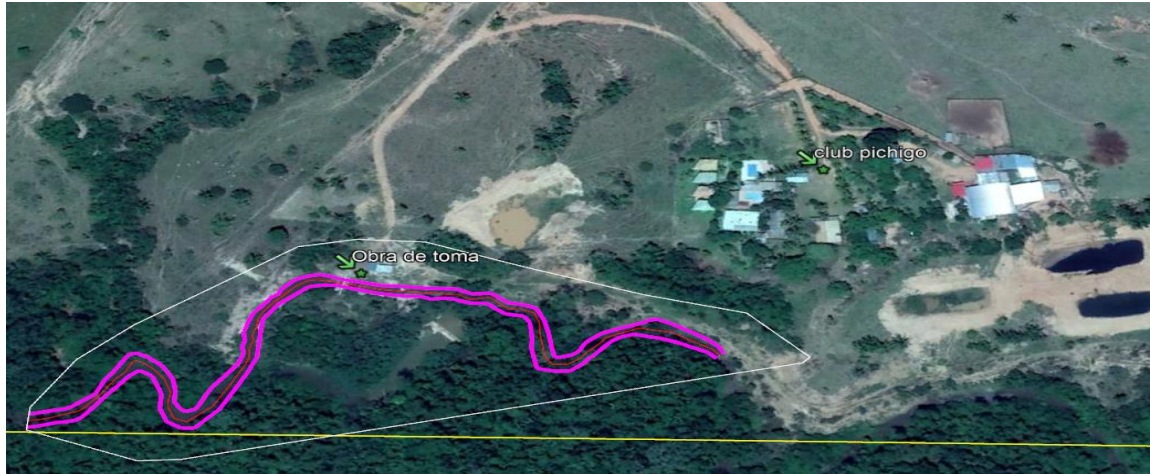
Para obtener los puntos topográficos del eje del río se construyó una balsa con el material que avía en la zona. Como ser palo balsa de la familia Bombacaceae nombre científico *Ochroma lagopus*, para poder movernos con más facilidad por el centro del río

Figura 3-6 Proceso de levantamiento topográfico en la zona de estudio arroyo Bahía



Fuente: elaboración propia

Figura 3-7 Zona de estudio club Pichigo obra de toma arroyo Bahía



Fuente: Google Earth 2017 elaboración propia.

3.4.2 Materiales, equipos y programas de cómputo

1. Estación total
2. Prismas
3. Nivel de ingeniero
4. Regla nivel
5. GPS
6. Wincha de 50 m
7. Cámara fotográfica
8. Laptop personal Intel Core i7
9. Programa de computo: Paquete Microsoft Office 2016 (Excel, Word), ArcGIS 10.3, HEC RAS 5.4, HEC HMS 4.3, Hidroesta 2, Autocad Civil 3D 2018,
10. Extensiones para los modelos: Hec-GeoHMS y Archydro.

3.4.3 Aforos

En el arroyo Bahía se realizó los aforos de un año hidrológico en una de las secciones transversales con la finalidad de ver cómo se comporta durante ese periodo y saber el caudal que tiene el arroyo Bahía en tiempo de llenuras y estiaje.

Usando como método de aforo el instrumento molinete y el método flotador, porque se tomó estos dos métodos debido que solo contamos con un micro-molinete SEBA M1 para arroyos con menor profundidad como riachuelos por motivo de que su hélice no está sujeta a un seguro y cualquier movimiento mal dado la velocidad del flujo se lo llevaría con gran

facilidad dejan así a medias los aforos diarios, Por esa razón optamos por aplicar el método flotador en tiempos de llenura, en otras palabras en días de lluvias. Así poder tener datos diarios del caudal que pasa por el arroyo Bahía.

Figura 3-8 Descripción del equipo usado en este estudio

Minimolinete M1

El **minimolinete M1 de SEBA** sirve para medir la velocidad de la corriente del agua en laboratorios, modelos, arroyos, ríos y canales con reducido nivel de agua, así como en tuberías de pequeño diámetro.

Ventajas especiales:

- empleo universal
- baja velocidad de arranque
- transmisión de muy baja fricción
- realizado en materiales totalmente anticorrosivos
- sistema modular

Descripción:
El equipo completo está constituido por el molinete propiamente dicho, la barra-soporte con pie, cable y la caja-contador de impulsos (fig.7).

Dimensión y rango de medida de las hélices

diámetro	paso de la hélice	velocidad máx. con caja-contador Z1	velocidad de arranque
50 mm	250 mm	2,5 m/s	0,03 m/s
50 mm	500 mm	5,0 m/s	0,05 m/s
50 mm	100 mm	2,5 m/s	0,025 m/s
50 mm	50 mm	1,0 m/s	0,025 m/s
30 mm	100 mm	2,5 m/s	0,03 m/s
30 mm	50 mm	1,0 m/s	0,03 m/s

Determinación de la velocidad de la corriente
Se recomienda el tarado del minimolinete con la hélice correspondiente, a fin de poder determinar la velocidad de la corriente de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V = k \cdot n + \Delta$$

donde:
 V = velocidad de la corriente (m/s)
 k = paso hidráulico de la hélice (m) *
 n = revoluciones de la hélice por segundo
 Δ = constante del molinete (m/s) *

*) determinados mediante ensayos en canal de tarado

Maleta de instrumentos
El minimolinete, con piezas de re- cambio y accesorios pero sin contador, se conserva en una maleta realizada en aluminio y resistente a la intemperie, con compartimentos individuales de plástico para cada una de las piezas. (fig. 8)
Dimensiones: 553 x 225 x 90 mm
Peso: 3,2 kg

Piezas de recambio
Dos rodamientos de bolas especiales, aceite para el molinete, herramientas tales como destornillador y llave especial.

Accesorios
Hélices, barra-soporte con pie, 4m de cable de unión, pinza especial para sujeción a barra-soporte de 20mm de diámetro y pieza para desplazamiento.



fig. 7: Mini molinete M1 sobre barra 9 mm dia.



fig.8: caja de transporte

El minimolinete M1 de SEBA es de empleo universal, pero a pesar de ello no puede sustituir completamente a un molinete de tamaño mayor.

Fuente: www.seba.de (manual del minimolinete seba m1).

En este caso optamos por la hélice de diámetro 50 mm para arroyos no tan profundos la mínima y máxima profundidad es de 20 cm a 70 cm. Que presentaba la sección de aforo.

Luego el ancho de la sección medida diariamente se dividió en seis partes iguales para tener áreas y velocidades iguales y en cada área se colocaba la hélice del minimolinete girando por 30 segundos ya programado en el contador Z6 y con una velocidad de arranque de 0.030 m/seg, a profundidades medidas multiplicadas por un porcentaje de 40% ya que las profundidades no eran mayor a un metro si fuera el caso se multiplicaban por un porcentaje de 60 % o 80 % tendríamos que promediar las velocidades pero resultaron ser menor se optó por 40% teniendo así las revoluciones sobre segundo. Lo cual vendría la determinación de la velocidad de la corriente aplicando la ecuación del Manual del equipo.

$$V = K * N + \Delta \quad (\text{Ecuación 3.7})$$

V = velocidad de la corriente m/seg

K = paso hidráulico de la hélice m

n = revolución por segundo m/seg

Δ = Constante del molinete m/seg

Para la luego tener los caudales diarios usando la ecuación de continuidad que es:

$$Q = A * V \quad (\text{Ecuación 3.8})$$

A = Area m²

V = velocidad de la corriente m/seg

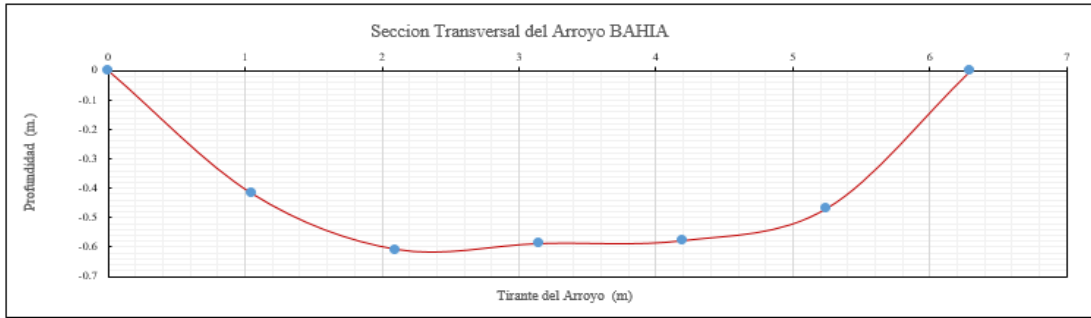
A continuación la imagen muestra las dos hojas de cálculo que se usó para los métodos minimolinete SEBA M1 y flotador.

Figura 3-9 Método del molinete para caudales

CALCULO DEL CAUDAL DEL ARROYO BAHIA

Hora de Inicio: **15:00** p m
 Hora de finalización: **16:00** p m
 Ancho de secc. De Aforo: **6.30** m

Fecha: **08 de Mayo 2019**
 Tipo de medicion: **Met. Molinete**
 Modelo del Molinete: **Minimolinete M1 SABA**



DATOS DE CAMPO			DATOS DE CAMPO DEL MINIMOLINETE SABA				
Distancia acumulada	Profundidad de la seccion	Distancia (m)	Profundidad	porcentajes de prof.		Profundidad (m)	
				40% ≤ 1m, 40% y 60% ≥ 1m		y ₁	y ₂
0	0	0	0.34	0.4	0.00	0.14	0
1.05	0.42	1.05	0.61	0.4	0.00	0.24	0
2.1	0.61	1.05	0.56	0.4	0.00	0.22	0
3.15	0.59	1.05	0.65	0.4	0.00	0.26	0
4.2	0.58	1.05	0.45	0.4	0.00	0.18	0
5.25	0.47	1.05	0.28	0.4	0.00	0.11	0
6.3	0	1.05	0	0.4	0.00	0	0

Calculo de la velocidad del Arroyo Bahia				ecc. $V = K * n * \Delta$ del minimolinete		
Profundidad	Revoluciones	tiempo (seg)	n = (Rev/seg)	K = paso hidraulico de la helice (m)	Δ constante del molinete m/seg	velocidad m/seg
0.14	31	30	1.03	0.250	0.030	0.288
0.24	84	30	2.80	0.250	0.030	0.730
0.22	89	30	2.97	0.250	0.030	0.772
0.26	95	30	3.17	0.250	0.030	0.822
0.18	63	30	2.10	0.250	0.030	0.555
0.11	32	30	1.07	0.250	0.030	0.297

calculo de la velocidad (m/seg)				
velocidad de la altura y ₁	velocidad de la altura y ₂	velocidad Prom.(m/seg)	Areas m ²	Caudal Q m ³ /s
0.29	-	0.288	0.2205	0.064
0.73	-	0.73	0.54075	0.395
0.77	-	0.77	0.63	0.486
0.82	-	0.82	0.61425	0.505
0.56	-	0.555	0.55125	0.306
0.30	-	0.297	0.24675	0.073

$Q_{total} = 1.829$ m³/seg
 $Q = 1829.00$ lts/seg

Fuente: Elaboración propia.

Método flotador

Para este método se usó en días de lluvias cuando el caudal era mayor a un metro los instrumento fueron una wincha de 50 metros. Palo de balsa de tamaño 20 cm y de diámetros 3 pulgadas. Eran lanzadas del punto de aforo a 20 metros aguas arriba y se cronometró el tiempo en que llegaba la balsa para así tener los tiempos, luego las velocidades, se repitió 10 veces. Para las áreas se media cada un 1 metro el ancho para luego calcular las áreas por el método trapezoidal.

Una vez obtenidas las velocidades y las áreas solo queda multiplicar por un factor de error o correlación en este caso tomamos el 0.80 y tendrás el caudal aforado.

$$Q = k * v * A \quad (\text{Ecuación 3.8})$$

V = velocidad de la corriente m/seg

K = factor de correlación 0.7 - 0.90 de error

A = Área de la sección m²

Figura 3-10 palos de balsa para obtener la velocidad de la sección



Fuente: fotografía de campo

Figura 3-11 Método del flotador para caudales

CALCULO DEL CAUDAL DEL ARROYO BAHIA METODO FLOTADOR

Hora de Inicio:	16:07 p.m	fecha	01 de Abril 2019
Hora de finalizacion:	16:55 p.m	Tipo de medicion	Met. Flotador
Ancho de secc. De Aforo	6.80 m	$D_{Recorrida} =$	20.00 m
Factor de corrección	0.83		

DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO					caudal		
n°	Distancia acumulada	Profundidad (m)	Distancia (m)	Tiempos (s)	velocidad Sup. (m/seg)	Areas (m²)	Caudal Q m³/s
1	0.00	0.00	0.00	22.52	0.89	0.345	0.27
2	1.00	0.69	1.00	22.26	0.90	0.695	0.54
3	2.00	0.70	1.00	22.24	0.90	0.735	0.58
4	3.00	0.77	1.00	21.10	0.95	0.755	0.59
5	4.00	0.74	1.00	22.10	0.90	0.700	0.55
6	5.00	0.66	1.00	20.09	1.00	0.540	0.42
7	6.00	0.42	1.00	19.07	1.05	0.168	0.13
8	6.80	0.00	0.80	21.50	0.93	0.000	0.00
9			0.00	22.30	0.90		
10				19.60	1.02		
11				0.00	0.00		
					0.94 m/s	3.938 m²	3.082 m³/seg

Q = Caudal en m³/s,

Vs = Velocidad Superficial m/s,

Ap = Área transversal de la sección, m²

K = Factor de corrección, q depende del material del fondo del canal

DATOS:

ecc. $Q = K * V_s * A$

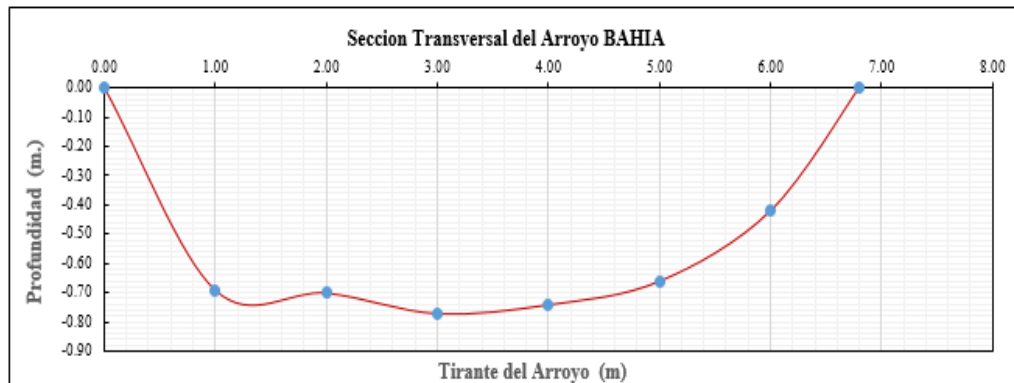
k = 0.83

v_s = 0.94 m/s

A_p = 3.94 m²

$Q_{total} = 3.082 \text{ m}^3/\text{seg}$

$Q = 3082.00 \text{ lts}/\text{seg}$



Fuente: fotografía de campo

3.4.4 Modelamiento hidráulico

3.4.5 Procesos del levantamiento topográfico

Consistió en crear unas curvas de nivel, en base a todos los puntos topográficos, obtenidos en campo luego de lo cual se corrigió la superficie si presentaba alguna incoherencia. En el software CIVIL 3D 2018.

3.4.6 Selección de la rugosidad de Manning

Para adoptar un coeficiente de Manning acudimos a las tablas de Ven Te Chow que está en la tabla 2-6 pág. 46, ya que estas nos clasifican la rugosidad por las características que presenta los canales naturales. Mediante el recorrido y visita de campo en la zona de obra de toma, y por las características que presenta alrededor del canal tanto para la margen derecha e izquierda y del canal las rugosidades son:

- a) Margen izquierda $n = 0.040$
- b) Dentro del canal $n = 0.043$
- c) Margen derecha $n = 0.040$

3.4.7 Calculo de la pendiente

Se determinó la pendiente del río sacada de las curvas de nivel del levantamiento topográfico en la zona de estudio de la cuenca Bahía. $S = 0.0038$ m/m.

3.4.8 Modelamiento Hidráulico en HEC-RAS 5.0.4

a) Generación de datos geométricos

Creación de curvas de nivel en el civil 3D, 2018 luego crear polilíneas dibujando los bordes del río y una en el eje central del río luego exportar al HEC-RAS 5.0.4 luego.

Consistió en hacer una nueva pestaña “HEC-RAS 5.0.4” es un software de análisis de ríos hecho en el centro de ingeniería hidráulica del cuerpo del ejército de los Estados Unidos. Procedemos al proceso de la simulación, cual incluye los siguientes pasos:

- ✓ Iniciar un nuevo proyecto
- ✓ Importar geometría del civil 3d 2018

b) Importación

Importar el archivo RAS GIS desde el editor de Geometric Data con la pestaña Import Geometry/GIS Format. Una vez que los datos se importaron, el editor Geometric Data mostró una vista esquemática georreferenciado del sistema fluvial, para luego realizar una verificación de que la calidad de datos sea razonable tales como los Valores "n" de Manning y las estaciones de cada sección.

c) Ingreso de datos hidráulicos

Para modelar se requirió Ingresar datos de flujo, la forma de ingreso de este dato está disponible bajo la opción Edit! Steady Flow Data, los datos de flujo consisten en:

- ✓ Número de perfiles a ser computado
- ✓ Datos de flujo: caudales para diferentes periodos de retorno.
- ✓ Condiciones de contorno

Las condiciones de contorno se asignan al presionar "Reach Boundary Conditions" que se admiten son:

- ✓ Know W.S.: Nivel de agua conocido, adecuada si se conoce un nivel en alguna sección transversal.
- ✓ Crítica! Depth: Profundidad crítica. Adecuada si existe alguna Sección de control. En esta opción no se exige ningún dato Adicional.

- ✓ Normal Depth: Profundidad normal, adecuada para situaciones donde el flujo se aproxime a uniforme. Exige introducir la Pendiente del tramo de influencia. Este método será empleado para el presente estudio.
- ✓ Rating Curve: Curva de gasto, adecuada si existe alguna sección de control con una relación entre el calculado y caudal fijo.

d) Ejecutar la simulación

Para crear la simulación hidráulica de cauce es necesario crear un plan que incorpore un fichero de datos de geometría y otro de datos hidráulicos, mediante el Run/Steady Flow Analysis, donde se seleccionó el régimen de flujo que se espera encontrar (sub crítico, super crítico o mixto), si no estamos seguros se recomienda usar la Opción "Mixed", pero debemos tener en cuenta que esta opción exige condiciones de contorno aguas arriba y aguas abajo, para el estudio se empleó la opción "Mixed" porque no se conoce el tipo de flujo; finalmente se ejecutó el icono "Compute" para calcular la simulación para obtener la vista 3d, las secciones transversales, área, velocidad, número de Froude, cota de agua y las profundidades simuladas para cada periodo de retorno.

e) Resultados desde HEC-RAS:

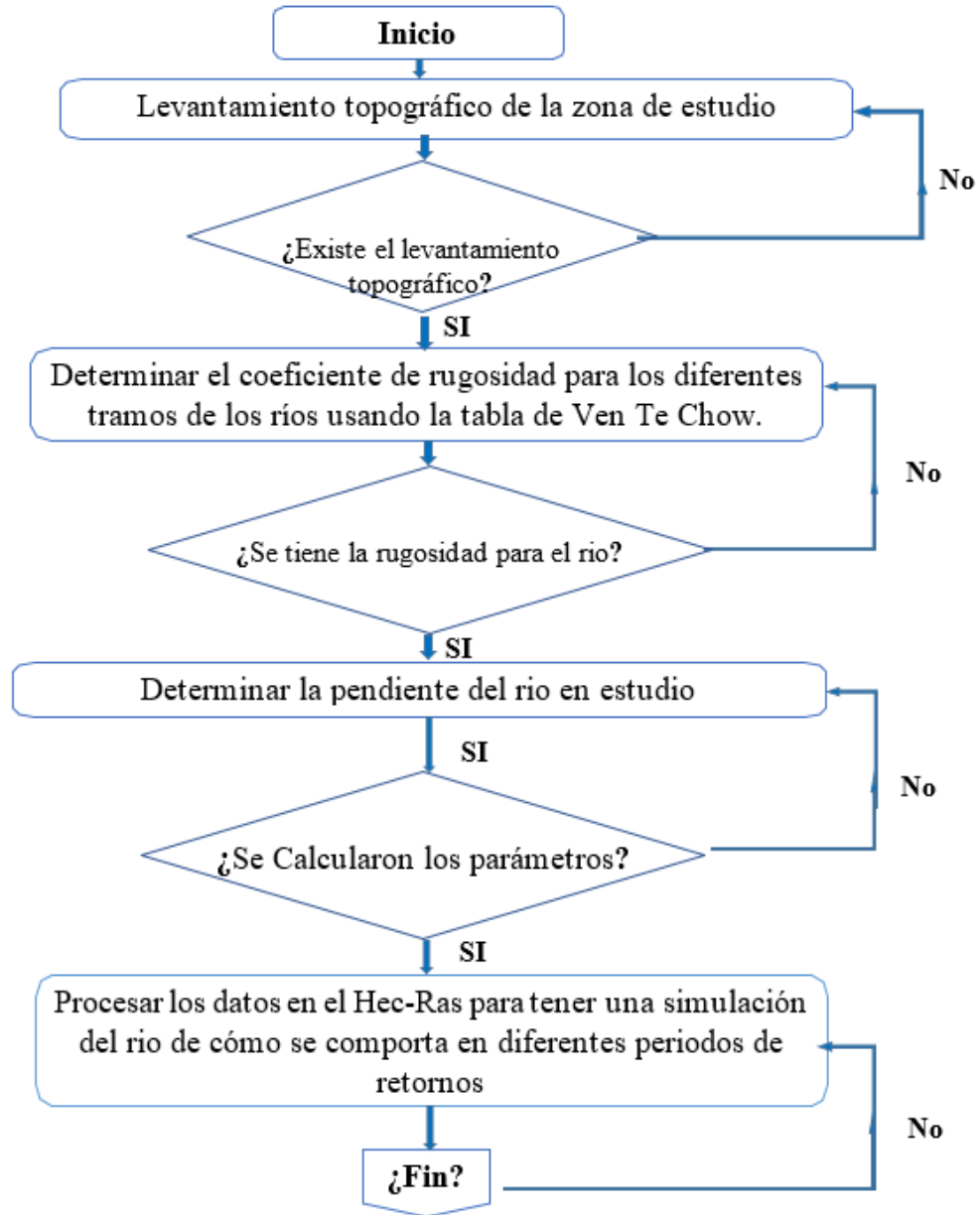
Todo el resultado se puede ver en la ventana principal "view". Puedes ver la sección entres 3D "x-y-z "perspective plot" secciones para cada periodo de retorno calculadas "cross-sections", los resultados y cálculos de cada sección del río en tablas "cross section output", los perfiles "profile summary table" y los errores de cálculos para corregir y volver a recalcular "summary err,warn, notes..." y las velocidades. Se empleó la pestaña Export GIS Data desde la ventana principal del HEC-RAS, además se indicó los perfiles de flujo a exportar y la velocidad de flujo.

En esquemas 3d "x-y-z "perspective plot" puedes ver los caudales para cada periodo de retorno, donde hay más velocidad del flujo de agua en el canal.

3.4.9 Flujograma

La Figura 3-12 muestra el flujograma para el modelamiento hidráulico.

Figura 3-12 Flujograma del modelamiento hidráulico



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

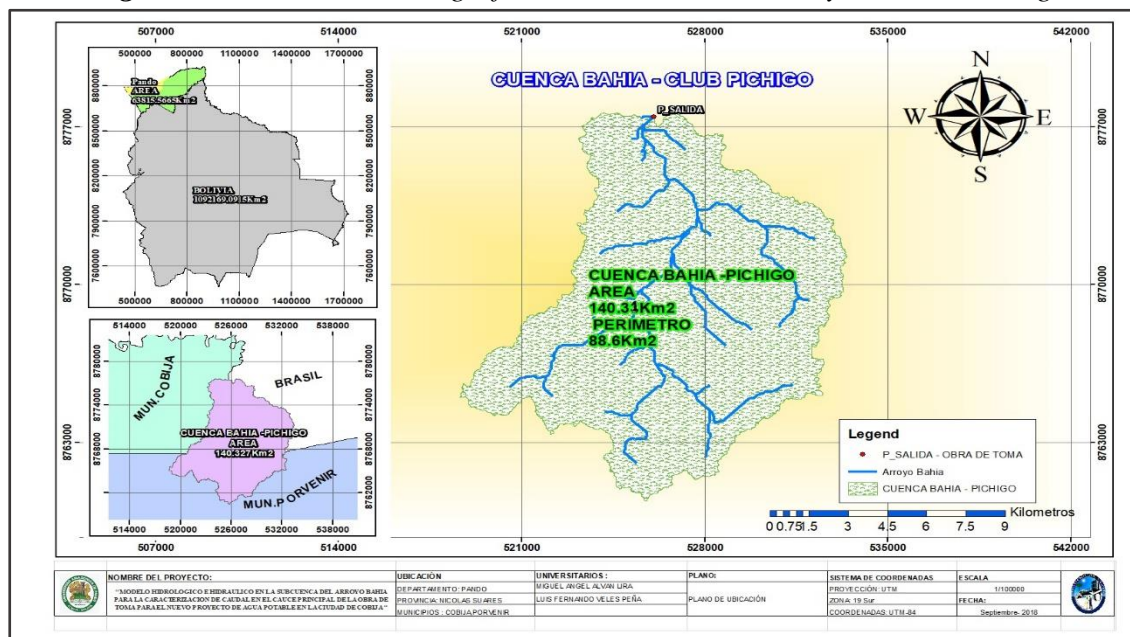
4. Cálculos y resultados

4.1 Estudio Hidrológico

Para la delimitación de la cuenca se tomó de referencia como punto de salida la nueva obra de toma que está ubicada en el club matadero Pichigo. Ya que esta propiedad privada está dentro del municipio de Cobija y colinda con la frontera de nuestro vecino país de Brasil.

Asimismo, se usó la información digital (DEM) proporcionada por la página web de la NASA mediante el satélite ASTER (<https://search.earthdata.nasa.gov/search>), se usó el Sistema de Información Geográfica ArcGis, como herramienta de apoyo para lograr la delimitación de la cuenca del Arroyo Bahía, como así mismo sus respectivas características geomorfológicas. La figura 4-1 muestra la ubicación cartográfica de la cuenca del arroyo Bahía, y en la figura 4-2 se muestra la delimitación de la cuenca Bahía.

Figura 4-1 Ubicación cartográfica de la cuenca del Arroyo Bahía - Pichigo



Fuente: Elaboración Propia mediante el software ArcGIS

Figura 4-2 se muestra la delimitación de la cuenca Bahía



Fuente: Elaboración propia mediante el software ArcGIS

Subcuencas:

La cuenca del arroyo Bahía se encuentra ubicada en la macro-cuenca transfronteriza del Amazonas y está conformada por cinco subcuencas: Baja del Bahía, Media del Bahía, Alta del Bahía, Floresta y Shiboya. Correspondiendo esta última en su totalidad al municipio de Epitaciolandia del estado Acre de la República de Brasil, la cuenca hidrográfica y las subcuencas que se muestran a continuación.

1. Sub cuenca baja del Bahía con 22.92 Km² (16.3%)
2. Sub cuenca Shiboya con 24.60 Km² (17.5%)
3. Sub cuenca media del Bahía con 32.65 Km² (22.3%)
4. Sub cuenca Floresta con 21.37 Km² (15.2%)
5. Sub cuenca alta Bahía o Agua Rica con 38.77 Km² (27.6%)

Haciendo un total de 140.31 Km². El 42,3% de la cuenca pertenece al municipio de Cobija, el 36,5% al Municipio de Porvenir cuenca alta y el 27,6 % se encuentran en el municipio de Epitaciolandia, de la República del Brasil.

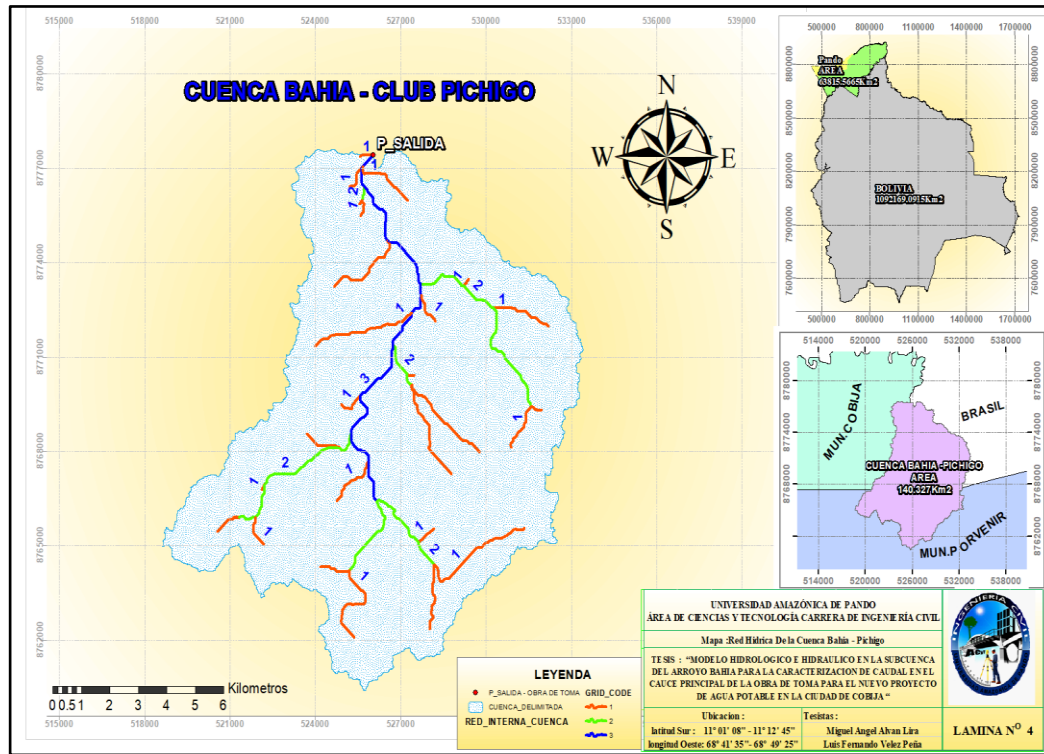
Las nacientes del Arroyo Bahía en Bolivia se encuentran al Sur de la ciudad de Cobija y son el arroyo Floresta (21 km al Sur) y el arroyo Agua Rica (30 km al Sur-Oeste) Ambos tienen su origen en el municipio de Porvenir. En la figura 4-3 se muestra las subcuencas que forman la Cuenca Bahía con la red hídrica correspondiente a cada subcuenca y su respectivo número de orden en la figura 4-4, la Cuenca del Arroyo Bahía, posee parte del río principal el cual tiene un número de orden siendo el máximo de la cuenca.

Figura 4-3 Subcuencas del Arroyo Bahía



Fuente: Elaboración propia mediante el software ArcGIS.

Figura 4-4 Número de orden de la subcuenca del arroyo Bahía



Fuente: Elaboración propia mediante el software ArcGIS.

Mapa De Uso De Suelos En La Cuenca Bahía - Pichigo

Si analizamos el cambio de uso de suelo por sub cuenca, vemos que desde el año 1985 hasta el año 2003, la pérdida de cobertura boscosa en la sub cuenca alta no fue grande. Sin embargo, para el 2008, se observa que se reduce drásticamente. En la sub cuenca media, la reducción del bosque también es muy notoria el año 2008.

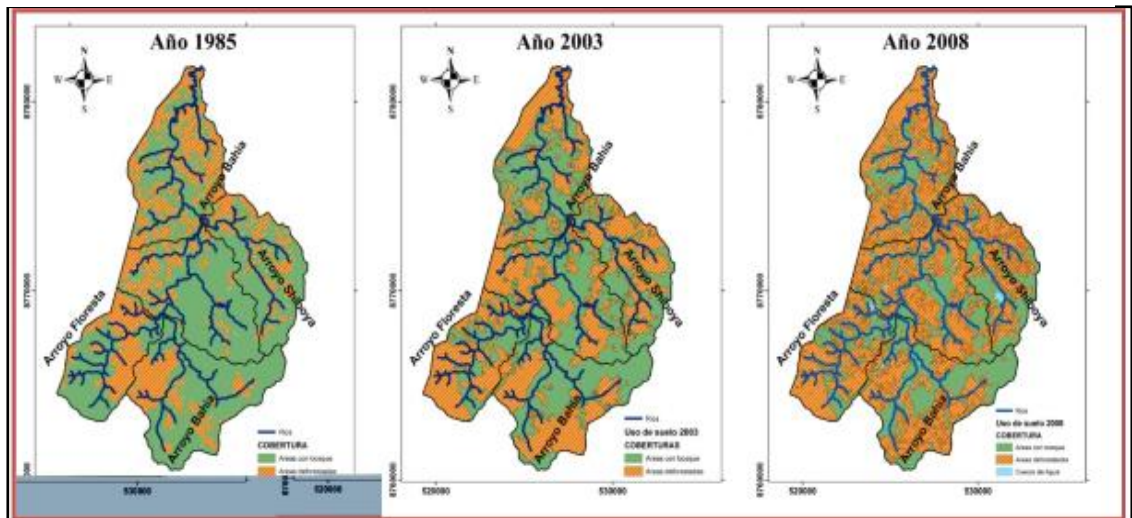
Con respecto a las nacientes, todas ellas se encuentran con cobertura boscosa en el año 1985 y el año 2008, casi toda la naciente se encuentra deforestadas por cuestión de la deforestación dentro de las sub cuencas tal como se muestra en la figura 4-5.

Es por tal motivo que en esta investigación hemos hecho una comparación de crear un mapa temático actualizado de uso de suelos en la cual se ha procesado en el software

Arcgis con la ayuda de imágenes landsat de 11 bandas tomadas en el año 2019 por el satélite Nasa “USGS” que es el “Servicio Geológico de Los Estados Unidos”.

Estas imágenes fueron procesadas para encontrar el porcentaje actual de uso de suelo dentro la cuenca Bahía – Pichigo tal como se muestra en la figura 4-5 y la 4-6

Figura 4-5 Mapa del avance de las deforestaciones en las nacientes



Fuente: Elaboración propia mediante el software ArcGIS.

Figura 4-6 Mapa de uso de suelo de la cuenca Bahía Año [2019]



Fuente: Elaboración propia mediante el software ArcGIS.

4.1.1 Características de la cuenca del Arroyo Bahía – Pichigo

Área

La cuenca del Arroyo Bahía – Pichigo posee un área total de 140.31 km² con un perímetro territorial de 88.6 km. En la tabla 4-1 se muestran las sub cuencas identificadas con sus respectivas características de longitud y pendiente media de cauce principal.

Tabla 4-1 Área de Sub cuencas del Arroyo Bahía – Pichigo

Subcuencas	Área [Km2]	Long. Del cauce principal [km]	Pendiente media del cauce principal [km]
Baja Bahía	22.92	7.75	0.006
Media Bahía	32.65	8.02	0.005
Shiboya	24.60	9.45	0.015
Floresta	21.37	8.81	0.014
Alta Bahía	38.77	9.57	0.013

Fuente: Elaboración propia

Para la construcción de la curva hipsométrica de la cuenca Bahía – Pichigo se usaron los datos de la tabla 4-2, los cuales fueron obtenidos a partir del DEM que es un “Modelo Digital de Terreno” proporcionado por el satélite de la NASA USGS “Servicio Geológico de Los Estados Unidos” o la siguiente página de Alaska USGS. Que mediante una cuenta virtual se puede acceder a estos dos satélites que son muy usados a nivel mundial para estudios hidrológicos, hidráulicos y geológicos, en la cual se trabajó

detalladamente con imágenes Raster actualizados de la fecha 17 de agosto del año 2019 con una resolución mejorada de 12.5 metros ya que estas imágenes fueran procesadas en 8 reclasificaciones de pendiente dentro de la cuenca Bahía – Pichigo por el SIG ARCGIS.

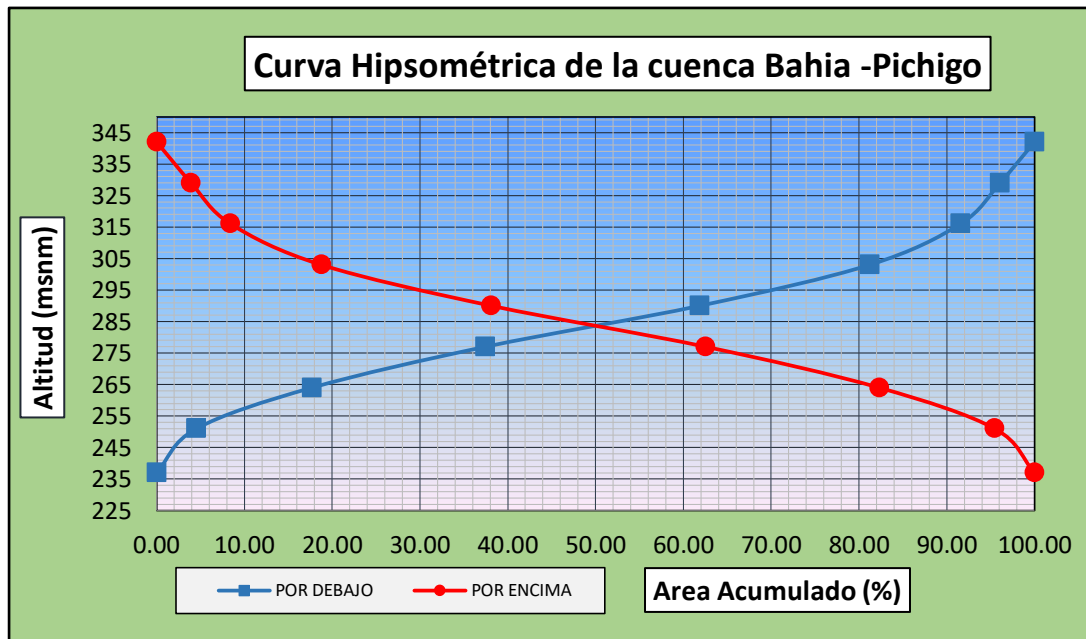
La curva hipsométrica se construyó a partir de los datos de Cota Promedio vs el Porcentaje Acumulado del área comprendida entre las cotas de las curvas de nivel.

Tabla 4-2 Atributos de la Cuenca Bahía – Pichigo

Altitud	Áreas parciales		Áreas acumuladas			
			Por debajo		Por encima	
m.s.n.m.	Km2	(%)	(Km2)	(%)	Km2	(%)
Punto más bajo						
237	0.00	0.00	0.00	0.00	140.31	100.00
251	6.36	4.53	6.36	4.54	133.94	95.47
264	18.45	13.15	24.81	17.68	115.49	82.32
277	27.76	19.78	52.57	37.46	87.74	62.54
290	34.24	24.40	86.81	61.87	53.50	38.13
303	27.16	19.36	113.97	81.22	26.34	18.77
316	14.51	10.34	128.48	91.56	11.83	8.43
329	6.32	4.50	134.80	96.07	5.51	3.93
342	5.51	3.93	140.31	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	140.31	100.00				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-5 Curva Hipsométrica de la cuenca Bahía - Pichigo



Fuente: Elaboración propia

Con el SIG ARCGIS se obtuvieron parámetros característicos de la cuenca Bahía – Pichigo tales como pendiente media del cauce principal, índice de forma, índice de Gravelius, densidad de drenaje. (Ver tabla 4-3) también se obtuvo la curva de frecuencia de altitudes tal como se muestra en la figura 4-6

Elevación media

Para el cálculo de la elevación media, se usó la ecuación 4-1 y La tabla 4-3 muestra los resultados de elevación media para cada cota promedio.

$$H = \frac{(\sum a_i c_i)}{A} \quad \text{(Ecuación 4.1)}$$

a_i = Área parcial de terreno entre curvas de nivel

c_i = Altitud media de cada área parcial entre dos curvas de nivel.

A = Área de la cuenca

Tabla 4-3 Áreas parciales entre curvas de nivel cuenca Bahía – Pichigo

ai [Km²]	Ci (altitud media)	ai * ci
6.36	244.0	1551.84
18.45	257.5	4750.875
27.76	270.5	7509.08
34.24	283.5	9707.04
27.16	296.5	8052.94
14.51	309.5	4490.85
6.32	322.5	2038.20
5.51	335.5	1848.605
Σ = 140.31		Σ = 39949.425

Fuente: Elaboración propia

$$H_{med} = 284.72 \text{ msnm}$$

En la tabla 4.4 se muestra el resumen de la caracterización de la cuenca Bahía – Pichigo tales como: Área, perímetro, longitud de cuenca, longitud de cauce principal, longitud total de cauces, elevación media, pendiente media del cauce principal, pendiente media de la cuenca, índice de forma, índice de Gravelius, densidad de drenaje y orden de cuenca.

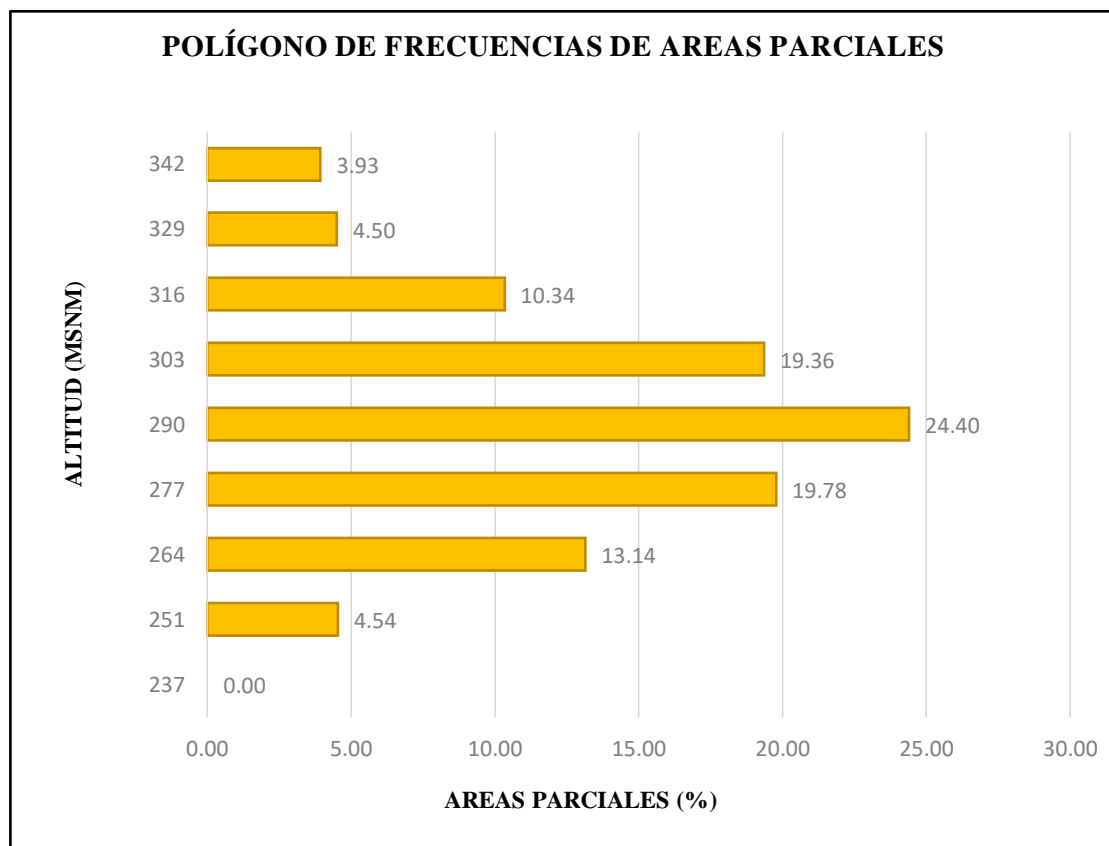
Tabla 4-4 Parámetros Geomorfológicos de la cuenca Bahía – Pichigo

Caracterización de la cuenca	Valor
Área [Km ²]	140.31
Perímetro [Km]	88.60
Longitud de la cuenca [Km]	40.87
Longitud del Cauce Principal [Km]	15.77

Longitud total de Cauces [Km]	77.90
Elevación media de la cuenca m.s.n.m	284.72
Pendiente media del cauce principal	0.011
pendiente media de la cuenca	0.14
Índice de forma	0.084
Índice de Gravelius	2.11 (mayor que 1.7 indica que la forma de la cuenca es rectangular oblonga)
Densidad de drenaje de la cuenca	0.56
Orden de ríos	3

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-6 Polígonos de Frecuencia Altimétricas



Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de longitud del cauce principal, pendiente media del cauce principal y la elevación media de la cuenca Bahía-Pichigo, se calculó el tiempo de concentración con los métodos de Kirpich, California, Temez y el método de Ven Te Chow (métodos usados por las características que presenta la cuenca, Tabla 2-4).

Obteniendo un valor promedio de recorrido desde la zona inicial del cauce hasta el punto de control el cual es llamado tiempo de concentración de 188 minutos dando así un tiempo en horas de 2.83.

Análisis de la precipitación

Para el análisis y tratamiento de precipitación se inició con la recolección de los datos pluviométrico por un periodo de 20 años, para luego realizar un completamiento de datos faltantes. Luego se procedió al uso de las distribuciones de probabilidad de Gumbel, Normal, y Log Pearson tipo III, y finalmente se realizó la prueba de bondad de ajuste con el método de Kolmogórov-Smirnov.

Tabla 4-5 Resultados de distribución de probabilidad de la estación AASANA

N°	Años	Pmax. 24 HRS.	Tr (n+1)/m	Probabilidad de distribuciones		
				Gumbel	Log Pearson tipo III	Normal
1	1997	176.70	21.00	159.10	161.00	152.57
2	2012	158.90	10.50	142.82	143.10	141.82
3	2000	138.80	7.00	133.04	132.67	150.25
4	2007	133.90	5.25	125.89	125.19	129.03
5	1998	117.00	4.20	120.17	119.29	124.38
6	2008	111.70	3.50	115.35	114.37	120.60
7	2004	104.20	3.00	111.12	110.11	116.24
8	2002	101.00	2.63	107.32	106.31	112.46

9	2009	100.60	2.33	103.82	102.85	108.98
10	2006	97.20	2.10	100.55	99.65	103.75
11	2013	96.80	1.91	97.43	96.63	100.84
12	2010	95.00	1.75	94.42	93.74	97.93
13	2014	94.40	1.62	91.47	90.94	94.74
14	2015	87.50	1.50	88.53	88.20	90.96
15	1996	87.40	1.40	85.56	85.45	87.18
16	2001	85.20	1.31	82.48	82.67	82.82
17	1999	82.10	1.24	79.21	79.77	77.59
18	2005	73.60	1.17	75.58	76.67	72.65
19	2011	66.80	1.11	71.29	73.17	65.67
20	2003	66.10	1.05	65.44	68.78	54.34

Fuente: Elaboración propia.

Prueba de ajuste Kolmogorov - Smirnov

Las precipitaciones 24 Hrs. Max se ajustaron a las distribución teórica de probabilidad Gumbel, Log Pearson tipo III, así que cualquier de estas dos probabilidades se puede ocupar para este modelamiento hidrológico ver tabla 4-6.

Se comprobó con la tabla de ajuste **Kolmogorov – Smirnov** para realizar el procedimiento lo primero es entrar a tabla con un porcentaje de seguridad de 5% y luego buscas los años de precipitación que ocuparas en este caso solo son 20 años y luego tienes el delta “T” tabular que es de 0.294 para este estudio que tiene que ser mayor al delta máximo de las probabilidades estadísticas, para que se puede ajustar el método ocupado como los dos se ajustan ocupar distribución Log Pearson tipo III porque es la menor para así, poder encontrar mis curvas IDF, hietogramas y por último los caudales para cualquier periodo de retorno.

Tabla 4-6 Prueba de ajuste Kolmogorov – Smirnov estación AASANA

N°	Precipitación	Weibull	GUMBEL	Δ	L. PEARSON		Δ	NORMAL		Δ
	24 HRS MAX	Ecc. Empírica F_0	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $	$Log xi$	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $	z	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $
1	66.10	0.0476	0.0520	0.004	1.820	0.037	0.010	-1.295	0.098	0.050
2	66.80	0.0952	0.0569	0.038	1.825	0.042	0.053	-1.271	0.102	0.007
3	73.60	0.1429	0.1196	0.023	1.867	0.108	0.035	-1.037	0.150	0.007
4	82.10	0.1905	0.2324	0.042	1.914	0.232	0.041	-0.745	0.228	0.038
5	85.20	0.2381	0.2801	0.042	1.930	0.284	0.045	-0.638	0.262	0.024
6	87.40	0.2857	0.3151	0.029	1.942	0.321	0.035	-0.562	0.287	0.001
7	87.50	0.3333	0.3167	0.017	1.942	0.323	0.010	-0.559	0.288	0.045
8	95.00	0.3810	0.4378	0.057	1.978	0.450	0.069	-0.301	0.382	0.001
9	94.40	0.4286	0.4282	0.000	1.975	0.440	0.012	-0.322	0.374	0.055
10	96.80	0.4762	0.4663	0.010	1.986	0.479	0.003	-0.239	0.406	0.071
11	97.20	0.5238	0.4726	0.051	1.988	0.486	0.038	-0.225	0.411	0.113
12	100.60	0.5714	0.5246	0.047	2.003	0.538	0.033	-0.108	0.457	0.115
13	101.00	0.6190	0.5306	0.088	2.004	0.544	0.075	-0.094	0.462	0.157
14	104.20	0.6667	0.5768	0.090	2.018	0.590	0.076	0.016	0.506	0.160
15	111.70	0.7143	0.6735	0.041	2.048	0.685	0.029	0.274	0.608	0.106
16	117.00	0.7619	0.7314	0.031	2.068	0.740	0.022	0.456	0.676	0.086
17	133.90	0.8095	0.8621	0.053	2.127	0.864	0.054	1.038	0.850	0.041
18	138.80	0.8571	0.8873	0.030	2.142	0.887	0.030	1.206	0.886	0.029
19	158.90	0.9048	0.9520	0.047	2.201	0.948	0.044	1.898	0.971	0.066
20	176.70	0.9524	0.9778	0.025	2.247	0.974	0.021	2.510	0.994	0.042
$N = 20$	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $			0.090	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $		0.076	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $		0.160

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4-7 Prueba de ajuste Kolmogorov – Smirnov estación EPITACIOLANDIA

N°	Precipitación	Weibull	GUMBEL	Δ	L. PEARSON		Δ	NORMAL		Δ
	24 HRS MAX	Ecc. Empírica F_0	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $	$Log xi$	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $	z	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $
1	62.73	0.0476	0.0324	0.015	1.797	0.019	0.029	-1.411	0.079	0.031
2	70.50	0.0952	0.0876	0.008	1.848	0.074	0.022	-1.144	0.126	0.031
3	71.60	0.1429	0.0983	0.045	1.855	0.085	0.058	-1.106	0.134	0.009
4	78.84	0.1905	0.1854	0.005	1.897	0.180	0.010	-0.857	0.196	0.005
5	79.35	0.2381	0.1925	0.046	1.900	0.188	0.050	-0.839	0.201	0.037
6	79.89	0.2857	0.2001	0.086	1.902	0.197	0.089	-0.821	0.206	0.080
7	81.84	0.3333	0.2285	0.105	1.913	0.228	0.106	-0.754	0.226	0.108
8	85.71	0.3810	0.2881	0.093	1.933	0.292	0.089	-0.621	0.267	0.114
9	92.70	0.4286	0.4009	0.028	1.967	0.412	0.017	-0.380	0.352	0.077
10	102.00	0.4762	0.5453	0.069	2.009	0.559	0.083	-0.060	0.476	0.000
11	102.40	0.5238	0.5511	0.027	2.010	0.565	0.041	-0.046	0.482	0.042
12	104.46	0.5714	0.5804	0.009	2.019	0.594	0.022	0.025	0.510	0.062
13	105.05	0.6190	0.5886	0.030	2.021	0.602	0.017	0.045	0.518	0.101
14	106.17	0.6667	0.6038	0.063	2.026	0.617	0.050	0.083	0.533	0.133
15	111.66	0.7143	0.6730	0.041	2.048	0.684	0.030	0.272	0.607	0.107
16	118.60	0.7619	0.7472	0.015	2.074	0.755	0.007	0.511	0.695	0.067
17	119.94	0.8095	0.7598	0.050	2.079	0.767	0.042	0.557	0.711	0.098
18	123.78	0.8571	0.7930	0.064	2.093	0.799	0.058	0.689	0.755	0.102
19	131.19	0.9048	0.8460	0.059	2.118	0.848	0.056	0.944	0.827	0.077
20	132.93	0.9524	0.8565	0.096	2.124	0.858	0.094	1.004	0.842	0.110
$N = 20$	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $			0.105	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $		0.106	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $		0.133

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4-8 Prueba de ajuste Kolmogorov – Smirnov estación FLORESTA

N°	Precipitación	Weibull	GUMBEL	Δ	L. PEARSON		Δ	NORMAL		Δ
	24 HRS MAX	Ecc. Empírica F_0	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $	<i>Log xi</i>	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $	z	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $
1	51.95	0.0476	0.0040	0.044	1.716	0.000	0.047	-1.782	0.037	0.010
2	54.05	0.0952	0.0065	0.089	1.733	0.001	0.094	-1.710	0.044	0.052
3	54.32	0.1429	0.0069	0.136	1.735	0.001	0.141	-1.701	0.045	0.098
4	66.83	0.1905	0.0571	0.133	1.825	0.042	0.148	-1.270	0.102	0.088
5	72.54	0.2381	0.1080	0.130	1.861	0.096	0.143	-1.074	0.141	0.097
6	86.26	0.2857	0.2968	0.011	1.936	0.302	0.016	-0.602	0.274	0.012
7	86.59	0.3333	0.3020	0.031	1.937	0.307	0.026	-0.590	0.277	0.056
8	90.37	0.3810	0.3631	0.018	1.956	0.372	0.009	-0.460	0.323	0.058
9	91.64	0.4286	0.3837	0.045	1.962	0.394	0.035	-0.417	0.338	0.090
10	92.00	0.4762	0.3895	0.087	1.964	0.400	0.076	-0.404	0.343	0.133
11	92.28	0.5238	0.3941	0.130	1.965	0.405	0.119	-0.394	0.347	0.177
12	94.27	0.5714	0.4261	0.145	1.974	0.438	0.134	-0.326	0.372	0.199
13	101.67	0.6190	0.5405	0.079	2.007	0.554	0.065	-0.071	0.472	0.148
14	104.63	0.6667	0.5828	0.084	2.020	0.596	0.070	0.031	0.512	0.154
15	104.80	0.7143	0.5851	0.129	2.020	0.599	0.116	0.036	0.515	0.200
16	105.78	0.7619	0.5985	0.163	2.024	0.612	0.150	0.070	0.528	0.234
17	120.74	0.8095	0.7670	0.043	2.082	0.774	0.035	0.585	0.721	0.089
18	124.86	0.8571	0.8016	0.056	2.096	0.807	0.050	0.727	0.766	0.091
19	129.97	0.9048	0.8382	0.067	2.114	0.841	0.064	0.902	0.817	0.088
20	135.46	0.9524	0.8707	0.082	2.132	0.872	0.081	1.091	0.862	0.090
$N = 20$	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $			0.163	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $		0.150	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $		0.234

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4-9 Prueba de ajuste Kolmogorov – Smirnov estación PORVENIR

N°	Precipitación	Weibull	GUMBEL	Δ	L. PEARSON		Δ	NORMAL		Δ
	24 HRS MAX	Ecc. Empírica F_0	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $	$Log xi$	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $	z	Ecc. Teórica	$ F_0 - Fx $
1	60.12	0.0476	0.0213	0.026	1.779	0.010	0.038	-1.501	0.067	0.019
2	60.43	0.0952	0.0224	0.073	1.781	0.011	0.084	-1.490	0.068	0.027
3	69.40	0.1429	0.0776	0.065	1.841	0.063	0.080	-1.182	0.119	0.024
4	80.97	0.1905	0.2157	0.025	1.908	0.214	0.023	-0.784	0.217	0.026
5	82.05	0.2381	0.2316	0.007	1.914	0.231	0.007	-0.747	0.228	0.010
6	83.59	0.2857	0.2550	0.031	1.922	0.256	0.029	-0.693	0.244	0.042
7	90.84	0.3333	0.3707	0.037	1.958	0.380	0.047	-0.444	0.328	0.005
8	91.33	0.3810	0.3786	0.002	1.961	0.388	0.007	-0.427	0.335	0.046
9	94.78	0.4286	0.4343	0.006	1.977	0.446	0.018	-0.308	0.379	0.050
10	97.81	0.4762	0.4821	0.006	1.990	0.495	0.019	-0.204	0.419	0.057
11	97.89	0.5238	0.4834	0.040	1.991	0.497	0.027	-0.201	0.420	0.104
12	99.73	0.5714	0.5116	0.060	1.999	0.525	0.046	-0.138	0.445	0.126
13	102.88	0.6190	0.5580	0.061	2.012	0.572	0.047	-0.030	0.488	0.131
14	107.11	0.6667	0.6163	0.050	2.030	0.629	0.038	0.116	0.546	0.121
15	107.20	0.7143	0.6175	0.097	2.030	0.630	0.084	0.119	0.547	0.167
16	113.99	0.7619	0.6996	0.062	2.057	0.710	0.052	0.352	0.638	0.124
17	120.08	0.8095	0.7610	0.048	2.079	0.768	0.041	0.562	0.713	0.097
18	121.09	0.8571	0.7702	0.087	2.083	0.777	0.080	0.597	0.725	0.132
19	135.48	0.9048	0.8707	0.034	2.132	0.872	0.033	1.092	0.863	0.042
20	150.75	0.9524	0.9319	0.020	2.178	0.929	0.023	1.617	0.947	0.005
$N = 20$	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $			0.097	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $		0.084	$\Delta = \text{Maximo de } F_0 - Fx $		0.167

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4-7 Distribución Log Pearson tipo III para los distintos periodos estación AASANA

Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Log Pearson Tipo III

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			<i>x_i</i>	<i>Log xi</i>
1	1997	Noviembre	176.70	2.247
2	2012	Noviembre	158.90	2.201
3	2000	Marzo	138.80	2.142
4	2007	Marzo	133.90	2.127
5	1998	Febrero	117.00	2.068
6	2008	Febrero	111.70	2.048
7	2004	Febrero	104.20	2.018
8	2002	Febrero	101.00	2.004
9	2009	Marzo	100.60	2.003
10	2006	Febrero	97.20	1.988
11	2013	Diciembre	96.80	1.986
12	2010	Febrero	95.00	1.978
13	2014	Marzo	94.40	1.975
14	2015	Abril	87.50	1.942
15	1996	Marzo	87.40	1.942
16	2001	Octubre	85.20	1.930
17	1999	Enero	82.10	1.914
18	2005	Noviembre	73.60	1.867
19	2011	Marzo	66.80	1.825
20	2003	Noviembre	66.10	1.820
20		Suma	2074.9	40.0

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias					
PERIODO DE RETORNO	DATOS				P _{máx24h(T)} (mm)
	w	z	k _T	Y	
2	1.177	0.000	-0.084	1.992	98.1158
5	1.794	0.841	0.807	2.093	123.9087
10	2.146	1.282	1.322	2.152	141.8487
25	2.537	1.751	1.912	2.219	165.5505
50	2.797	2.054	2.315	2.265	183.9985
100	3.035	2.327	2.692	2.308	203.1558
500	3.526	2.879	3.503	2.400	251.2467

Calculo variables Probabilistico		
Media $(\log P)_m$ 2.001 mm Desviacion Estandar $\sigma_{(\log P)}$ 0.114 mm Coeficiente de asimetría $C_{S(\log P)}$ 0.505 mm	El valor de x_0 $x_0 = \overline{\log P} - \frac{2\sigma_{(\log P)}}{C_{S(\log P)}}$ $x_0 =$ 1.55	El valor de z $z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}$
El valor de β $\beta = \frac{C_{S(\log P)} \sigma_{(\log P)}}{2}$ $\beta =$ 0.0287	El valor de γ $\gamma = \frac{4}{(C_{S(\log P)})^2}$ $\gamma =$ 15.71	El valor de K_T $K_T = z + (z-1)k + (z-6) \left(\frac{k^2}{3} \right) - (z-1)k^3 + zk^4 + \frac{k^5}{3}$
El valor de k $k = \frac{C_s}{6}$ $k =$ 0.0841	El valor de w $w = \left[\ln \left(\frac{1}{p} \right) \right]^{1/2}$	El valor de Y $Y = \overline{\log P} + K_T \cdot \sigma_{(\log P)}$
		Precipitaciones 24 hora maximas $P_{\text{máx24h(T)}} = 10^Y$

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-8 Distribución Log Pearson tipo III para los distintos periodos estación EPITACIOLANDIA

Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Log Pearson Tipo III

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			x_i	$\text{Log } x_i$
1	1997	Noviembre	81.84	1.913
2	2012	Octubre	78.84	1.897
3	2000	Enero	123.78	2.093
4	2007	Abril	85.71	1.933
5	1998	Febrero	111.66	2.048
6	2008	Enero	79.89	1.902
7	2004	Abril	62.73	1.797
8	2002	Febrero	119.94	2.079
9	2009	Mayo	131.19	2.118
10	2006	Enero	71.60	1.855
11	2013	Agosto	105.05	2.021
12	2010	Abril	106.17	2.026
13	2014	Mayo	70.50	1.848
14	2015	Noviembre	104.46	2.019
15	1996	Noviembre	92.70	1.967
16	2001	Noviembre	102.00	2.009
17	1999	Febrero	79.35	1.900
18	2005	Octubre	132.93	2.124
19	2011	Abril	118.60	2.074
20	2003	Agosto	102.40	2.010
20		Suma	1961.3	39.6

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias					
PERIODO DE RETORNO	DATOS				P _{máx24h(T)} (mm)
	w	z	k _T	Y	
2	1.177	0.000	0.041	1.986	96.7386
5	1.794	0.841	0.851	2.063	115.7079
10	2.146	1.282	1.252	2.102	126.4393
25	2.537	1.751	1.663	2.141	138.4666
50	2.797	2.054	1.919	2.166	146.5443
100	3.035	2.327	2.144	2.188	154.0086
500	3.526	2.879	2.582	2.230	169.6654

Calculo variables Probabilístico		
Media $(\log P)^m$ 1.982 mm Desviacion Estandar $\sigma_{(\log P)}$ 0.096 mm Coeficiente de asimetría $C_{S(\log P)}$ -0.248 mm	El valor de x_0 $x_0 = \overline{\log P} - \frac{2\sigma_{(\log P)}}{C_{S(\log P)}}$ $x_0 = 2.76$	El valor de z $z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}$
El valor de β $\beta = \frac{C_{S(\log P)} \sigma_{(\log P)}}{2}$ $\beta = -0.0119$	El valor de γ $\gamma = \frac{4}{(C_{S(\log P)})^2}$ $\gamma = 65.15$	El valor de K _T $K_T = z + (z^2 - 1)k + (z^3 - 3z) \left(\frac{k^3}{3}\right) - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{k^5}{3}$
El valor de k $k = \frac{C_s}{6}$ $k = -0.0413$	El valor de w $w = \left[\ln \left(\frac{1}{P} \right) \right]^{1/2}$	El valor de Y $Y = \overline{\log P} + K_T \cdot \sigma_{(\log P)}$
		Precipitaciones 24 hora maximas $P_{\text{máx24h(T)}} = 10^Y$

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-9 Distribución Log Pearson tipo III para los distintos periodos estación Floresta

Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Log Pearson Tipo III

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			x_i	$\text{Log } x_i$
1	1997	Enero	124.86	2.096
2	2012	Noviembre	135.46	2.132
3	2000	Diciembre	86.26	1.936
4	2007	Abril	86.59	1.937
5	1998	Enero	101.67	2.007
6	2008	Enero	104.63	2.020
7	2004	Enero	120.74	2.082
8	2002	Febrero	104.80	2.020
9	2009	Febrero	90.37	1.956
10	2006	Octubre	94.27	1.974
11	2013	Abril	54.32	1.735
12	2010	Enero	66.83	1.825
13	2014	Noviembre	105.78	2.024
14	2015	Abril	92.00	1.964
15	1996	Marzo	51.95	1.716
16	2001	Marzo	129.97	2.114
17	1999	Enero	54.05	1.733
18	2005	Abril	91.64	1.962
19	2011	Febrero	72.54	1.861
20	2003	Febrero	92.28	1.965
20		Suma	1861.0	39.1

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias					
PERIODO DE RETORNO	DATOS				P _{máx24h(T)} (mm)
	w	z	k_T	γ	
2	1.177	0.000	0.108	1.966	92.5291
5	1.794	0.841	0.855	2.059	114.4869
10	2.146	1.282	1.191	2.100	125.9534
25	2.537	1.751	1.508	2.140	137.8871
50	2.797	2.054	1.693	2.162	145.3372
100	3.035	2.327	1.846	2.181	151.8132
500	3.526	2.879	2.120	2.215	164.1293

Calculo variables Probabilístico					
Media $(\log P)_m$ 1.953 mm Desviacion Estandar $\sigma_{(\log P)}$ 0.124 mm Coeficiente de asimetría $C_{S_{(\log P)}}$ -0.654 mm	El valor de x_0 $x_0 = \overline{\log P} - \frac{2\sigma_{(\log P)}}{C_{S_{(\log P)}}}$ $x_0 =$ 2.33	El valor de z $z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}$			
El valor de β $\beta = \frac{C_{S_{(\log P)}} \sigma_{(\log P)}}{2}$ $\beta =$ -0.0405	El valor de γ $\gamma = \frac{4}{(C_{S_{(\log P)}})^2}$ $\gamma =$ 9.35	El valor de K_T $K_T = z + (z^2 - 1)k + (z^3 - 6z) \left(\frac{k^3}{3} \right) - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{k^5}{3}$			
El valor de k $k = \frac{C_s}{6}$ $k =$ -0.1090	El valor de w $w = \left[\ln \left(\frac{1}{P} \right) \right]^{1/2}$	El valor de Y $Y = \overline{\log P} + K_T * \sigma_{(\log P)}$			
		Precipitaciones 24 hora maximas $P_{\text{máx24h(T)}} = 10^Y$			

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-10 Distribución Log Pearson tipo III para los distintos periodos estación PORVENIR

Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Log Pearson Tipo III

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			<i>xi</i>	<i>Log xi</i>
1	1997	Mayo	82.05	1.914
2	2012	Octubre	150.75	2.178
3	2000	Marzo	121.09	2.083
4	2007	Abril	91.33	1.961
5	1998	Febrero	135.48	2.132
6	2008	Enero	107.11	2.030
7	2004	Enero	120.08	2.079
8	2002	Febrero	99.73	1.999
9	2009	Diciembre	102.88	2.012
10	2006	Octubre	97.81	1.990
11	2013	Noviembre	69.40	1.841
12	2010	Enero	60.43	1.781
13	2014	Abril	113.99	2.057
14	2015	Abril	83.59	1.922
15	1996	Marzo	60.12	1.779
16	2001	Marzo	90.84	1.958
17	1999	Enero	94.78	1.977
18	2005	Febrero	107.20	2.030
19	2011	Febrero	80.97	1.908
20	2003	Enero	97.89	1.991
20		Suma	1967.5	39.6

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias					
PERIODO DE RETORNO	DATOS				P _{máx24h(T)} (mm)
	w	z	k _T	Y	
2	1.177	0.000	0.052	1.987	96.9623
5	1.794	0.841	0.853	2.070	117.8058
10	2.146	1.282	1.243	2.111	129.2235
25	2.537	1.751	1.639	2.153	142.1663
50	2.797	2.054	1.884	2.178	150.8034
100	3.035	2.327	2.097	2.201	158.7402
500	3.526	2.879	2.507	2.244	175.2330

Calculo variables Probabilistico					
Media $(\log P)_{m} = 1.981 \text{ mm}$ Desviación Estandar $\sigma_{(\log P)} = 0.105 \text{ mm}$ Coeficiente de asimetría $C_{S(\log P)} = -0.312 \text{ mm}$	El valor de x_0 $x_0 = \overline{\log P} - \frac{2\sigma_{(\log P)}}{C_{S(\log P)}}$ $x_0 = 2.65$	El valor de z $z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189209w^2 + 0.001308w^3}$			
El valor de β $\beta = \frac{C_{S(\log P)} \sigma_{(\log P)}}{2}$ $\beta = -0.0163$	El valor de γ $\gamma = \frac{4}{(C_{S(\log P)})^2}$ $\gamma = 41.18$	El valor de K_T $K_T = z + (z^2 - 1)k + (z^3 - 6z) \left(\frac{k^3}{3}\right) - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{k^5}{3}$			
El valor de k $k = \frac{C_s}{6}$ $k = -0.0519$	El valor de w $w = \left[\ln \left(\frac{1}{p} \right) \right]^{1/2}$	El valor de Y $Y = \overline{\log P} + K_T \cdot \sigma_{(\log P)}$			
El valor de k $k = \frac{C_s}{6}$ $k = -0.0519$		Precipitaciones 24 hora maximas $P_{\text{máx24h}(T)} = 10^Y$			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-10 Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias*Estación “AASANA”*

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	98.116	123.909	141.849	165.550	183.998	203.156	251.247
18 hr	X18 = 91%	89.285	112.757	129.082	150.651	167.439	184.872	228.634
12 hr	X12 = 80%	78.493	99.127	113.479	132.440	147.199	162.525	200.997
8 hr	X8 = 68%	66.719	84.258	96.457	112.574	125.119	138.146	170.848
6 hr	X6 = 61%	59.851	75.584	86.528	100.986	112.239	123.925	153.260
5 hr	X5 = 57%	55.926	70.628	80.854	94.364	104.879	115.799	143.211
4 hr	X4 = 52%	51.020	64.433	73.761	86.086	95.679	105.641	130.648
3 hr	X3 = 46%	45.133	56.998	65.250	76.153	84.639	93.452	115.573
2 hr	X2 = 39%	38.265	48.324	55.321	64.565	71.759	79.231	97.986
1 hr	X1 = 30%	29.435	37.173	42.555	49.665	55.200	60.947	75.374

Fuente: Elaboración propia**Tabla 4-11** Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias*Estación “Epitaciolandia”*

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	96.739	115.708	126.439	138.467	146.544	154.009	169.665
18 hr	X18 = 91%	88.032	105.294	115.060	126.005	133.355	140.148	154.396
12 hr	X12 = 80%	77.391	92.566	101.151	110.773	117.235	123.207	135.732
8 hr	X8 = 68%	65.782	78.681	85.979	94.157	99.650	104.726	115.372
6 hr	X6 = 61%	59.011	70.582	77.128	84.465	89.392	93.945	103.496
5 hr	X5 = 57%	55.141	65.954	72.070	78.926	83.530	87.785	96.709
4 hr	X4 = 52%	50.304	60.168	65.748	72.003	76.203	80.084	88.226
3 hr	X3 = 46%	44.500	53.226	58.162	63.695	67.410	70.844	78.046
2 hr	X2 = 39%	37.728	45.126	49.311	54.002	57.152	60.063	66.170
1 hr	X1 = 30%	29.022	34.712	37.932	41.540	43.963	46.203	50.900

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-12 Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Estación “Nasa Giovanni” TRMM.3B42 Floresta

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	92.529	114.487	125.953	137.887	145.337	151.813	164.129
18 hr	X18 = 91%	84.202	104.183	114.618	125.477	132.257	138.150	149.358
12 hr	X12 = 80%	74.023	91.590	100.763	110.310	116.270	121.451	131.303
8 hr	X8 = 68%	62.920	77.851	85.648	93.763	98.829	103.233	111.608
6 hr	X6 = 61%	56.443	69.837	76.832	84.111	88.656	92.606	100.119
5 hr	X5 = 57%	52.742	65.258	71.793	78.596	82.842	86.534	93.554
4 hr	X4 = 52%	48.115	59.533	65.496	71.701	75.575	78.943	85.347
3 hr	X3 = 46%	42.563	52.664	57.939	63.428	66.855	69.834	75.499
2 hr	X2 = 39%	36.086	44.650	49.122	53.776	56.681	59.207	64.010
1 hr	X1 = 30%	27.759	34.346	37.786	41.366	43.601	45.544	49.239

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-13 Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Estación “Nasa Giovanni” TRMM.3B42 Porvenir

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	96.962	117.606	129.223	142.166	150.803	158.740	175.233
18 hr	X18 = 91%	88.236	107.021	117.593	129.371	137.231	144.454	159.462
12 hr	X12 = 80%	77.570	94.085	103.379	113.733	120.643	126.992	140.186
8 hr	X8 = 68%	65.934	79.972	87.872	96.673	102.546	107.943	119.158
6 hr	X6 = 61%	59.147	71.740	78.826	86.721	91.990	96.831	106.892
5 hr	X5 = 57%	55.268	67.035	73.657	81.035	85.958	90.482	99.883
4 hr	X4 = 52%	50.420	61.155	67.196	73.926	78.418	82.545	91.121
3 hr	X3 = 46%	44.603	54.099	59.443	65.396	69.370	73.020	80.607
2 hr	X2 = 39%	37.815	45.866	50.397	55.445	58.813	61.909	68.341
1 hr	X1 = 30%	29.089	35.282	38.767	42.650	45.241	47.622	52.570

Fuente: Elaboración propia.

Es ente paso se combinó las 4 estaciones con la distribución por polígonos de Thiessen para obtener las precipitaciones máximas diaria de lluvia y frecuencia de la misma.

Tabla 4-14 Precipitación Duración de lluvia y Frecuencia.

DISTRIBUCIÓN DE ÁREA POR ESTACIONES				Área Total de la cuenca
AASANA	FLORESTA	EPITACIOLANDIA	PORVENIR	
Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²
34.05	62.34	6.81	37.11	140.31
24.27	44.43	4.85	26.45	100
%	%	%	%	%

Precipitación Máxima Diaria por Duración de lluvia y Frecuencia de la misma Distribuida por polígonos de Thiessen							
Tiempo de Duración	Precipitación máxima Pd (mm)						
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	95.262	117.658	130.699	145.760	156.224	166.211	188.476
18 hr	86.688	107.068	118.936	132.642	142.164	151.252	171.513
12 hr	76.209	94.126	104.559	116.608	124.979	132.969	150.781
8 hr	64.778	80.007	88.876	99.117	106.232	113.024	128.164
6 hr	58.110	71.771	79.727	88.914	95.296	101.389	114.970
5 hr	54.299	67.065	74.499	83.083	89.048	94.741	107.431
4 hr	49.536	61.182	67.964	75.795	81.236	86.430	98.008
3 hr	43.820	54.122	60.122	67.050	71.863	76.457	86.699
2 hr	37.152	45.886	50.973	56.847	60.927	64.822	73.506
1 hr	28.579	35.297	39.210	43.728	46.867	49.863	56.543

Fuente: Elaboración propia.

Intensidad de precipitación por Duración de lluvia y Frecuencia de la misma distribuida por polígonos de Thiessen								
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) por Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	3.9692	4.9024	5.4458	6.0733	6.5093	6.9255	7.8532
18 hr	1080	4.8160	5.9482	6.6076	7.3690	7.8980	8.4029	9.5285
12 hr	720	6.3508	7.8438	8.7133	9.7174	10.4149	11.0808	12.5651
8 hr	480	8.0972	10.0009	11.1094	12.3896	13.2790	14.1280	16.0205
6 hr	360	9.6849	11.9619	13.2878	14.8190	15.8827	16.8982	19.1617
5 hr	300	10.8598	13.4130	14.8997	16.6167	17.8095	18.9481	21.4863
4 hr	240	12.3840	15.2955	16.9909	18.9488	20.3091	21.6075	24.5019
3 hr	180	14.6068	18.0408	20.0406	22.3499	23.9543	25.4858	28.8997
2 hr	120	18.5760	22.9432	25.4864	28.4233	30.4636	32.4112	36.7528
1 hr	60	28.5785	35.2973	39.2098	43.7281	46.8671	49.8634	56.5428

Fuente: Elaboración propia.

Se calculó las regresiones intensidad, duración y tiempo por periodos de retorno como se puede observar.

Representación matemática de las curvas Intensidad-Duración y Frecuencia

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Realizando un cambio de variable:

$$d = K \cdot T^m \quad (\text{Ecuación 2})$$

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Tabla 4-15 Regresiones para cada periodo de retorno

<i>Periodo de retorno para T = 2 años</i>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	3.9692	7.2724	1.3786	10.0255	52.8878
2	1080	4.8160	6.9847	1.5719	10.9796	48.7863
3	720	6.3508	6.5793	1.8486	12.1623	43.2865
4	480	8.0972	6.1738	2.0915	12.9126	38.1156
5	360	9.6849	5.8861	2.2706	13.3648	34.6462
6	300	10.8598	5.7038	2.3851	13.6039	32.5331
7	240	12.3840	5.4806	2.5164	13.7915	30.0374
8	180	14.6068	5.1930	2.6815	13.9248	26.9668
9	120	18.5760	4.7875	2.9219	13.9884	22.9201
10	60	28.5785	4.0943	3.3527	13.7269	16.7637
10	4980	117.9234	58.1555	23.0187	128.4805	346.9435
Ln (d) =	5.8865	d =	360.1393	n =	-0.6164	

Fuente: Elaboración propia.

<i>Periodo de retorno para T = 5 años</i>						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	4.9024	7.2724	1.5897	11.5611	52.8878
2	1080	5.9482	6.9847	1.7831	12.4544	48.7863
3	720	7.8438	6.5793	2.0597	13.5515	43.2865
4	480	10.0009	6.1738	2.3027	14.2162	38.1156
5	360	11.9619	5.8861	2.4817	14.6077	34.6462
6	300	13.4130	5.7038	2.5962	14.8083	32.5331
7	240	15.2955	5.4806	2.7276	14.9488	30.0374
8	180	18.0408	5.1930	2.8926	15.0213	26.9668
9	120	22.9432	4.7875	3.1330	14.9993	22.9201
10	60	35.2973	4.0943	3.5638	14.5914	16.7637
10	4980	145.6470	58.1555	25.1302	140.7600	346.9435
Ln (d) =	6.0976	d =	444.8073	n =	-0.6164	

<i>Periodo de retorno para T = 10 años</i>						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	5.4458	7.2724	1.6948	12.3256	52.8878
2	1080	6.6076	6.9847	1.8882	13.1887	48.7863
3	720	8.7133	6.5793	2.1648	14.2431	43.2865
4	480	11.1094	6.1738	2.4078	14.8652	38.1156
5	360	13.2878	5.8861	2.5868	15.2264	34.6462
6	300	14.8997	5.7038	2.7013	15.4079	32.5331
7	240	16.9909	5.4806	2.8327	15.5249	30.0374
8	180	20.0406	5.1930	2.9978	15.5672	26.9668
9	120	25.4864	4.7875	3.2381	15.5026	22.9201
10	60	39.2098	4.0943	3.6689	15.0218	16.7637
10	4980	161.7912	58.1555	26.1814	146.8734	346.9435
Ln (d) =	6.2028	d =	494.1121	n =	-0.6164	

<i>Periodo de retorno para T = 25 años</i>						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	6.0733	7.2724	1.8039	13.1187	52.8878
2	1080	7.3690	6.9847	1.9973	13.9504	48.7863
3	720	9.7174	6.5793	2.2739	14.9606	43.2865
4	480	12.3896	6.1738	2.5169	15.5386	38.1156
5	360	14.8190	5.8861	2.6959	15.8684	34.6462
6	300	16.6167	5.7038	2.8104	16.0299	32.5331
7	240	18.9488	5.4806	2.9417	16.1226	30.0374
8	180	22.3499	5.1930	3.1068	16.1336	26.9668
9	120	28.4233	4.7875	3.3472	16.0247	22.9201
10	60	43.7281	4.0943	3.7780	15.4684	16.7637
10	4980	180.4350	58.1555	27.2720	153.2161	346.9435
Ln (d) =	6.3118	d =	551.0503	n =	-0.6164	

Fuente: Elaboración propia.

<i>Periodo de retorno para T = 50 años</i>						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	6.5093	7.2724	1.8732	13.6229	52.8878
2	1080	7.8980	6.9847	2.0666	14.4347	48.7863
3	720	10.4149	6.5793	2.3432	15.4168	43.2865
4	480	13.2790	6.1738	2.5862	15.9666	38.1156
5	360	15.8827	5.8861	2.7652	16.2765	34.6462
6	300	17.8095	5.7038	2.8797	16.4254	32.5331
7	240	20.3091	5.4806	3.0111	16.5026	30.0374
8	180	23.9543	5.1930	3.1761	16.4936	26.9668
9	120	30.4636	4.7875	3.4165	16.3566	22.9201
10	60	46.8671	4.0943	3.8473	15.7522	16.7637
10	4980	193.3876	58.1555	27.9653	157.2477	346.9435
Ln (d) =	6.3812	d =	590.6076	n =	-0.6164	

<i>Periodo de retorno para T = 100 años</i>						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	6.9255	7.2724	1.9352	14.0736	52.8878
2	1080	8.4029	6.9847	2.1286	14.8675	48.7863
3	720	11.0808	6.5793	2.4052	15.8245	43.2865
4	480	14.1280	6.1738	2.6482	16.3492	38.1156
5	360	16.8982	5.8861	2.8272	16.6412	34.6462
6	300	18.9481	5.7038	2.9417	16.7788	32.5331
7	240	21.6075	5.4806	3.0730	16.8422	30.0374
8	180	25.4858	5.1930	3.2381	16.8154	26.9668
9	120	32.4112	4.7875	3.4785	16.6533	22.9201
10	60	49.8634	4.0943	3.9093	16.0060	16.7637
10	4980	205.7514	58.1555	28.5850	160.8517	346.9435
Ln (d) =	6.4431	d =	628.3667	n =	-0.6164	

<i>Periodo de retorno para T = 500 años</i>						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	7.8532	7.2724	2.0609	14.9878	52.8878
2	1080	9.5285	6.9847	2.2543	15.7456	48.7863
3	720	12.5651	6.5793	2.5309	16.6516	43.2865
4	480	16.0205	6.1738	2.7739	17.1253	38.1156
5	360	19.1617	5.8861	2.9529	17.3812	34.6462
6	300	21.4863	5.7038	3.0674	17.4959	32.5331
7	240	24.5019	5.4806	3.1988	17.5312	30.0374
8	180	28.8997	5.1930	3.3638	17.4682	26.9668
9	120	36.7528	4.7875	3.6042	17.2552	22.9201
10	60	56.5428	4.0943	4.0350	16.5207	16.7637
10	4980	233.3125	58.1555	29.8421	168.1625	346.9435
Ln (d) =	6.5688	d =	712.5388	n =	-0.6164	

Fuente: Elaboración propia.

Procedemos hacer el resumen de todas las regresiones potencial de cada periodo de retorno como se puede ver en la tabla 4-16.

Tabla 4-16 Resumen de aplicación de regresión potencial

<i>Resumen de aplicación de regresión potencial</i>		
Periodo de Retorno (años)	Término cte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	360.13925	-0.61639
5	444.80733	-0.61639
10	494.11206	-0.61639
25	551.05035	-0.61639
50	590.60765	-0.61639
100	628.36672	-0.61639
500	712.53885	-0.61639
Promedio =	540.23174	-0.61639

Fuente: Elaboración propia.

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^m \quad (\text{Ecuación 4}) \qquad I = \frac{K \cdot T^m}{t^n} \quad (\text{Ecuación 5})$$

- I = Intensidad (mm/hr)
- t = Duración de la lluvia (min)
- T = Período de retorno (años)
- K, m, n = Parámetros de ajuste

Tabla 4-17 Regresión potencial

<i>Regresión potencial</i>						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x * ln y	(lnx)^2
1	2	360.1393	0.6931	5.8865	4.0802	0.4805
2	5	444.8073	1.6094	6.0976	9.8138	2.5903
3	10	494.1121	2.3026	6.2028	14.2824	5.3019
4	25	551.0503	3.2189	6.3118	20.3170	10.3612
5	50	590.6076	3.9120	6.3812	24.9632	15.3039
6	100	628.3667	4.6052	6.4431	29.6717	21.2076
7	500	712.5388	6.2146	6.5688	40.8227	38.6214
7	692	3781.6222	22.5558	43.8918	143.9510	93.8667
Ln (K) =	5.8870	K =	360.3202	m =	0.118944	

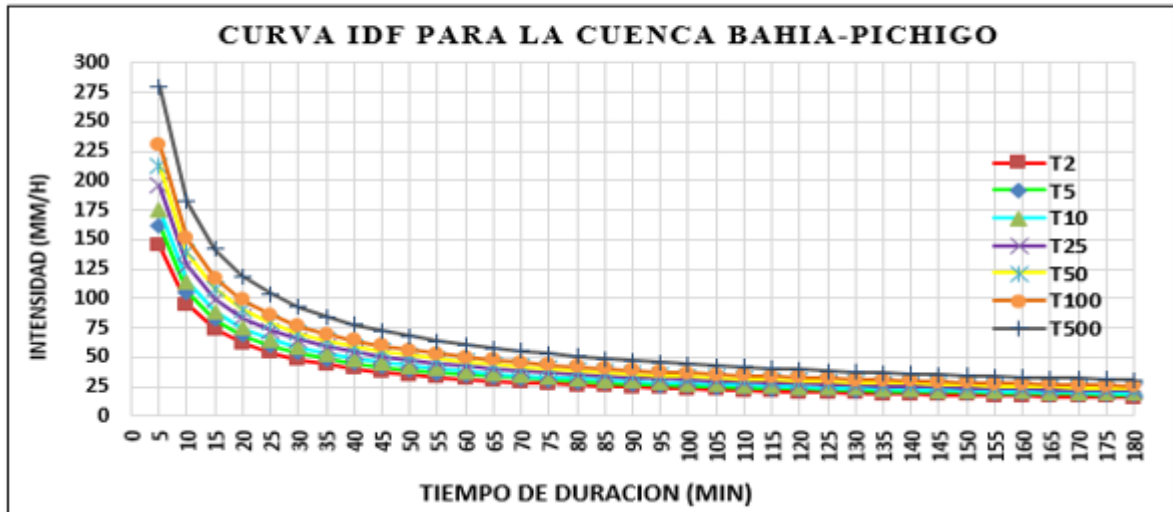
Fuente: Elaboración propia.

$$m = 0.118944, \quad K = 360.3202, \quad n = 0.61639$$

Tabla 4-18 Estación Base Curva I-D-F para la cuenca Bahía-distribuida mediante Thiessen

$$I = \frac{360.3202 * T^{0.118944}}{t^{0.61639}}$$

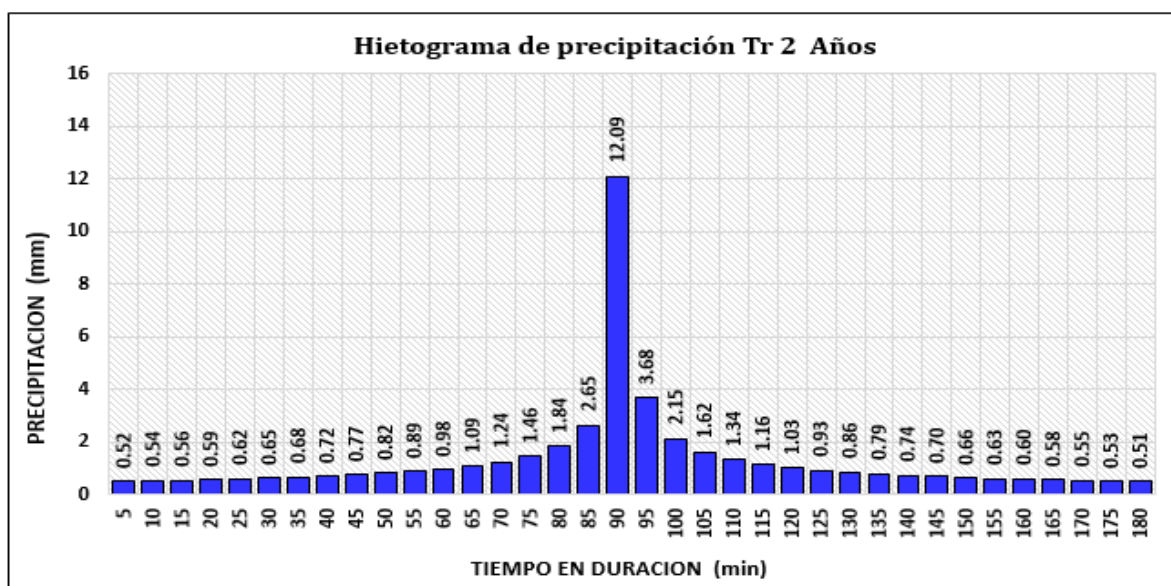
Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	145.10	161.80	175.71	195.94	212.78	231.07	279.82
10	94.65	105.55	114.62	127.81	138.80	150.73	182.53
15	73.72	82.21	89.27	99.55	108.10	117.40	142.16
20	61.74	68.85	74.76	83.37	90.54	98.32	119.06
25	53.81	60.00	65.16	72.66	78.90	85.69	103.76
30	48.09	53.62	58.23	64.94	70.52	76.58	92.73
35	43.73	48.76	52.95	59.05	64.13	69.64	84.33
40	40.27	44.91	48.77	54.38	59.06	64.13	77.67
45	37.45	41.76	45.35	50.58	54.92	59.64	72.23
50	35.10	39.14	42.50	47.40	51.47	55.89	67.69
55	33.09	36.91	40.08	44.69	48.53	52.70	63.82
60	31.37	34.98	37.98	42.36	46.00	49.95	60.49
65	29.86	33.29	36.16	40.32	43.78	47.55	57.58
70	28.52	31.81	34.54	38.52	41.83	45.42	55.01
75	27.34	30.48	33.10	36.92	40.09	43.53	52.72
80	26.27	29.29	31.81	35.48	38.52	41.83	50.66
85	25.31	28.22	30.65	34.17	37.11	40.30	48.80
90	24.43	27.24	29.58	32.99	35.83	38.91	47.11
95	23.63	26.35	28.61	31.91	34.65	37.63	45.57
100	22.89	25.53	27.72	30.92	33.57	36.46	44.15
105	22.22	24.77	26.90	30.00	32.58	35.38	42.84
110	21.59	24.07	26.14	29.15	31.66	34.38	41.63
115	21.00	23.42	25.44	28.36	30.80	33.45	40.51
120	20.46	22.82	24.78	27.63	30.00	32.58	39.46
125	19.95	22.25	24.16	26.94	29.26	31.77	38.48
130	19.48	21.72	23.58	26.30	28.56	31.01	37.56
135	19.03	21.22	23.04	25.70	27.90	30.30	36.69
140	18.61	20.75	22.53	25.13	27.29	29.63	35.88
145	18.21	20.30	22.05	24.59	26.70	29.00	35.11
150	17.83	19.88	21.59	24.08	26.15	28.40	34.39
155	17.47	19.49	21.16	23.60	25.63	27.83	33.70
160	17.14	19.11	20.75	23.14	25.13	27.29	33.05
165	16.81	18.75	20.36	22.71	24.66	26.78	32.43
170	16.51	18.41	19.99	22.29	24.21	26.29	31.83
175	16.21	18.08	19.64	21.90	23.78	25.82	31.27
180	15.94	17.77	19.30	21.52	23.37	25.38	30.73



Fuente: Elaboración propia

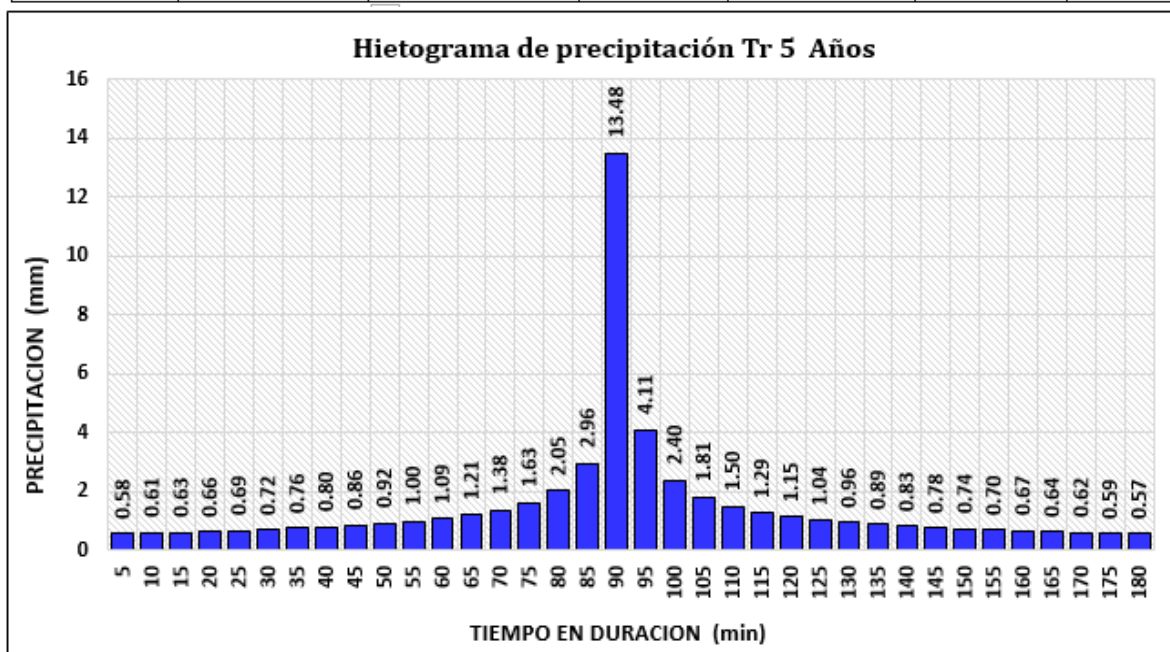
Tabla 4-19 Estación “Base Combinada” *Hietograma de Precipitaciones para distintos periodos de Retornos dentro de la cuenca*

<i>Hietograma Para Periodo Retorno 2 Años</i>						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	145.10	12.09	12.09	145.10	0.52	6.28
10	94.65	15.77	3.68	44.20	0.54	6.51
15	73.72	18.43	2.65	31.86	0.56	6.77
20	61.74	20.58	2.15	25.80	0.59	7.06
25	53.81	22.42	1.84	22.07	0.62	7.38
30	48.09	24.04	1.62	19.49	0.65	7.75
35	43.73	25.51	1.46	17.58	0.68	8.17
40	40.27	26.85	1.34	16.09	0.72	8.65
45	37.45	28.09	1.24	14.89	0.77	9.22
50	35.10	29.25	1.16	13.90	0.82	9.89
55	33.09	30.34	1.09	13.07	0.89	10.71
60	31.37	31.37	1.03	12.36	0.98	11.74
65	29.86	32.34	0.98	11.74	1.09	13.07
70	28.52	33.28	0.93	11.19	1.24	14.89
75	27.34	34.17	0.89	10.71	1.46	17.58
80	26.27	35.03	0.86	10.28	1.84	22.07
85	25.31	35.85	0.82	9.89	2.65	31.86
90	24.43	36.65	0.79	9.54	12.09	145.10
95	23.63	37.41	0.77	9.22	3.68	44.20
100	22.89	38.16	0.74	8.92	2.15	25.80
105	22.22	38.88	0.72	8.65	1.62	19.49
110	21.59	39.58	0.70	8.40	1.34	16.09
115	21.00	40.26	0.68	8.17	1.16	13.90
120	20.46	40.92	0.66	7.95	1.03	12.36
125	19.95	41.57	0.65	7.75	0.93	11.19
130	19.48	42.20	0.63	7.56	0.86	10.28
135	19.03	42.81	0.62	7.38	0.79	9.54
140	18.61	43.41	0.60	7.22	0.74	8.92
145	18.21	44.00	0.59	7.06	0.70	8.40
150	17.83	44.58	0.58	6.91	0.66	7.95
155	17.47	45.14	0.56	6.77	0.63	7.56
160	17.14	45.70	0.55	6.64	0.60	7.22
165	16.81	46.24	0.54	6.51	0.58	6.91
170	16.51	46.77	0.53	6.39	0.55	6.64
175	16.21	47.29	0.52	6.28	0.53	6.39
180	15.94	47.81	0.51	6.17	0.51	6.17



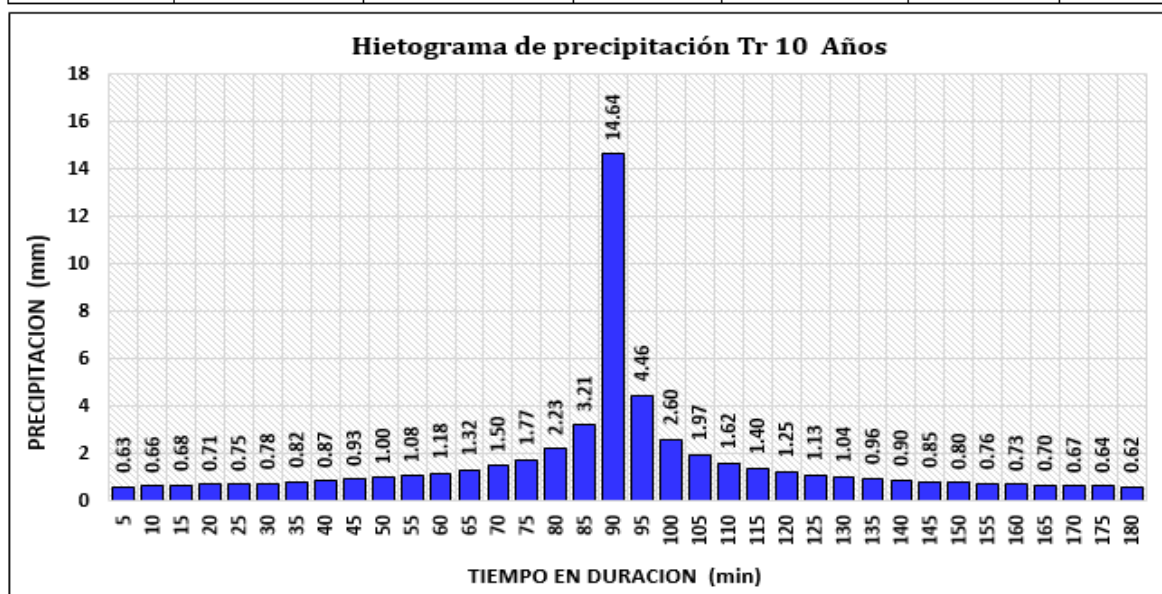
Fuente: Elaboración propia.

<i>Hietograma Para Periodo Retorno 5 Años</i>						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	161.80	13.48	13.48	161.80	0.58	7.00
10	105.55	17.59	4.11	49.29	0.61	7.26
15	82.21	20.55	2.96	35.52	0.63	7.55
20	68.85	22.95	2.40	28.77	0.66	7.87
25	60.00	25.00	2.05	24.61	0.69	8.23
30	53.62	26.81	1.81	21.73	0.72	8.64
35	48.76	28.44	1.63	19.60	0.76	9.11
40	44.91	29.94	1.50	17.94	0.80	9.65
45	41.76	31.32	1.38	16.61	0.86	10.28
50	39.14	32.62	1.29	15.50	0.92	11.03
55	36.91	33.83	1.21	14.57	1.00	11.94
60	34.98	34.98	1.15	13.78	1.09	13.09
65	33.29	36.07	1.09	13.09	1.21	14.57
70	31.81	37.11	1.04	12.48	1.38	16.61
75	30.48	38.10	1.00	11.94	1.63	19.60
80	29.29	39.06	0.96	11.46	2.05	24.61
85	28.22	39.98	0.92	11.03	2.96	35.52
90	27.24	40.86	0.89	10.64	13.48	161.80
95	26.35	41.72	0.86	10.28	4.11	49.29
100	25.53	42.55	0.83	9.95	2.40	28.77
105	24.77	43.35	0.80	9.65	1.81	21.73
110	24.07	44.13	0.78	9.37	1.50	17.94
115	23.42	44.89	0.76	9.11	1.29	15.50
120	22.82	45.63	0.74	8.87	1.15	13.78
125	22.25	46.35	0.72	8.64	1.04	12.48
130	21.72	47.06	0.70	8.43	0.96	11.46
135	21.22	47.74	0.69	8.23	0.89	10.64
140	20.75	48.41	0.67	8.05	0.83	9.95
145	20.30	49.07	0.66	7.87	0.78	9.37
150	19.88	49.71	0.64	7.71	0.74	8.87
155	19.49	50.34	0.63	7.55	0.70	8.43
160	19.11	50.96	0.62	7.40	0.67	8.05
165	18.75	51.56	0.61	7.26	0.64	7.71
170	18.41	52.16	0.59	7.13	0.62	7.40
175	18.08	52.74	0.58	7.00	0.59	7.13
180	17.77	53.31	0.57	6.88	0.57	6.88



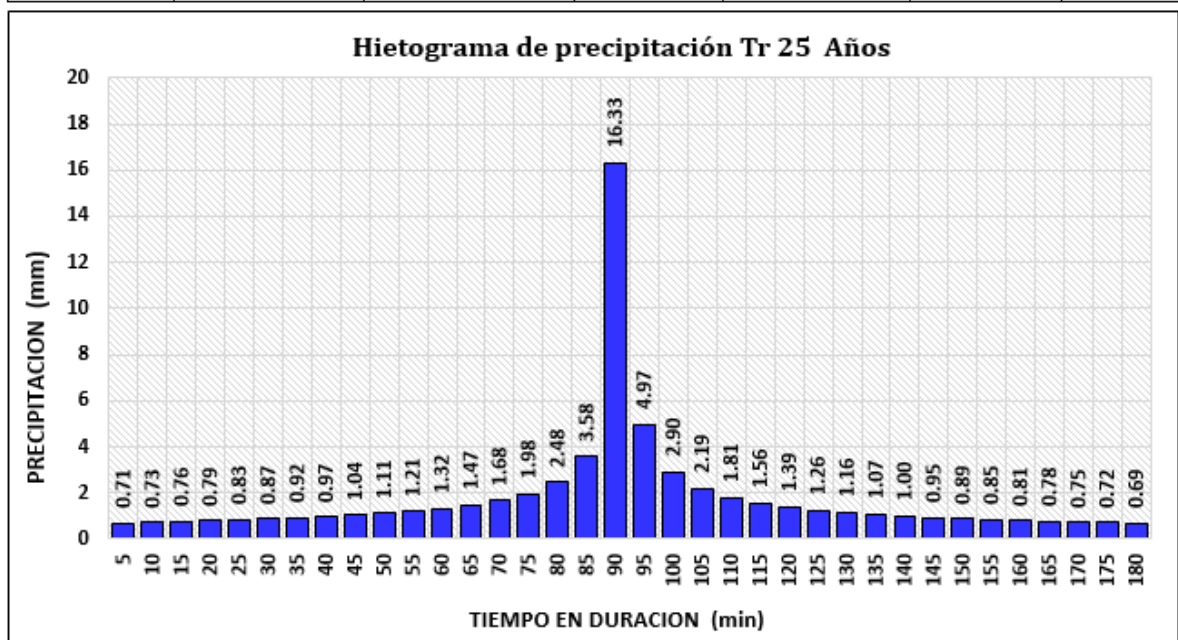
Fuente: Elaboración propia.

<i>Hietograma Para Periodo Retorno 10 Años</i>						
Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	175.71	14.64	14.64	175.71	0.63	7.60
10	114.62	19.10	4.46	53.52	0.66	7.89
15	89.27	22.32	3.21	38.58	0.68	8.20
20	74.76	24.92	2.60	31.25	0.71	8.55
25	65.16	27.15	2.23	26.73	0.75	8.94
30	58.23	29.12	1.97	23.60	0.78	9.39
35	52.95	30.89	1.77	21.28	0.82	9.89
40	48.77	32.51	1.62	19.48	0.87	10.48
45	45.35	34.02	1.50	18.03	0.93	11.16
50	42.50	35.42	1.40	16.84	1.00	11.98
55	40.08	36.74	1.32	15.83	1.08	12.97
60	37.98	37.98	1.25	14.96	1.18	14.21
65	36.16	39.17	1.18	14.21	1.32	15.83
70	34.54	40.30	1.13	13.55	1.50	18.03
75	33.10	41.38	1.08	12.97	1.77	21.28
80	31.81	42.42	1.04	12.45	2.23	26.73
85	30.65	43.41	1.00	11.98	3.21	38.58
90	29.58	44.38	0.96	11.55	14.64	175.71
95	28.61	45.31	0.93	11.16	4.46	53.52
100	27.72	46.21	0.90	10.80	2.60	31.25
105	26.90	47.08	0.87	10.48	1.97	23.60
110	26.14	47.93	0.85	10.17	1.62	19.48
115	25.44	48.75	0.82	9.89	1.40	16.84
120	24.78	49.55	0.80	9.63	1.25	14.96
125	24.16	50.34	0.78	9.39	1.13	13.55
130	23.58	51.10	0.76	9.16	1.04	12.45
135	23.04	51.85	0.75	8.94	0.96	11.55
140	22.53	52.57	0.73	8.74	0.90	10.80
145	22.05	53.29	0.71	8.55	0.85	10.17
150	21.59	53.98	0.70	8.37	0.80	9.63
155	21.16	54.67	0.68	8.20	0.76	9.16
160	20.75	55.34	0.67	8.04	0.73	8.74
165	20.36	55.99	0.66	7.89	0.70	8.37
170	19.99	56.64	0.64	7.74	0.67	8.04
175	19.64	57.27	0.63	7.60	0.64	7.74
180	19.30	57.89	0.62	7.47	0.62	7.47



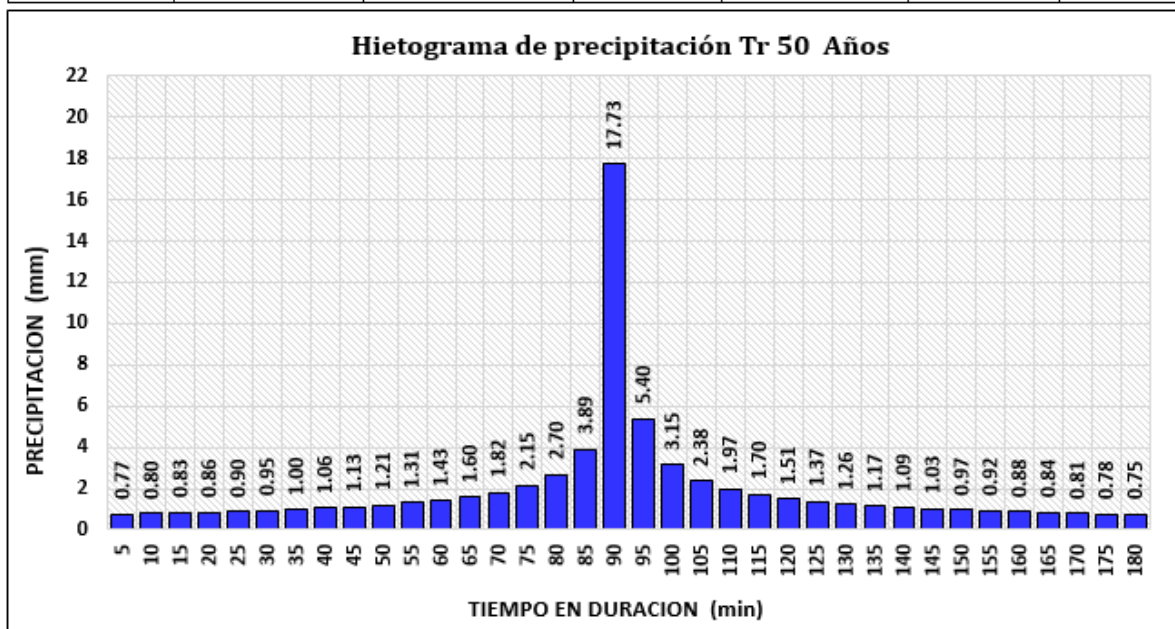
Fuente: Elaboración propia

<i>Hietograma Para Periodo Retorno 25 Años</i>						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	195.94	16.33	16.33	195.94	0.71	8.48
10	127.81	21.30	4.97	59.69	0.73	8.79
15	99.55	24.89	3.58	43.02	0.76	9.14
20	83.37	27.79	2.90	34.85	0.79	9.53
25	72.66	30.27	2.48	29.80	0.83	9.97
30	64.94	32.47	2.19	26.32	0.87	10.47
35	59.05	34.45	1.98	23.73	0.92	11.03
40	54.38	36.26	1.81	21.73	0.97	11.68
45	50.58	37.93	1.68	20.11	1.04	12.45
50	47.40	39.50	1.56	18.77	1.11	13.36
55	44.69	40.97	1.47	17.65	1.21	14.46
60	42.36	42.36	1.39	16.69	1.32	15.85
65	40.32	43.68	1.32	15.85	1.47	17.65
70	38.52	44.94	1.26	15.11	1.68	20.11
75	36.92	46.14	1.21	14.46	1.98	23.73
80	35.48	47.30	1.16	13.88	2.48	29.80
85	34.17	48.41	1.11	13.36	3.58	43.02
90	32.99	49.49	1.07	12.88	16.33	195.94
95	31.91	50.52	1.04	12.45	4.97	59.69
100	30.92	51.53	1.00	12.05	2.90	34.85
105	30.00	52.50	0.97	11.68	2.19	26.32
110	29.15	53.45	0.95	11.34	1.81	21.73
115	28.36	54.37	0.92	11.03	1.56	18.77
120	27.63	55.26	0.89	10.74	1.39	16.69
125	26.94	56.13	0.87	10.47	1.26	15.11
130	26.30	56.98	0.85	10.21	1.16	13.88
135	25.70	57.81	0.83	9.97	1.07	12.88
140	25.13	58.63	0.81	9.75	1.00	12.05
145	24.59	59.42	0.79	9.53	0.95	11.34
150	24.08	60.20	0.78	9.33	0.89	10.74
155	23.60	60.96	0.76	9.14	0.85	10.21
160	23.14	61.71	0.75	8.96	0.81	9.75
165	22.71	62.44	0.73	8.79	0.78	9.33
170	22.29	63.16	0.72	8.63	0.75	8.96
175	21.90	63.87	0.71	8.48	0.72	8.63
180	21.52	64.56	0.69	8.33	0.69	8.33



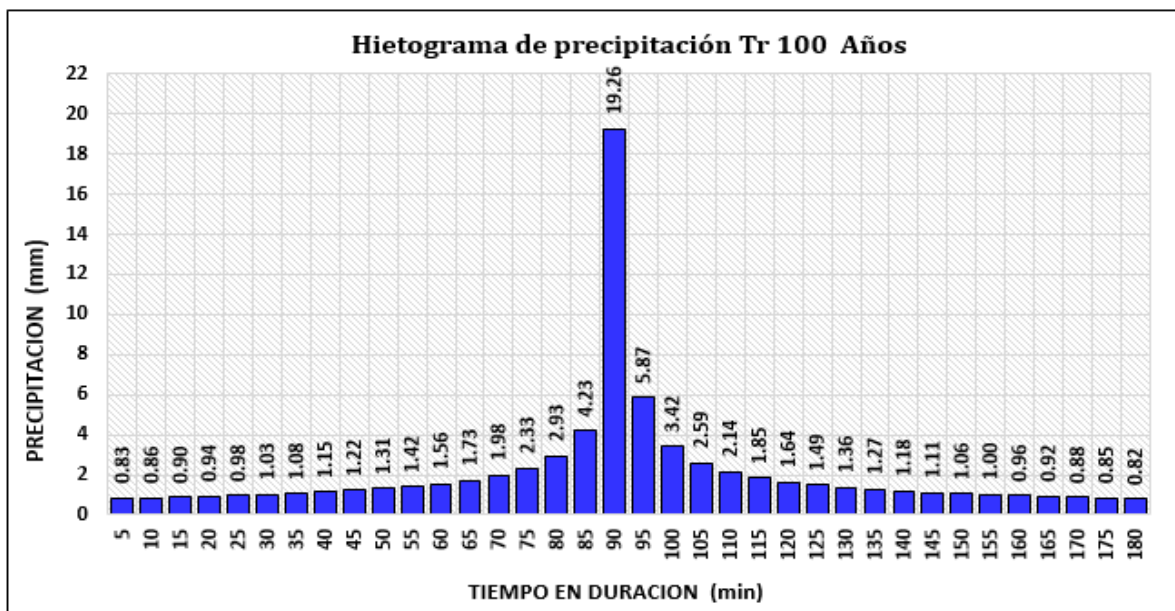
Fuente: Elaboración propia

<i>Hietograma Para Periodo Retorno 50 Años</i>						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	212.78	17.73	17.73	212.78	0.77	9.20
10	138.80	23.13	5.40	64.81	0.80	9.55
15	108.10	27.03	3.89	46.72	0.83	9.93
20	90.54	30.18	3.15	37.84	0.86	10.35
25	78.90	32.88	2.70	32.37	0.90	10.83
30	70.52	35.26	2.38	28.58	0.95	11.37
35	64.13	37.41	2.15	25.77	1.00	11.98
40	59.06	39.37	1.97	23.59	1.06	12.69
45	54.92	41.19	1.82	21.84	1.13	13.51
50	51.47	42.89	1.70	20.39	1.21	14.50
55	48.53	44.49	1.60	19.17	1.31	15.71
60	46.00	46.00	1.51	18.12	1.43	17.21
65	43.78	47.43	1.43	17.21	1.60	19.17
70	41.83	48.80	1.37	16.41	1.82	21.84
75	40.09	50.11	1.31	15.71	2.15	25.77
80	38.52	51.37	1.26	15.07	2.70	32.37
85	37.11	52.57	1.21	14.50	3.89	46.72
90	35.83	53.74	1.17	13.99	17.73	212.78
95	34.65	54.87	1.13	13.51	5.40	64.81
100	33.57	55.96	1.09	13.08	3.15	37.84
105	32.58	57.01	1.06	12.69	2.38	28.58
110	31.66	58.04	1.03	12.32	1.97	23.59
115	30.80	59.04	1.00	11.98	1.70	20.39
120	30.00	60.01	0.97	11.66	1.51	18.12
125	29.26	60.96	0.95	11.37	1.37	16.41
130	28.56	61.88	0.92	11.09	1.26	15.07
135	27.90	62.78	0.90	10.83	1.17	13.99
140	27.29	63.67	0.88	10.58	1.09	13.08
145	26.70	64.53	0.86	10.35	1.03	12.32
150	26.15	65.37	0.84	10.14	0.97	11.66
155	25.63	66.20	0.83	9.93	0.92	11.09
160	25.13	67.01	0.81	9.73	0.88	10.58
165	24.66	67.81	0.80	9.55	0.84	10.14
170	24.21	68.59	0.78	9.37	0.81	9.73
175	23.78	69.36	0.77	9.20	0.78	9.37
180	23.37	70.11	0.75	9.04	0.75	9.04



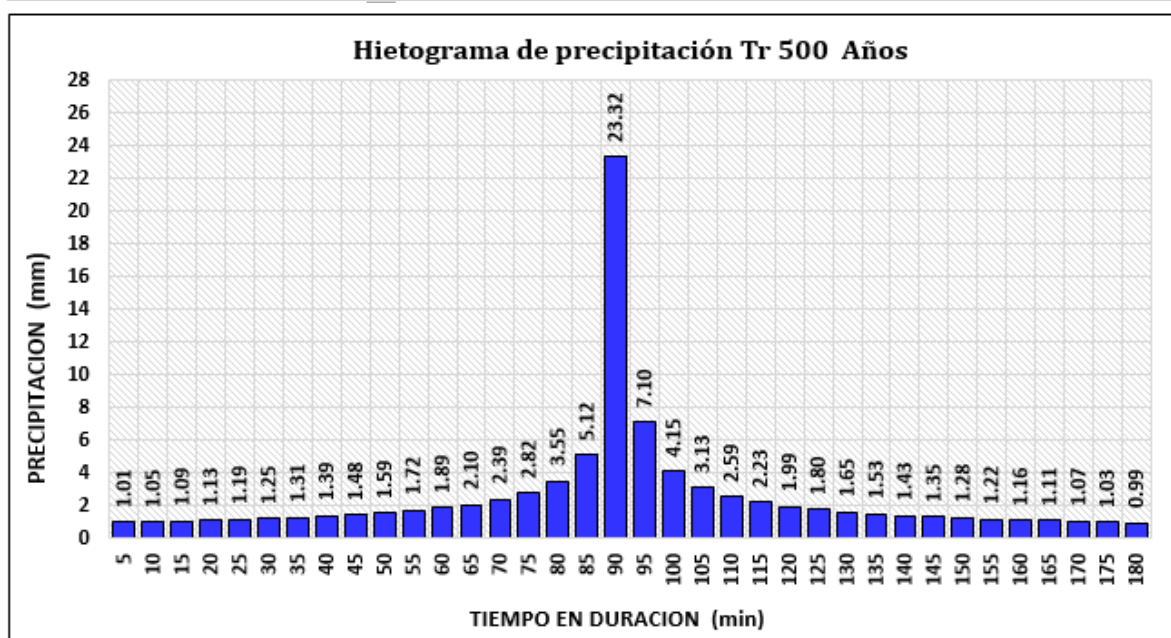
Fuente: Elaboración propia.

Hietograma Para Periodo Retorno 100 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	231.07	19.26	19.26	231.07	0.83	9.99
10	150.73	25.12	5.87	70.38	0.86	10.37
15	117.40	29.35	4.23	50.73	0.90	10.78
20	98.32	32.77	3.42	41.09	0.94	11.24
25	85.69	35.70	2.93	35.15	0.98	11.76
30	76.58	38.29	2.59	31.04	1.03	12.34
35	69.64	40.62	2.33	27.99	1.08	13.01
40	64.13	42.76	2.14	25.62	1.15	13.78
45	59.64	44.73	1.98	23.71	1.22	14.68
50	55.89	46.58	1.85	22.14	1.31	15.75
55	52.70	48.31	1.73	20.81	1.42	17.06
60	49.95	49.95	1.64	19.68	1.56	18.69
65	47.55	51.51	1.56	18.69	1.73	20.81
70	45.42	52.99	1.49	17.82	1.98	23.71
75	43.53	54.42	1.42	17.06	2.33	27.99
80	41.83	55.78	1.36	16.37	2.93	35.15
85	40.30	57.09	1.31	15.75	4.23	50.73
90	38.91	58.36	1.27	15.19	19.26	231.07
95	37.63	59.58	1.22	14.68	5.87	70.38
100	36.46	60.76	1.18	14.21	3.42	41.09
105	35.38	61.91	1.15	13.78	2.59	31.04
110	34.38	63.03	1.11	13.38	2.14	25.62
115	33.45	64.11	1.08	13.01	1.85	22.14
120	32.58	65.17	1.06	12.66	1.64	19.68
125	31.77	66.20	1.03	12.34	1.49	17.82
130	31.01	67.20	1.00	12.04	1.36	16.37
135	30.30	68.18	0.98	11.76	1.27	15.19
140	29.63	69.14	0.96	11.49	1.18	14.21
145	29.00	70.07	0.94	11.24	1.11	13.38
150	28.40	70.99	0.92	11.01	1.06	12.66
155	27.83	71.89	0.90	10.78	1.00	12.04
160	27.29	72.77	0.88	10.57	0.96	11.49
165	26.78	73.63	0.86	10.37	0.92	11.01
170	26.29	74.48	0.85	10.18	0.88	10.57
175	25.82	75.32	0.83	9.99	0.85	10.18
180	25.38	76.13	0.82	9.82	0.82	9.82



Fuente: Elaboración propia.

Hietograma Para Periodo Retorno 500 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	279.82	23.32	23.32	279.82	1.01	12.10
10	182.53	30.42	7.10	85.23	1.05	12.56
15	142.16	35.54	5.12	61.44	1.09	13.06
20	119.06	39.69	4.15	49.76	1.13	13.62
25	103.76	43.23	3.55	42.56	1.19	14.24
30	92.73	46.37	3.13	37.59	1.25	14.95
35	84.33	49.19	2.82	33.89	1.31	15.75
40	77.67	51.78	2.59	31.03	1.39	16.68
45	72.23	54.17	2.39	28.72	1.48	17.77
50	67.69	56.40	2.23	26.81	1.59	19.07
55	63.82	58.50	2.10	25.21	1.72	20.65
60	60.49	60.49	1.99	23.83	1.89	22.63
65	57.58	62.38	1.89	22.63	2.10	25.21
70	55.01	64.18	1.80	21.58	2.39	28.72
75	52.72	65.90	1.72	20.65	2.82	33.89
80	50.66	67.55	1.65	19.82	3.55	42.56
85	48.80	69.14	1.59	19.07	5.12	61.44
90	47.11	70.67	1.53	18.39	23.32	279.82
95	45.57	72.15	1.48	17.77	7.10	85.23
100	44.15	73.59	1.43	17.21	4.15	49.76
105	42.84	74.98	1.39	16.68	3.13	37.59
110	41.63	76.33	1.35	16.20	2.59	31.03
115	40.51	77.64	1.31	15.75	2.23	26.81
120	39.46	78.92	1.28	15.34	1.99	23.83
125	38.48	80.16	1.25	14.95	1.80	21.58
130	37.56	81.38	1.22	14.58	1.65	19.82
135	36.69	82.56	1.19	14.24	1.53	18.39
140	35.88	83.72	1.16	13.92	1.43	17.21
145	35.11	84.86	1.13	13.62	1.35	16.20
150	34.39	85.97	1.11	13.33	1.28	15.34
155	33.70	87.06	1.09	13.06	1.22	14.58
160	33.05	88.12	1.07	12.80	1.16	13.92
165	32.43	89.17	1.05	12.56	1.11	13.33
170	31.83	90.20	1.03	12.32	1.07	12.80
175	31.27	91.21	1.01	12.10	1.03	12.32
180	30.73	92.20	0.99	11.89	0.99	11.89

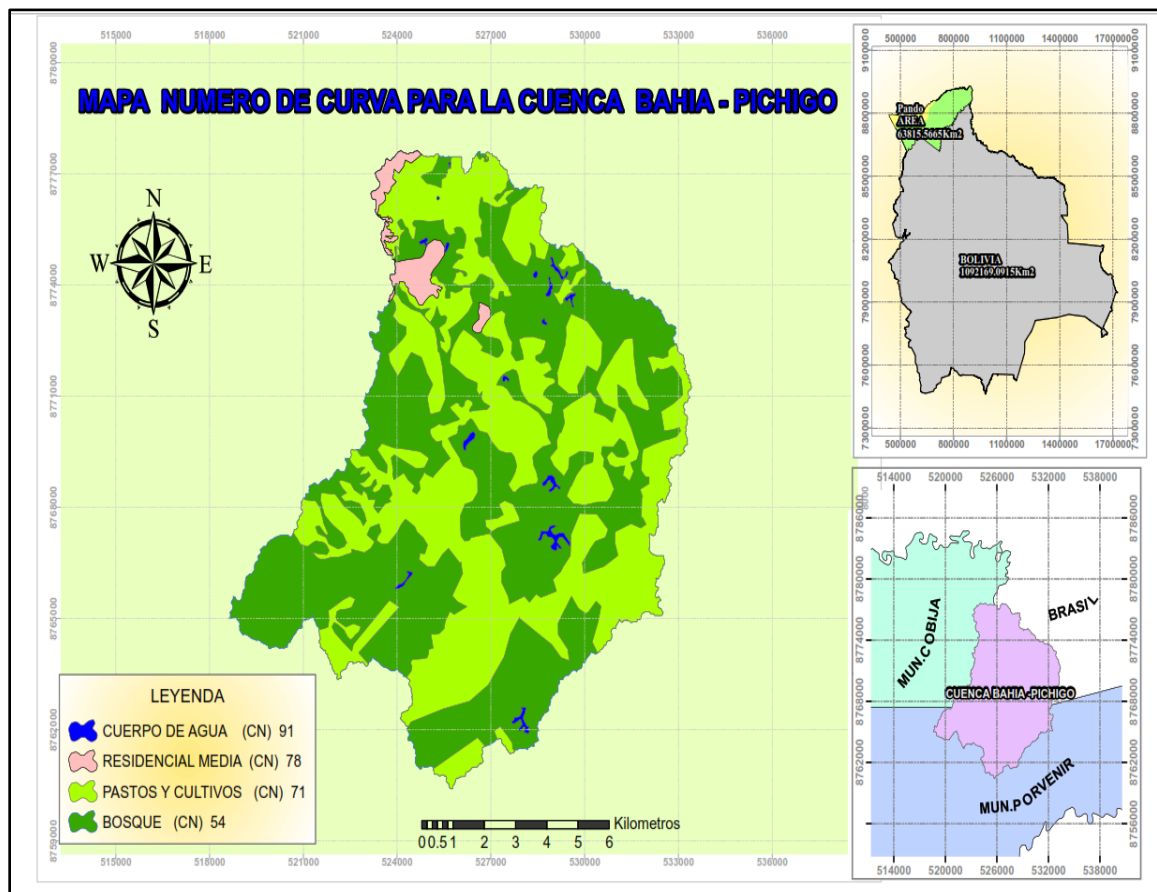


Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Cálculo del CN

La obtención del número de curva del SCS “Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos” para la cuenca Bahía – Pichigo se obtienen a partir de tres datos de entrada, el Modelo Digital de Elevación (DEM) corregido, uso de suelo, suelo hidrológico y los valores de grupos hidrológicos, pero en esta investigación hemos apostado por un dato de entrada más, que se agregó para esta investigación. Este dato de entrada es las imágenes de 11 bandas o también llamadas imágenes landsat 8 como se muestra en la figura 4-7. las cuales fueron geo-procesadas obteniendo como resultado el mapa de número de curva para la subcuenca Bahía – Pichigo.

Figura 4-7 Imagen de Landsat 8 (11 bandas) con área de estudio resaltado



Fuente: Elaboración propia mediante el software ArcGIS.

Es así que para la obtención del Numero de Curva de la cuenca Bahia – Pichigo se hizo un resumen en cuatro clases de uso de suelo las cuales fueron ponderado en base a sus respectivas áreas obtenidas con las imágenes landsat 8 llegando así a un promedio ponderado en cada subcuenca (ver figura 4-8) para luego realizar el modelamiento en el “HEC – HMS”.

Figura 4-8 Imagen landsat 8 (11 Bandas)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-20 Se muestra la cobertura de uso de suelo de cuenca Bahia – Pichigo.

Uso	Área (Ha)	Área (%)
Cuerpo Agua	77.3	0.6
Residencial media	925.6	6.6
Bosque	9229.9	65.8
Agricultura	3800.0	27.1
Total	14031	100.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-21 Se muestra el promedio ponderado del “CN” de la cuenca Bahía – Pichigo

Promedio Ponderado Para El Número de Curva Cuenca Bahía - Pichigo

USO	Área (Ha)	CN	(CN*Ha)	Área (%)
Agua	75.3	91	6854.5	0.5
Residencial Media	926	78	72196.8	6.6
Bosque	9230	54	498413.2	65.8
Agricultura	3800	71	269798.8	27.1
Área Total	14031			100.0

Promedio Simple =	74
Promedio Ponderado =	60

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 4.22** Se muestra el número de curva de las subcuencas en estudio, así como las áreas correspondientes a cada uno de ellos.

Tabla 4-22 Numero de curva para las subcuencas

Cuenca	Subcuencas	Área (Km2)	Número De Curva (CN)
Bahia -Pichigo	Baja Bahía	22.92	59
	Media Bahía	32.65	59
	Shiboya	24.60	59
	Floresta	21.37	60
	Alta Bahía	38.77	62

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la abstracción inicial (Ia)

Para el cálculo de abstracción inicial, se utilizó la ecuación

$$I_a = 5080 / CN - 50.8 \text{ (mm)} \quad \text{Ecuación (4.4.)}$$

Reemplazando los valores de CN (ver tabla 4.22.), se obtuvieron los valores de Ia “abstracción inicial” (ver tabla 4.23)

Tabla 4-23 Numero de curva para las subcuencas

ID	Subcuencas	Abstracción inicial (mm)
1	Baja Bahia	35.30
2	Media Bahia	35.30
3	Shiboya	35.30
4	Floresta	33.87
5	Alta Bahia	31.14

Fuente: Elaboración propia.

Con las características fisiográficas de cada una de las subcuencas (área, longitud de cauce y pendiente del cauce) se procedió a calcular el tiempo de concentración para cada una de las subcuencas ya que esta variable es de mucha importancia para procesar nuestra transformación de precipitación a escorrentía superficial para cada subcuenca creando así el modelo hidrológico.

4.1.3 Cálculo de tiempo de concentración

El tiempo de concentración se calculó mediante diversas fórmulas (ver pág. 66 de este documento). Para la presente tesis de investigación, se utilizaron las metodologías empíricas más divulgadas en la hidrología e hidráulica las cuales son el método de Temez,

Kirpich, California y Vente Chow. Comparando así los diversos resultados de tiempo de concentración. Es por ello que hemos optado por un valor medio entre los cuatro resultados también por las características que presenta la cuenca en estudio tales como cuencas rurales y grado de urbanización menor del 7% del área de la cuenca.

La tabla 4-24 muestra los valores de tiempo de concentración obtenidos, a partir de los cuatro métodos de cálculo seleccionados para este estudio.

Tabla 4-24 Tiempo de concentración de las subcuencas

Subcuencas	Área (Km2)	Long. Del Cauce (Km)	S (m/m)	Kirpich (min)	Temez (min)	California (min)	Ven Te Chow (min)
Baja Bahia	22.92	7.75	0.006	137.39	101.26	165.35	109.81
Media Bahia	32.65	8.02	0.005	151.30	112.30	163.69	118.98
Shiboya	24.60	9.45	0.015	112.48	85.48	172.92	92.99
Floresta	21.37	8.81	0.014	109.36	83.47	166.73	90.84
Alta Bahia	38.77	9.57	0.013	120.02	89.54	169.85	98.14

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del tiempo de retardo (Lag time)

Para transformar la precipitación neta a escorrentía directa, se eligió el método del SCS lo cual indica que el tiempo de retardo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Lag time} = 0.6Tc$$

Ecuación (4.5)

En la tabla 4-25 se muestra el tiempo de concentración promedio y los resultados del cálculo de Lag Time para cada subcuenca de la cuenca Bahía – Pichigo.

Tabla 4-25 Tiempo de retardo de las subcuencas

Subcuencas	T _C promedio (min)	Tiempo de retardo (T _R) (min)
Baja Bahía	128	77.07
Media Bahía	137	81.94
Shiboya	116	69.58
Floresta	113	67.56
Alta Bahía	119	71.63

Fuente: Elaboración propia

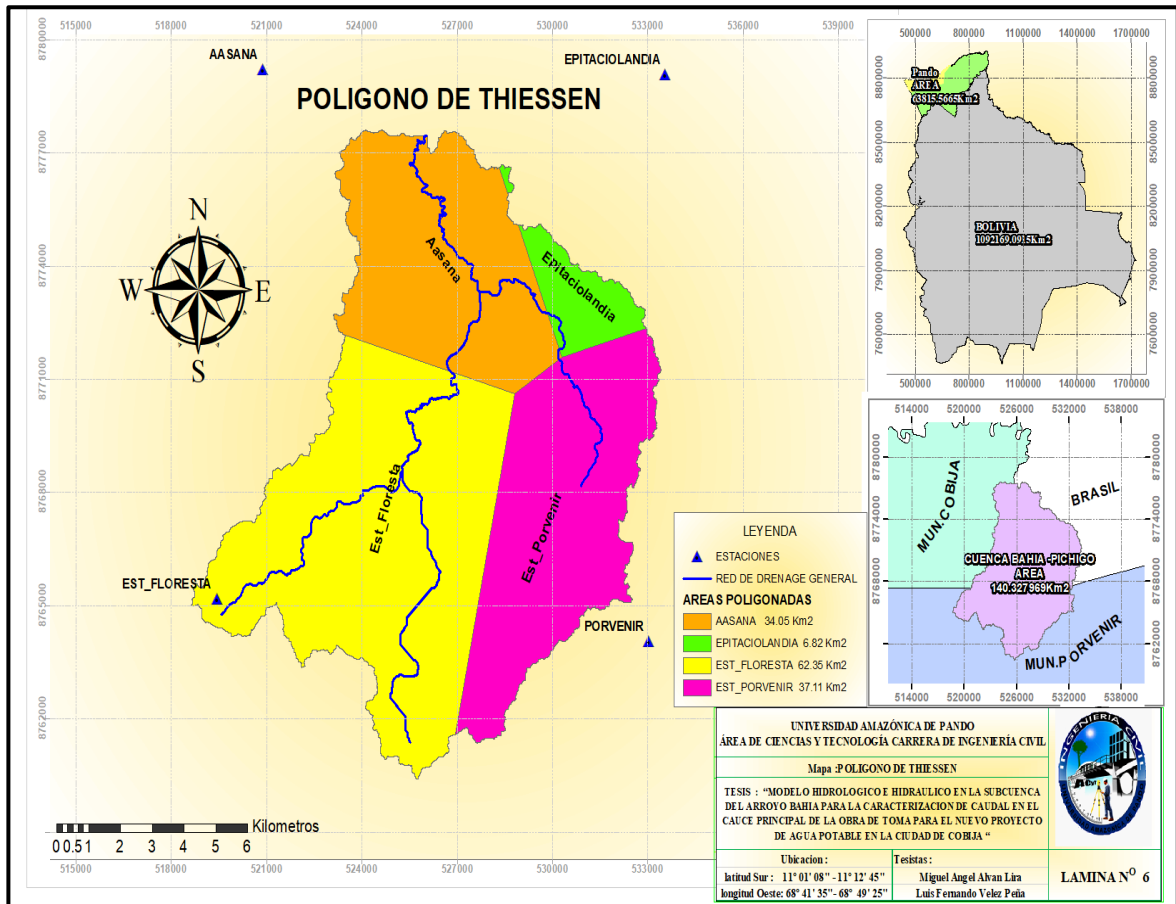
4.1.4 Cálculo de lluvia máxima diaria

Para la estimación de la lluvia máxima diaria que cae sobre la cuenca Bahía–Pichigo se tuvo que recurrir a la utilización de un método para convertir la información puntual, de 4 estaciones combinadas y correlacionadas por la estación base que es la de “AASANA”.

Obteniendo así una precipitación puntual para cada subcuenca que forma la cuenca Bahía-Pichigo ya que con esta combinación se generó una estación particular, en información de área, que cubra toda la zona de estudio, posteriormente se hace necesario realizar una reducción temporal para incluir el efecto de las mediciones de lluvia diarias.

Lo cual difiere con las lluvias de duración de 24 horas. Para comenzar con el geoprocesamiento del sistema SIG “ArcGIS”, se idéntica el grado de influencia de cada una de las estaciones ubicadas dentro del área de estudio y en su zona de influencia, para lo cual se emplea el método de los polígonos de Thiessen tal como se muestra en la Figura 4-9 que se forma con las cuatro estaciones que influyen en la cuenca.

Figura. 4-9 Polígono de Thiessen de la cuenca Bahia - Pichigo



Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Modelamiento Hidrológico con Hec – Hms

El “HEC-HMS” es un programa de simulación hidrológica desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas ó microcuencas a partir de información de lluvia, aplicando para ello métodos de cálculo de transformación de lluvia a escorrentía, pérdidas por infiltración y caudal base.

4.1.6 Resultados de la modelación hidrológica

Luego de realizar el modelamiento hidrológico, se obtuvo los caudales máximos para cada periodo de retorno, también se emplearon las diversas metodologías descritas en el

marco teórico del presente estudio, métodos como el Hidrogramas unitario y la modelación hidrológica con el programa “HEC-HMS”. Como resultado del modelo ya mencionado se obtuvo un caudal máximo de diseño.

Tabla 4-26 Tabla de Hidrogramas de caudales del Hec-Hms

Simulación	Periodos de retornos (Tr.)							
	Tiempo	2 Años	5 Años	10 Años	25 Años	50 Años	100 Años	500Años
01-ene-18	13:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01-ene-18	13:15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01-ene-18	13:30	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.6
01-ene-18	13:45	0.1	0.3	0.4	0.7	1.0	1.4	2.6
01-ene-18	14:00	0.5	0.9	1.3	2.1	2.8	3.8	6.8
01-ene-18	14:15	1.2	2.1	2.9	4.4	5.9	7.7	13.5
01-ene-18	14:30	2.4	3.9	5.4	7.9	10.4	13.5	23.2
01-ene-18	14:45	4.0	6.2	8.4	12.1	15.8	20.1	33.8
01-ene-18	15:00	5.8	8.8	11.7	16.6	21.3	27.0	44.5
01-ene-18	15:15	7.6	11.4	15.0	21.0	26.7	33.5	54.6
01-ene-18	15:30	9.3	13.7	17.9	24.9	31.4	39.2	63.1
01-ene-18	15:45	10.8	15.7	20.3	27.9	35.0	43.5	69.2
01-ene-18	16:00	11.8	16.9	21.8	29.8	37.3	46.2	73.1
01-ene-18	16:15	12.4	17.7	22.8	31.1	38.8	47.9	75.5
01-ene-18	16:30	12.8	18.2	23.3	31.7	39.5	48.8	76.7
01-ene-18	16:45	12.9	18.4	23.5	31.9	39.8	49.0	76.9
01-ene-18	17:00	13.0	18.4	23.5	31.9	39.6	48.8	76.5
01-ene-18	17:15	12.9	18.3	23.4	31.6	39.3	48.3	75.6
01-ene-18	17:30	12.9	18.2	23.2	31.3	38.8	47.8	74.6
01-ene-18	17:45	12.7	18.0	22.9	30.9	38.3	47.0	73.4
01-ene-18	18:00	12.5	17.7	22.5	30.3	37.5	46.1	71.8
01-ene-18	18:15	12.3	17.3	22.0	29.6	36.7	45.0	70.1
01-ene-18	18:30	12.0	16.9	21.5	28.9	35.7	43.8	68.1
01-ene-18	18:45	11.7	16.5	20.9	28.1	34.7	42.5	66.1
01-ene-18	19:00	11.4	16.0	20.2	27.2	33.6	41.2	63.9
01-ene-18	19:15	11.0	15.5	19.6	26.2	32.4	39.7	61.6
01-ene-18	19:30	10.7	14.9	18.9	25.3	31.2	38.2	59.2
01-ene-18	19:45	10.3	14.4	18.1	24.3	30.0	36.7	56.9
01-ene-18	20:00	9.9	13.8	17.4	23.3	28.8	35.2	54.5
01-ene-18	20:15	9.5	13.2	16.7	22.3	27.5	33.7	52.1
01-ene-18	20:30	9.1	12.6	15.9	21.3	26.3	32.2	49.7
01-ene-18	20:45	8.7	12.1	15.2	20.4	25.1	30.7	47.3
01-ene-18	21:00	8.3	11.5	14.5	19.4	23.9	29.2	45.0
01-ene-18	21:15	7.9	10.9	13.8	18.4	22.7	27.7	42.8
01-ene-18	21:30	7.5	10.4	13.1	17.5	21.6	26.3	40.6
01-ene-18	21:45	7.1	9.9	12.4	16.6	20.4	25.0	38.5
01-ene-18	22:00	6.7	9.4	11.8	15.7	19.4	23.6	36.4
01-ene-18	22:15	6.4	8.9	11.2	14.9	18.3	22.4	34.5

01-ene-18	22:30	6.0	8.4	10.6	14.1	17.3	21.1	32.6
01-ene-18	22:45	5.7	7.9	10.0	13.3	16.4	20.0	30.7
01-ene-18	23:00	5.4	7.5	9.4	12.6	15.4	18.8	29.0
01-ene-18	23:15	5.1	7.1	8.9	11.8	14.6	17.8	27.3
01-ene-18	23:30	4.8	6.7	8.4	11.2	13.7	16.7	25.7
01-ene-18	23:45	4.5	6.3	7.9	10.5	12.9	15.8	24.2
02-ene-18	00:00	4.3	5.9	7.4	9.9	12.2	14.8	22.8
02-ene-18	00:15	4.0	5.6	7.0	9.3	11.4	13.9	21.4
02-ene-18	00:30	3.8	5.2	6.6	8.7	10.7	13.1	20.1
02-ene-18	00:45	3.5	4.9	6.2	8.2	10.1	12.3	18.9
02-ene-18	01:00	3.3	4.6	5.8	7.7	9.5	11.5	17.7
02-ene-18	01:15	3.1	4.3	5.4	7.2	8.9	10.8	16.6
02-ene-18	01:30	2.9	4.1	5.1	6.8	8.3	10.1	15.6
02-ene-18	01:45	2.7	3.8	4.8	6.3	7.8	9.5	14.6
02-ene-18	02:00	2.6	3.6	4.5	5.9	7.3	8.9	13.7
02-ene-18	02:15	2.4	3.3	4.2	5.6	6.8	8.3	12.8
02-ene-18	02:30	2.3	3.1	3.9	5.2	6.4	7.8	12.0
02-ene-18	02:45	2.1	2.9	3.7	4.9	6.0	7.3	11.2
02-ene-18	03:00	2.0	2.7	3.4	4.6	5.6	6.8	10.5
02-ene-18	03:15	1.8	2.6	3.2	4.3	5.2	6.4	9.8
02-ene-18	03:30	1.7	2.4	3.0	4.0	4.9	6.0	9.1
02-ene-18	03:45	1.6	2.2	2.8	3.7	4.6	5.6	8.5
02-ene-18	04:00	1.5	2.1	2.6	3.5	4.3	5.2	8.0
02-ene-18	04:15	1.4	1.9	2.4	3.2	4.0	4.8	7.4
02-ene-18	04:30	1.3	1.8	2.3	3.0	3.7	4.5	6.9
02-ene-18	04:45	1.2	1.7	2.1	2.8	3.5	4.2	6.5
02-ene-18	05:00	1.1	1.6	2.0	2.6	3.2	3.9	6.0
02-ene-18	05:15	1.1	1.5	1.8	2.5	3.0	3.7	5.6
02-ene-18	05:30	1.0	1.4	1.7	2.3	2.8	3.4	5.2
02-ene-18	05:45	0.9	1.3	1.6	2.1	2.6	3.2	4.9
02-ene-18	06:00	0.9	1.2	1.5	2.0	2.4	3.0	4.5
02-ene-18	06:15	0.8	1.1	1.4	1.8	2.3	2.8	4.2
02-ene-18	06:30	0.7	1.0	1.3	1.7	2.1	2.6	3.9
02-ene-18	06:45	0.7	1.0	1.2	1.6	2.0	2.4	3.7
02-ene-18	07:00	0.6	0.9	1.1	1.5	1.8	2.2	3.4
02-ene-18	07:15	0.6	0.8	1.0	1.4	1.7	2.1	3.2
02-ene-18	07:30	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	3.0
02-ene-18	07:45	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.8	2.7
02-ene-18	08:00	0.5	0.7	0.8	1.1	1.4	1.7	2.6
02-ene-18	08:15	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	2.4
02-ene-18	08:30	0.4	0.6	0.7	1.0	1.2	1.4	2.2
02-ene-18	08:45	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	2.1
02-ene-18	09:00	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.9
02-ene-18	09:15	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.8
02-ene-18	09:30	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.6
02-ene-18	09:45	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.5
02-ene-18	10:00	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.4
02-ene-18	10:15	0.3	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1.3
02-ene-18	10:30	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.2

02-ene-18	10:45	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	1.1
02-ene-18	11:00	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6	0.7	1.1
02-ene-18	11:15	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	1.0
02-ene-18	11:30	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.9
02-ene-18	11:45	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.8
02-ene-18	12:00	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.8
02-ene-18	12:15	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7
02-ene-18	12:30	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.7
02-ene-18	12:45	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6
02-ene-18	13:00	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6
02-ene-18	13:15	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5
02-ene-18	13:30	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5
02-ene-18	13:45	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5
02-ene-18	14:00	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4
02-ene-18	14:15	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4
02-ene-18	14:30	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4
02-ene-18	14:45	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
02-ene-18	15:00	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
Caudales máximos m3/seg		13.0	18.4	23.5	31.9	39.8	49.0	76.9

Fuente: Elaboración propia

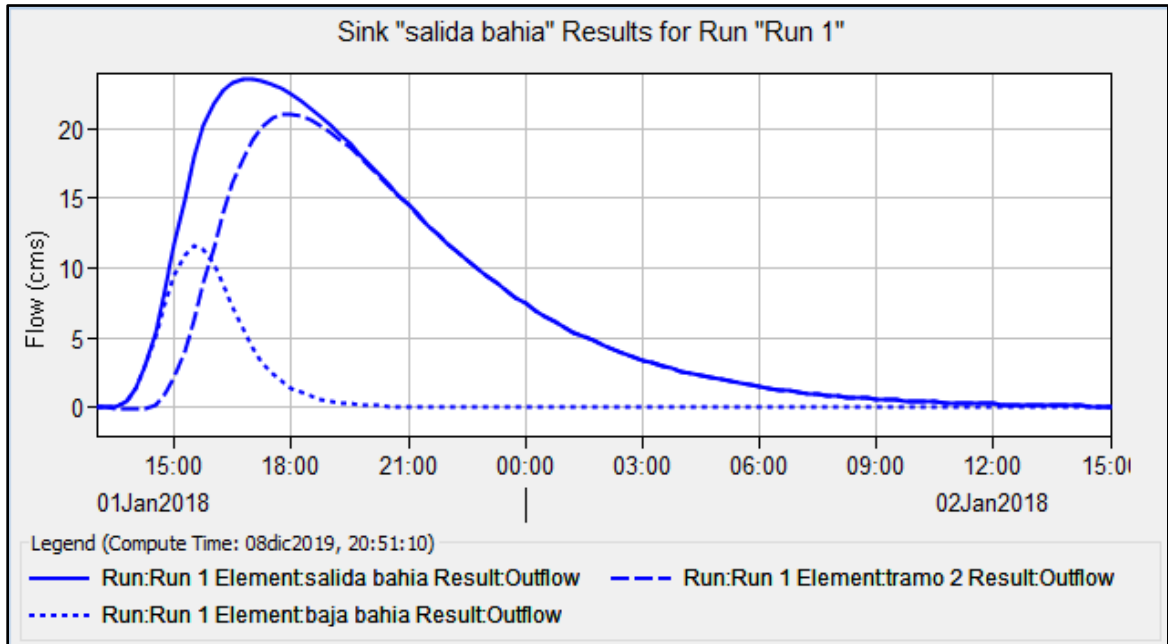
Tabla 4-27 Caudales máximo de diseño para distintos periodos de retorno

Periodo de retorno	Caudal m³/seg
2 Años	13.00
5 Años	18.40
10 Años	23.50
25 Años	31.9
50 Años	39.8
100 Años	49
500 Años	76

Fuente: Elaboración propia

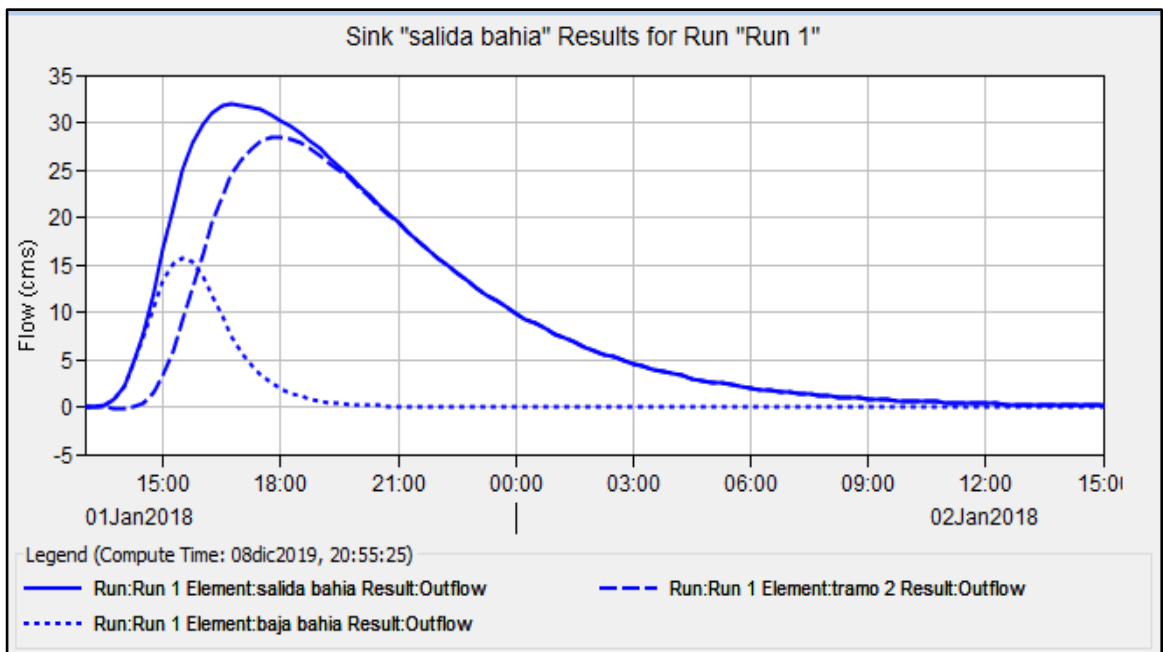
Tales como se muestran en la figura 4-10, 4-11, 4-12, 4-13 y 4-14 que muestran los Hidrogramas de diseños obtenidos con su respectivo caudal máximo en la salida de la cuenca Bahía-Pichigo.

Figura 4-10 Hidrograma De Caudal para $Tr = 10$ Años



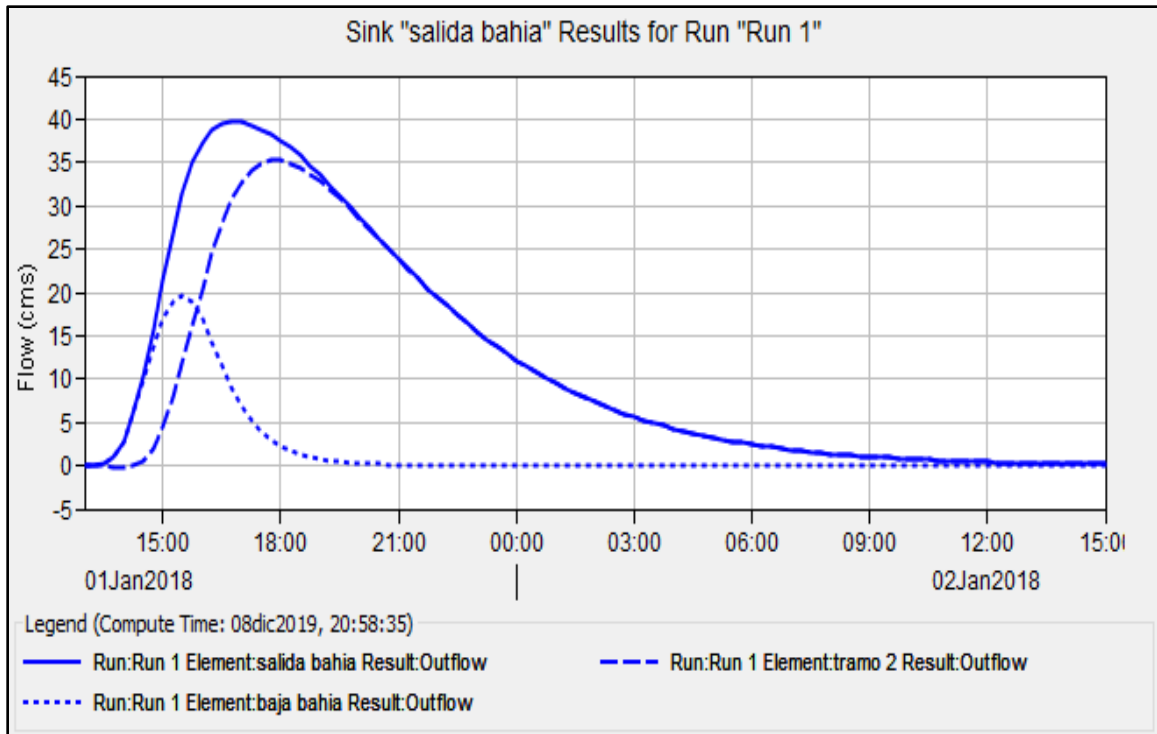
Fuente: Elaboración propia Hec-Hms.

Figura 4-11 Hidrograma De Caudal para $Tr = 25$ Años



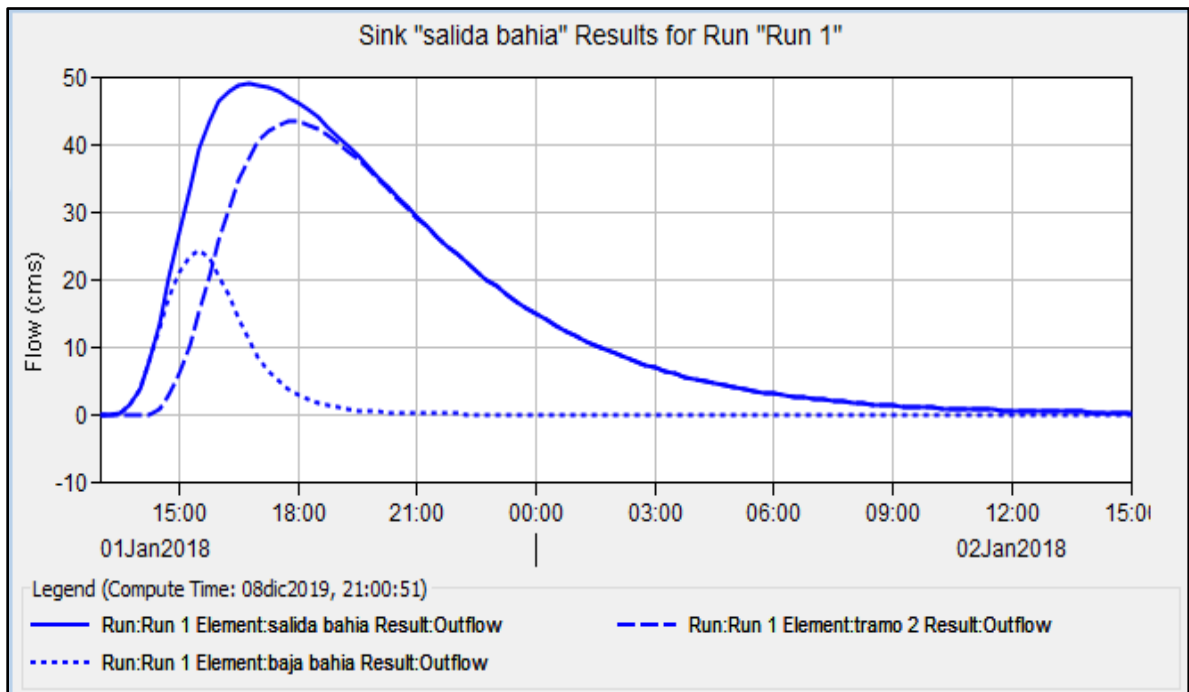
Fuente: Elaboración propia Hec-Hms.

Figura 4-12 Hidrograma De Caudal para $Tr = 50$ Años



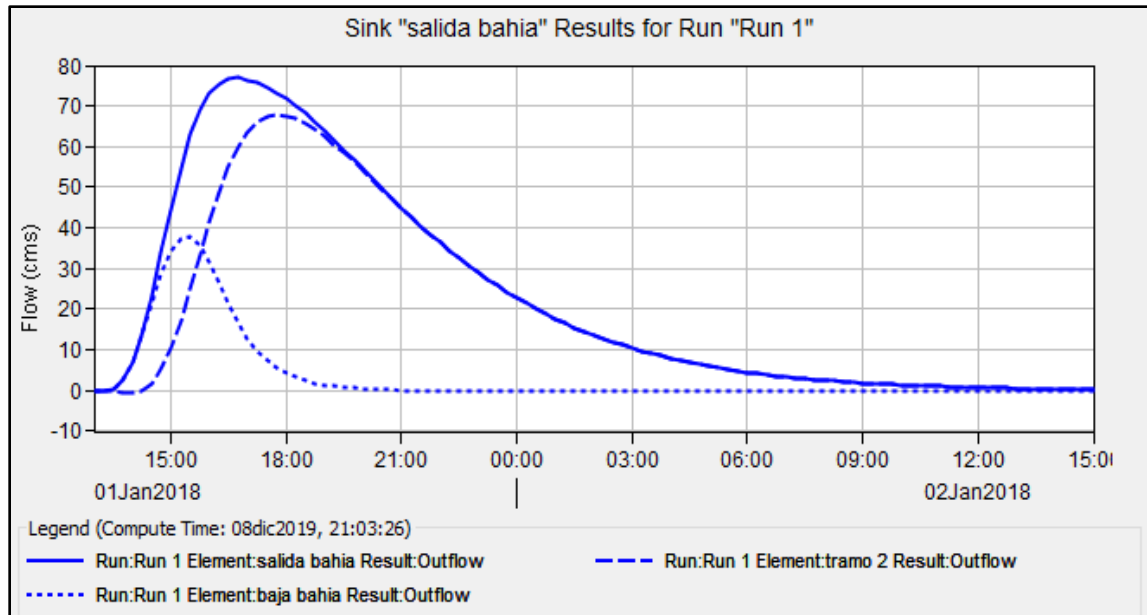
Fuente: Elaboración propia Hec-Hms.

Figura 4-13 Hidrograma De Caudal para $Tr = 100$ Años



Fuente: Elaboración propia Hec-Hms.

Figura 4-14 Hidrograma De Caudal para $Tr = 500$ Años



Fuente: Elaboración propia Hec-Hms.

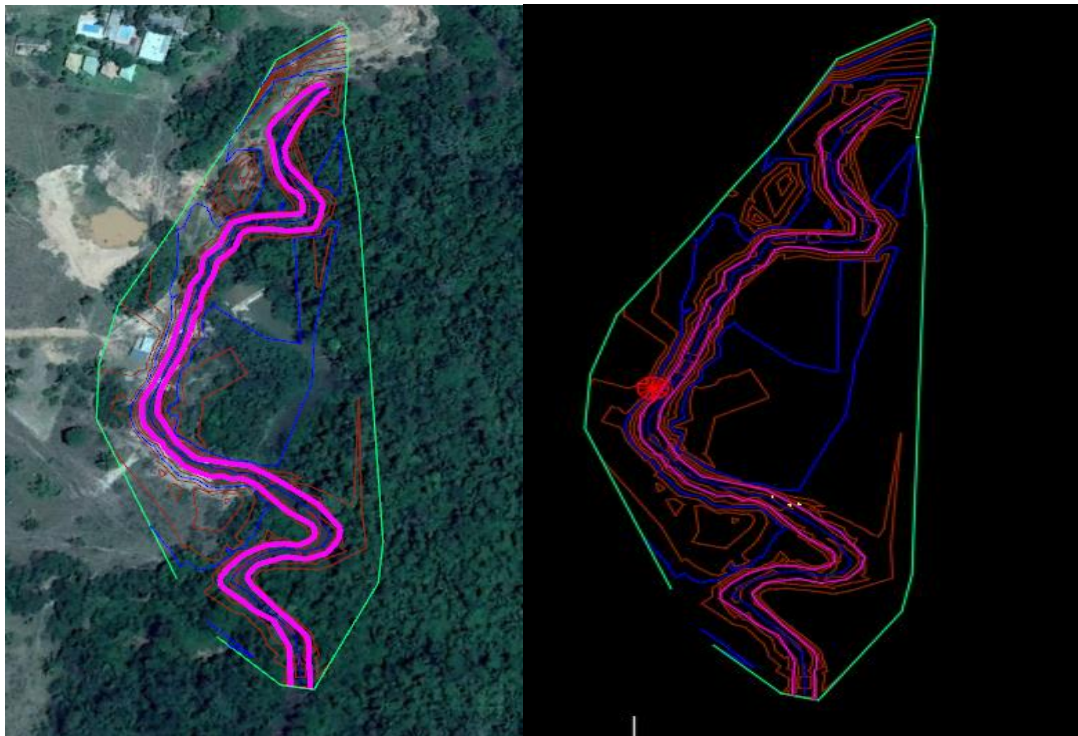
4.2 Modelamiento Hidráulico

4.2.1 Topografía

El levantamiento topográfico es de suma importancia para un modelo hidráulico en el arroyo Bahía aguas arriba 260.14 metros y aguas abajo 200 metros, una longitud lineal de 460.14 metros, ubicado en el club matadero Pichigo atreves del software Civil 3D 2018 se pudo genero las curvas de nivel con la nube de puntos de la zona de estudio eje del rio, pie del rio, bordes del arroyo y terreno que se puede apreciar en la figura 4-13.

Para luego poder ser exportado al Hec-Ras 5.0.4 para lograr el modelamiento del canal natural.

Figura 4-12 Curvas de nivel en la zona de estudio del arroyo Bahía



Fuente: elaboración propia. Civil 3d 2018 y google earth pro.

4.2.2 Generar las secciones transversales

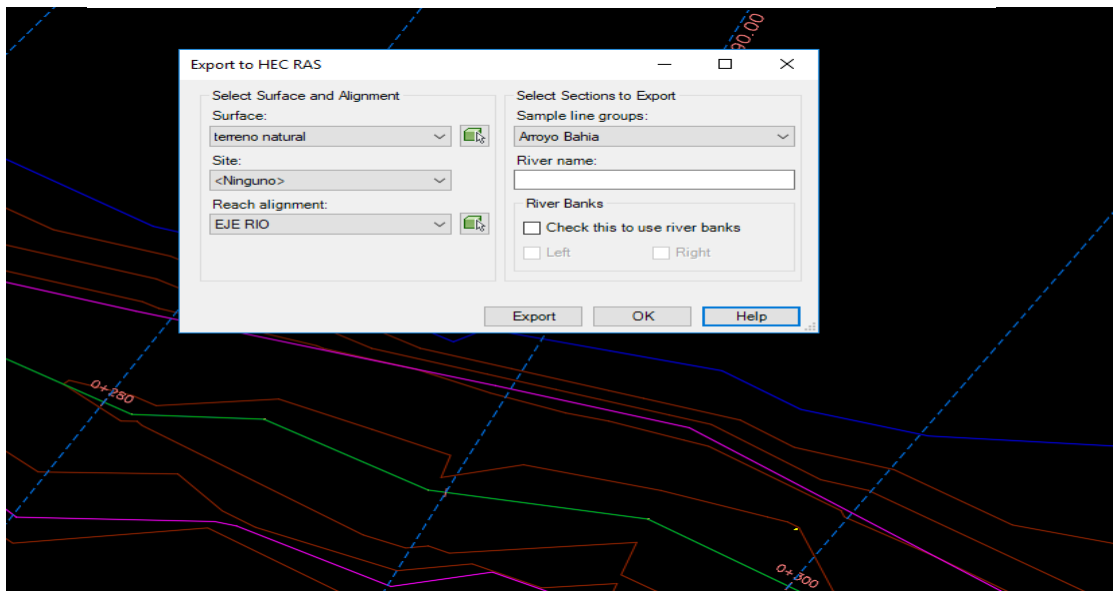
Con las curvas de nivel procesadas pasaremos a generar el alineamiento del eje del río para obtener las secciones transversales cada 10 metros aguas arriba y aguas abajo, y generar las polilíneas, de los bordes del río derecho, izquierdo y el eje del arroyo.

Para exportar al Hec-Ras versión 5.0.4 se tiene que crear el alineamiento contra flujo del cauce real eso nos pide el software antes de la exportación, Banks o bordes derecha e izquierda en dirección del alineamiento creado luego de completar todo eso, en la ventana que dice salida y buscar exportar al Hec-Ras y lo exportas con nombre de geometría del cauce.

Figura 4-16 Sección transversal del Arroyo Bahía cada 10 metros aguas arriba y aguas abajo



Figura 4-17 Exportación al Hec-Ras versión 5.0.4



Fuente: elaboración propia en Civil 3d 2018.

4.2.3 Uso del modelo Hec-Ras versión 5.0.4

Para la modelación del arroyo Bahía, se importó la geometría creada del civil 3D 2018 y se realizaron las verificaciones, configuraciones y modificaciones de la geometría del terreno. Para el coeficiente de rugosidad de Manning, el software Hec-Ras por defecto considera tres sectores bien definidos en cada sección transversal canal principal, planicie derecha y la planicie izquierda o Banks estando bien definida.

Para los valores de coeficiente de rugosidad se usa la tabla 2-6 pág. 46 y a través de ello se procedió a caracterizar el cauce del arroyo. En la planicie o borde derecha e izquierda se optó por el mismo coeficiente ya que se observó que no presenta ningún cambio en la característica del cauce, se observó presencia de pasto alto áreas sin cultivos, pequeños matorrales y árboles, en verano e invierno. El coeficiente para la derecha e izquierda es de **n#1 = 0.040, n#3 = 0.040**

El valor del coeficiente de rugosidad en el canal natural se observó presencia de material considerado tierra, grado de irregularidad menor variaciones de la sección transversal del canal, efecto relativo de obstrucciones, vegetación, cantidad de meandros.

Tabla 4-28 Rugosidad del canal natural arroyo Bahía

Consideraciones del canal		Valores	
Material considerado	Tierra	n0	0.020
Grado de irregularidad	Menor	n1	0.005
Variaciones de la sección transversal del canal	Gradual	n2	0.000
Efecto relativo de obstrucciones	Despreciable	n3	0.000
Vegetación	Media	n4	0.018
Cantidad de meandros	Menor	m5	1.000
Coefficiente de rugosidad	$n=(n0+n1+n2+n3+n4)*m5$	n#2 =	0.043

Fuente: elaboración propia.

Figura 4-18 Geometría del Arroyo Bahía 460.14 metros

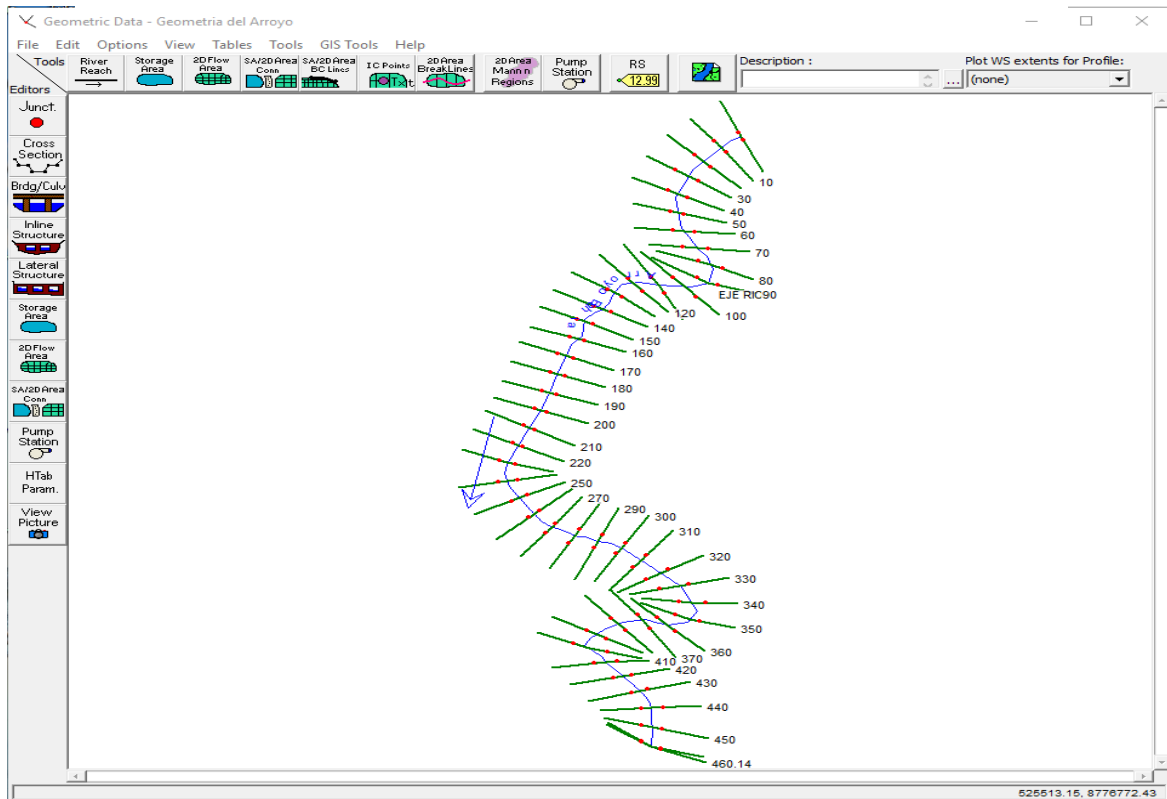


Figura 4-19 Rugosidad para cada sección transversal y para el eje del canal natural

Edit Manning's n or k Values

River: Arroyo Bahia Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: EJE RIO All Regions

Selected Area Edit Options:

River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1 460.14	n	0.04	0.043	0.04
2 460	n	0.04	0.043	0.04
3 450	n	0.04	0.043	0.04
4 440	n	0.04	0.043	0.04
5 430	n	0.04	0.043	0.04
6 420	n	0.04	0.043	0.04
7 410	n	0.04	0.043	0.04
8 400	n	0.04	0.043	0.04
9 390	n	0.04	0.043	0.04
10 380	n	0.04	0.043	0.04
11 370	n	0.04	0.043	0.04
12 360	n	0.04	0.043	0.04
13 350	n	0.04	0.043	0.04
14 340	n	0.04	0.043	0.04
15 330	n	0.04	0.043	0.04
16 320	n	0.04	0.043	0.04
17 310	n	0.04	0.043	0.04
18 300	n	0.04	0.043	0.04
19 290	n	0.04	0.043	0.04
...

Fuente: Elaboración propia en Hec-Ras:

4.2.4 Caudales máximos para distintos periodos de retornos.

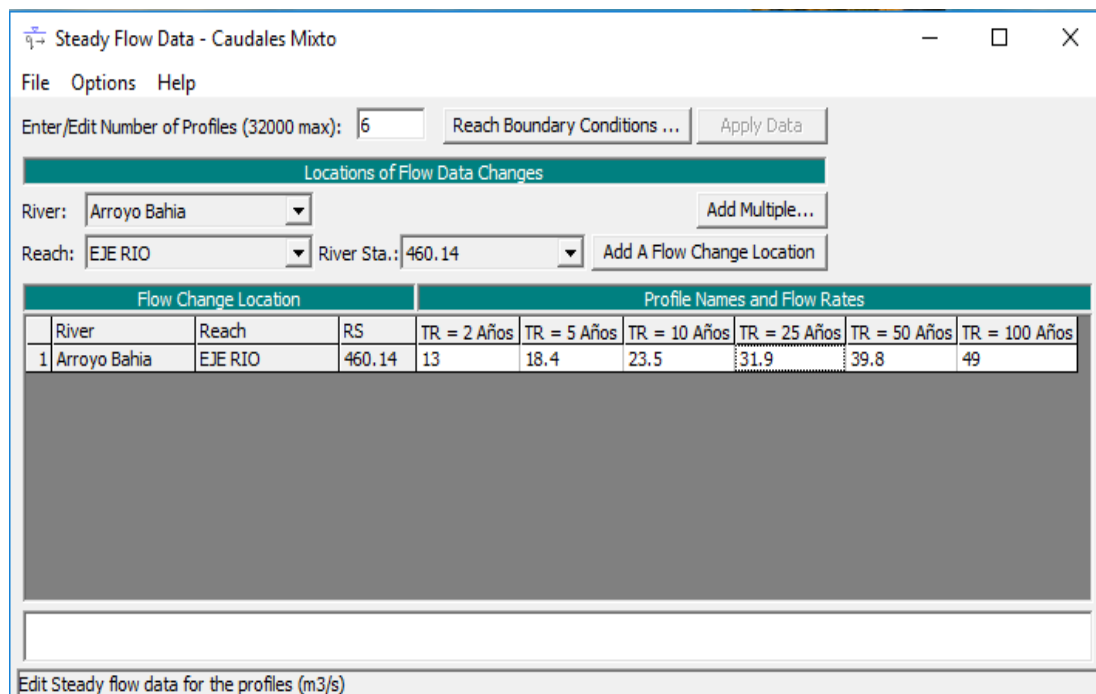
Los caudales que se utilizó para la simulación, son los caudales máximos para distintos periodos de retorno del modelo matemático Hec-Hms. Ver tabla 4-26 pag.125

Tabla 4-29 Caudales del modelo matemático Hec-Hms

TR = 2 (AÑOS)	TR = 5 (AÑOS)	TR = 10 (AÑOS)	TR = 25 (AÑOS)	TR = 50 (AÑOS)	TR = 100 (AÑOS)
13.00 mm	18.4 mm	23.5 mm	31.90 mm	39.80 mm	49.00 mm

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-13 Caudales para distintos periodos de retornó en Hec-Ras

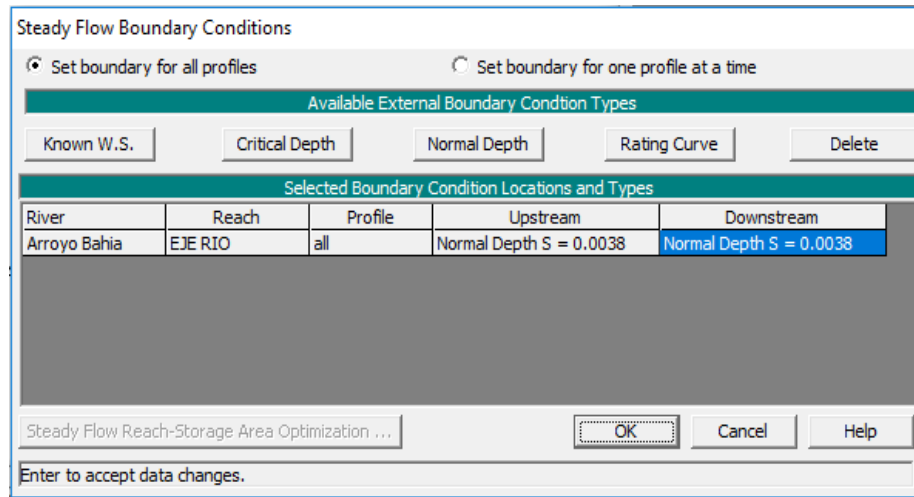


Fuente: Elaboración propia Hec-Ras

4.2.5 Pendiente del rio

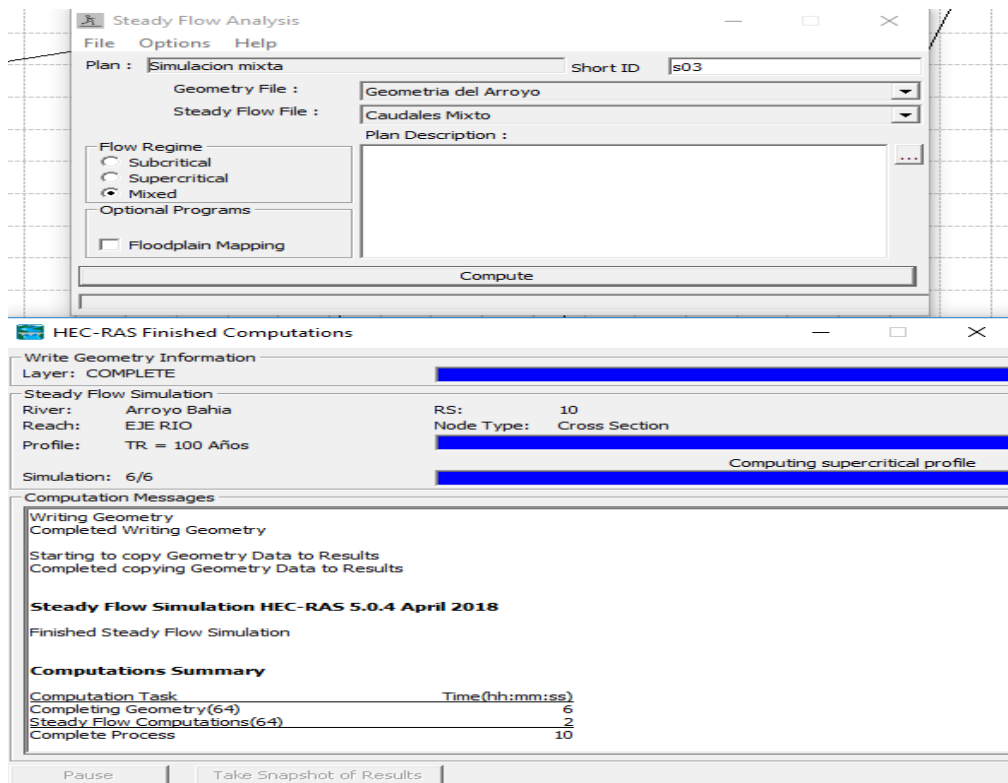
Del levantamiento topográfico procesado las curvas de nivel en civil 3D tenemos una pendiente de 0.0038 m/m del arroyo bahía las colocamos en Hec-RAS aguas abajo y aguas arriba

Figura 4-14 Las pendientes en la sección del arroyo Bahía



Fuente: Elaboración propia Hec-Ras 5.0.4

4.2.6 Ejecución del plan para el respectivo cálculo de la simulación



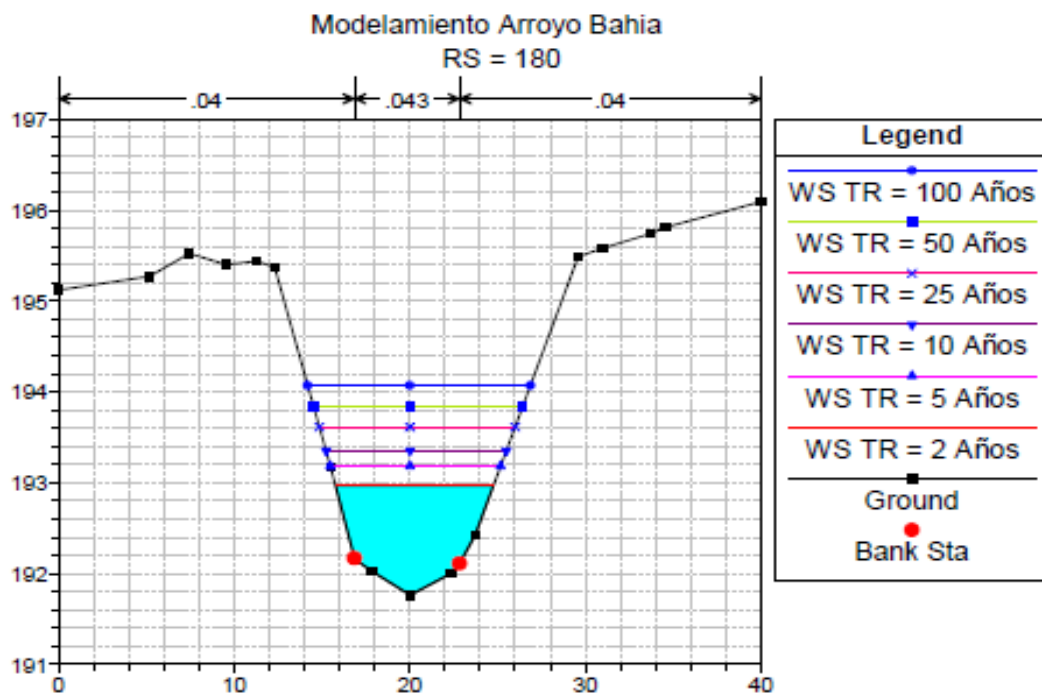
Fuente: Elaboración propia Hec-Ras

4.2.7 Secciones transversales del arroyo Bahía en Hec-Ras 5.0.4

Tendremos las secciones transversales de cada tramo, cada 10 metros aguas arriba y aguas abajo formando un total de 460.14 metros de longitud longitudinal.

Y veremos los tirantes para cada periodo de retorno como se comportara a futuras con una probabilidad aceptable y calibrada con los respectivos coeficientes de Manning y con los caudales de los respectivos periodos de retornos hechos con el modelo matemático Hec-Hms que más se aproximan a la realidad que presenta el cauce. Ver figurara 4-26

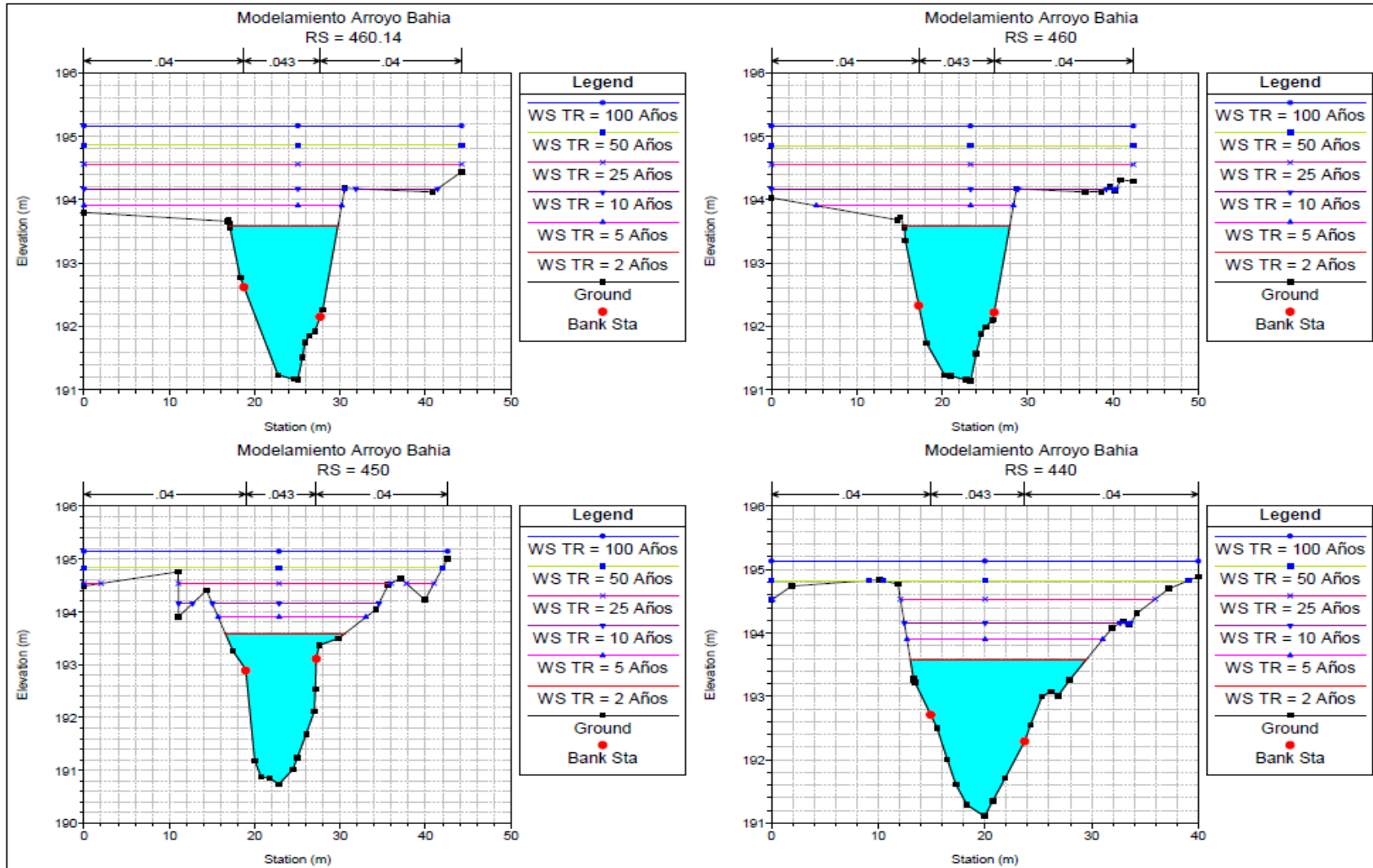
Figura 4-16 Profundidades para cada periodo de retorno

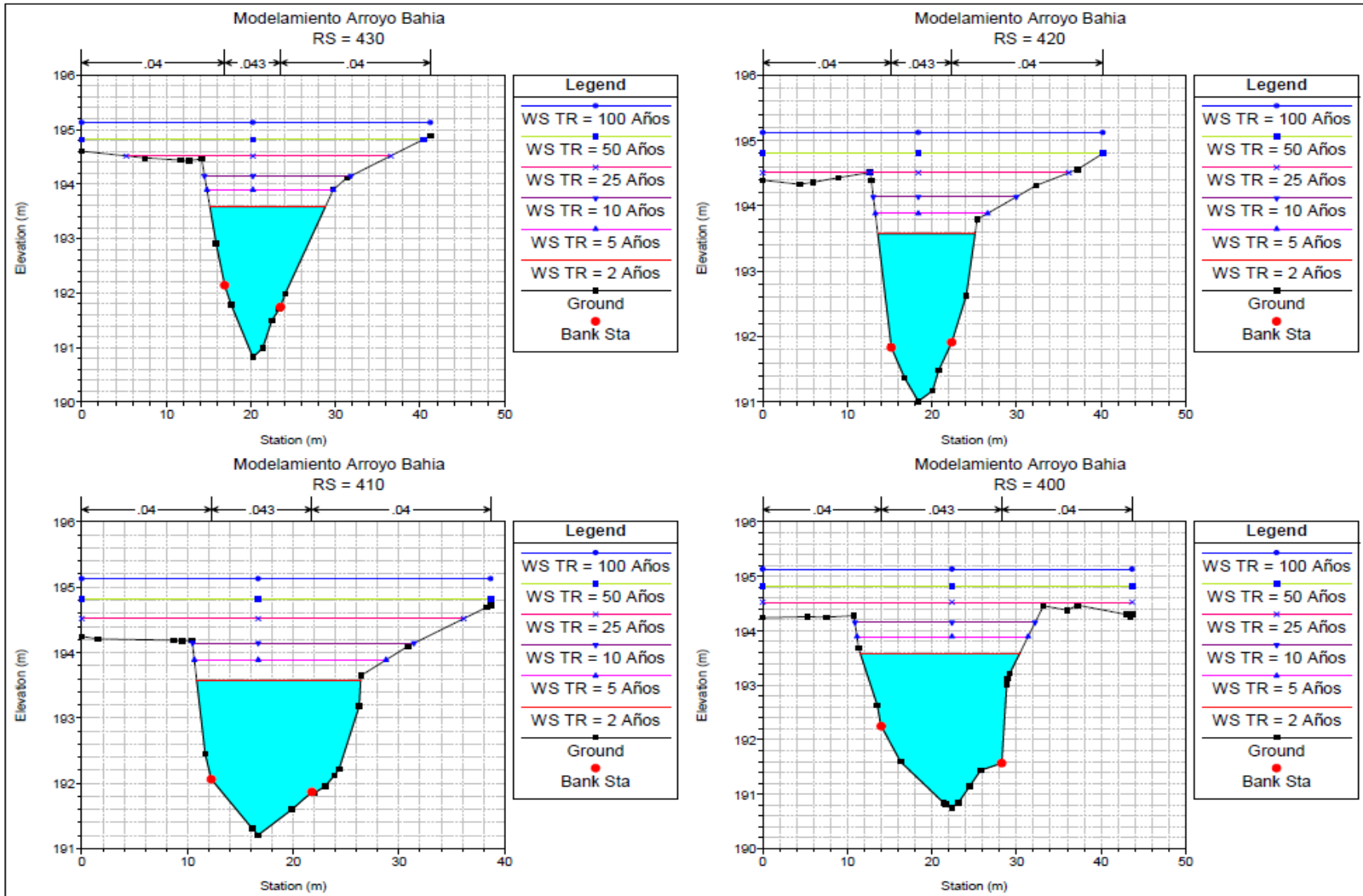


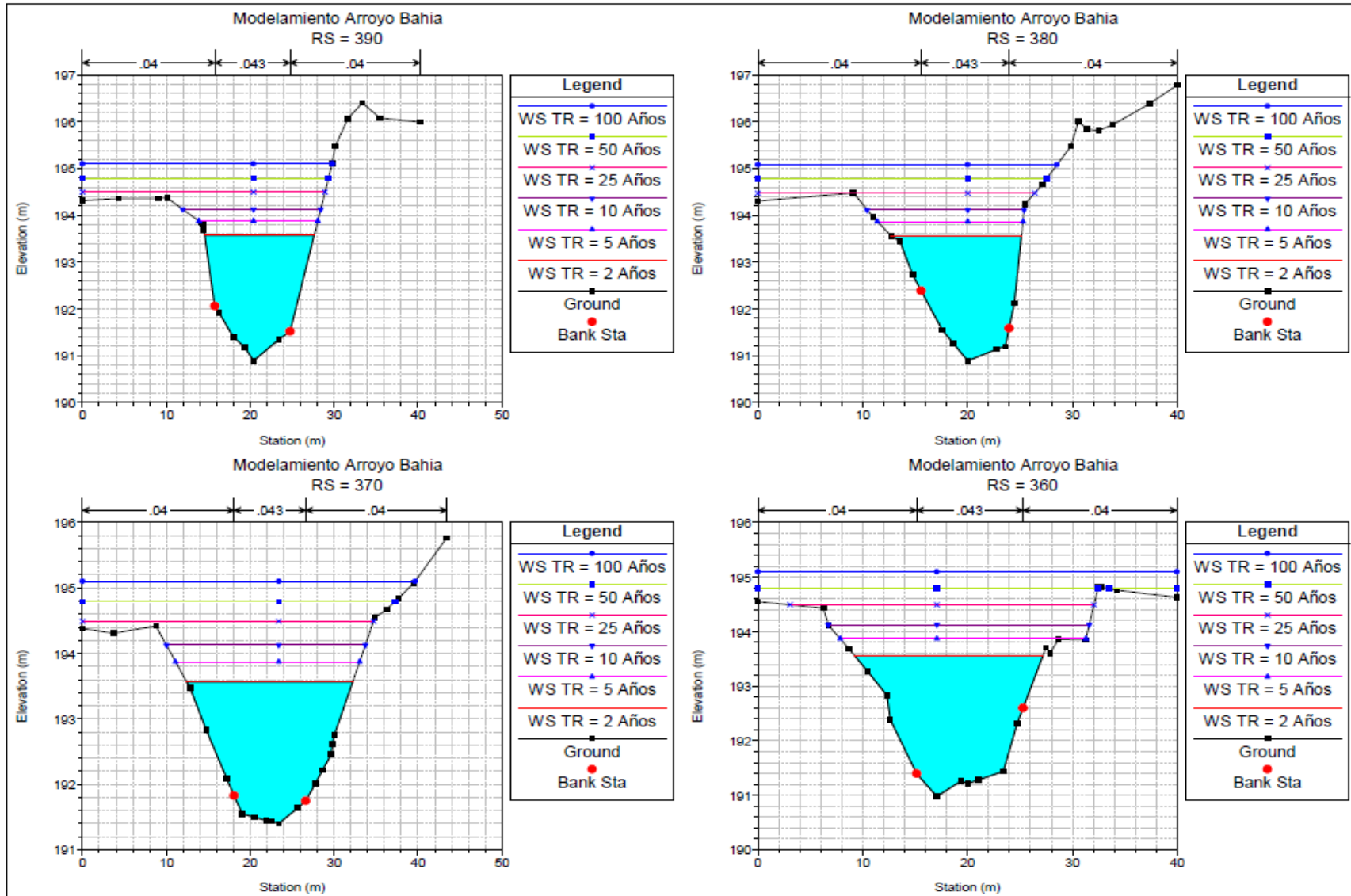
Fuente: elaboración propia en Hec-Ras 5.0.4

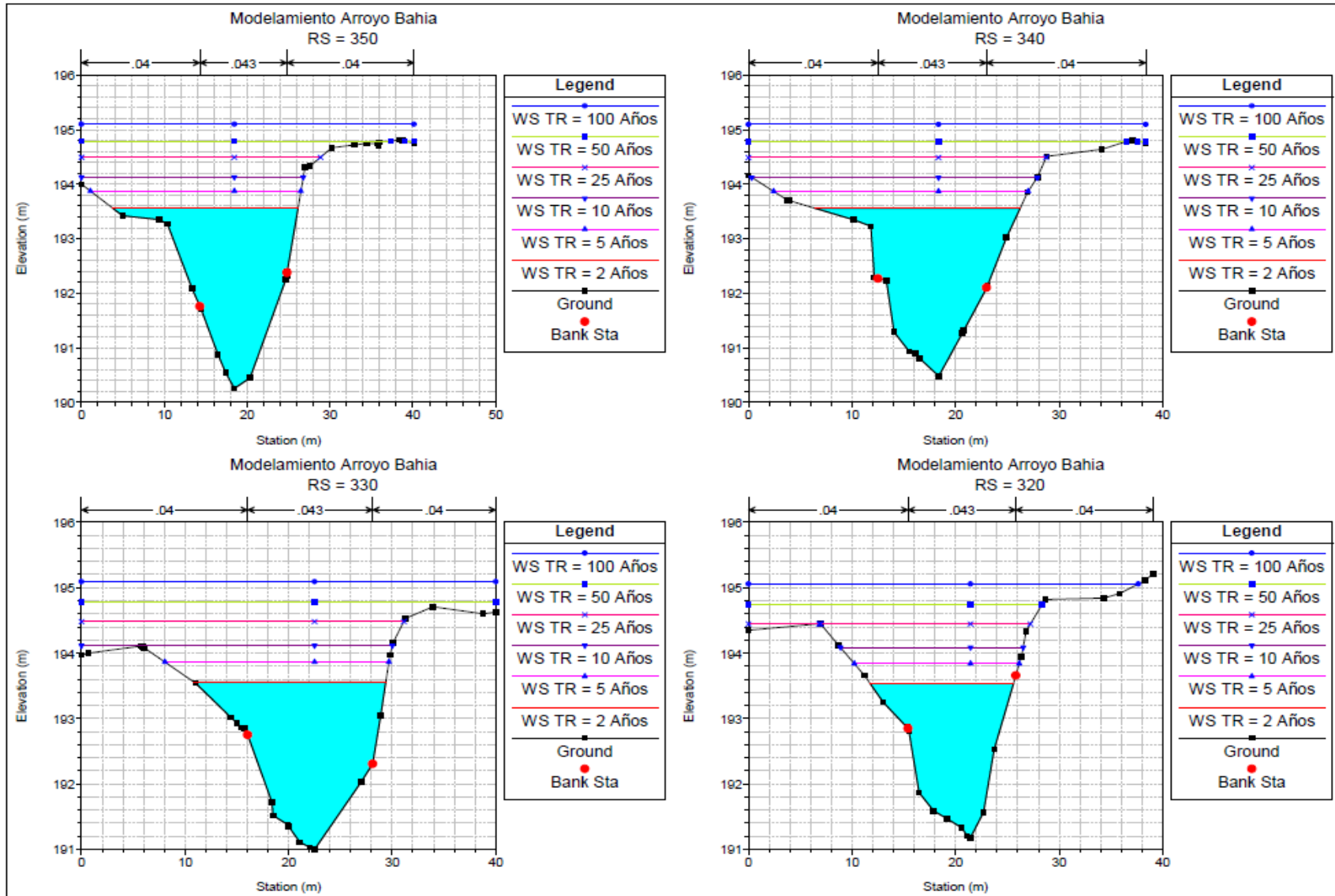
La profundidad actual de la sección 180 que se puede ver en la figura 4-16 es de 0.48 cm. Para un periodo de 2 años la profundidad es de 1.21 m, para 5 años es de 1.42 m, 10 años es de 1.59 m, 25 años es de 1.85 m, 50 años es de 2.08 m. y para 100 años es de 2.31 m. De igual manera el modelo cálculo para las otras secciones. Este es un ejemplo para mayor claridad

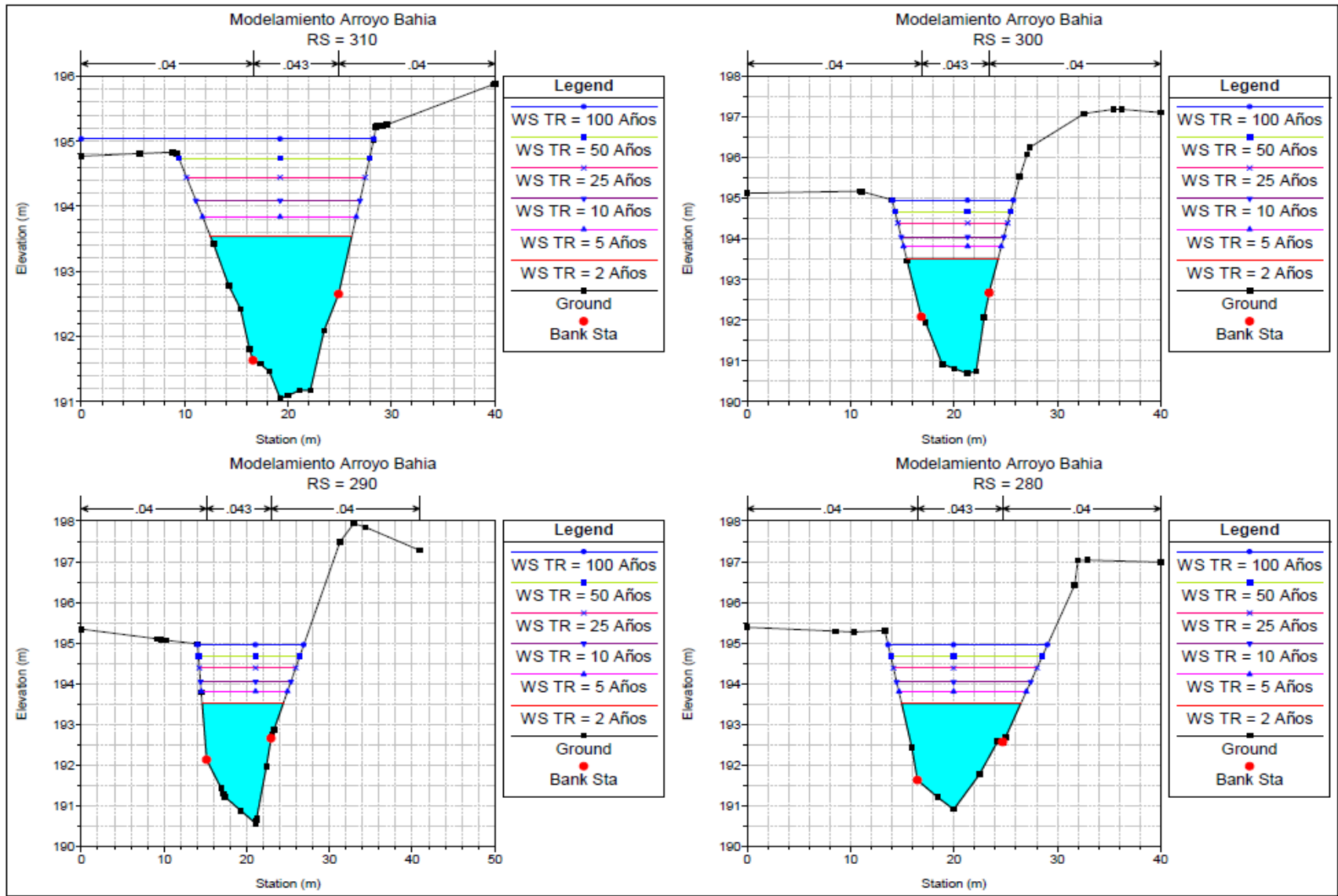
Figura 4-17 Secciones del arroyo Bahía para diferentes periodos de retorno

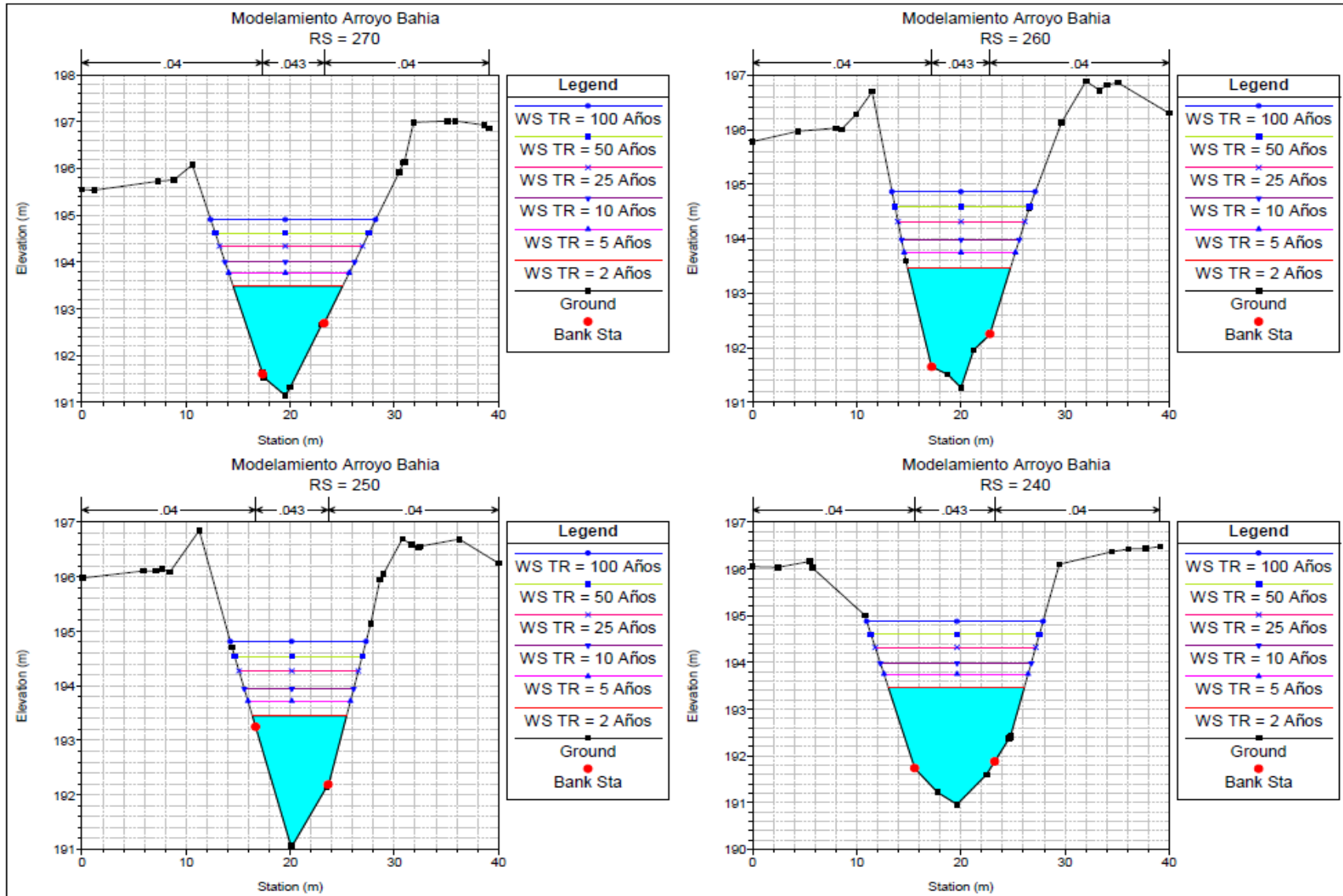


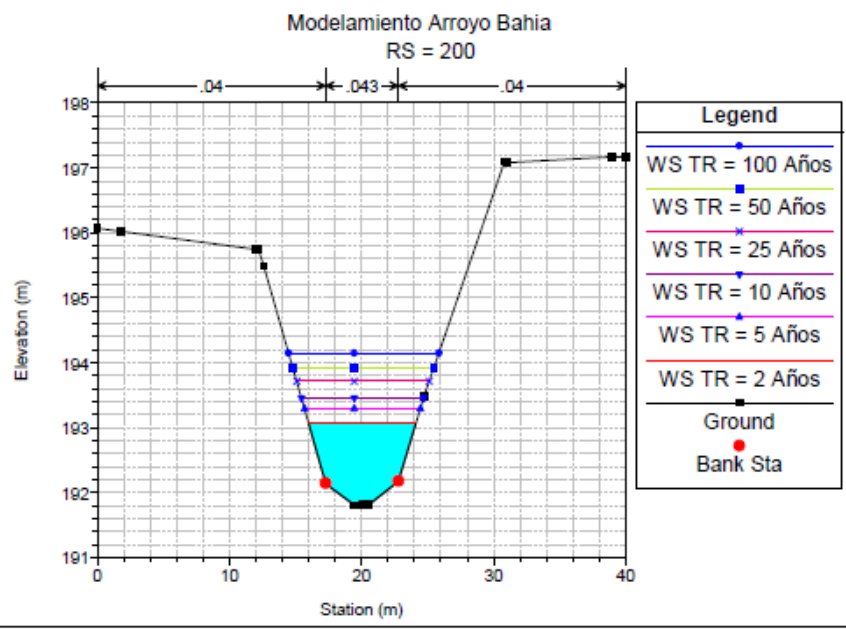
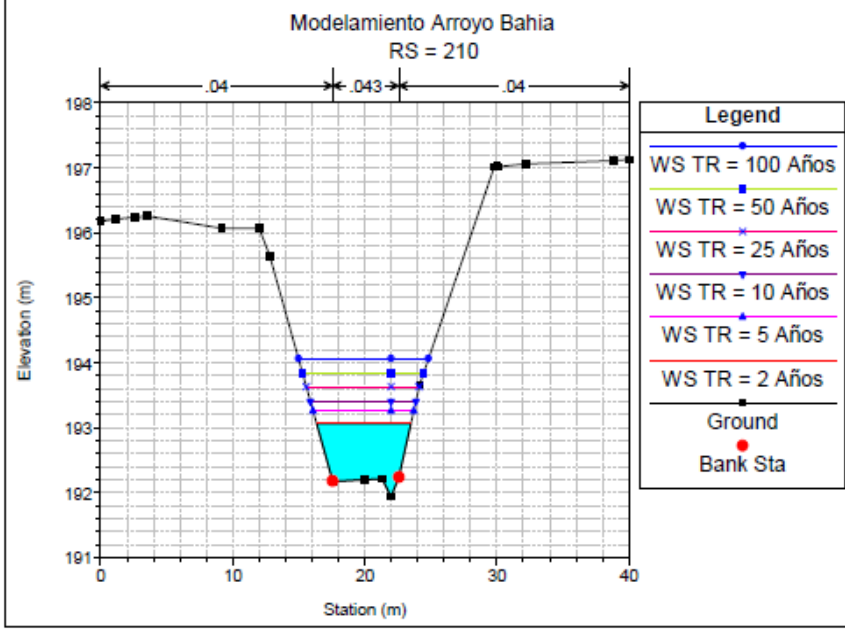
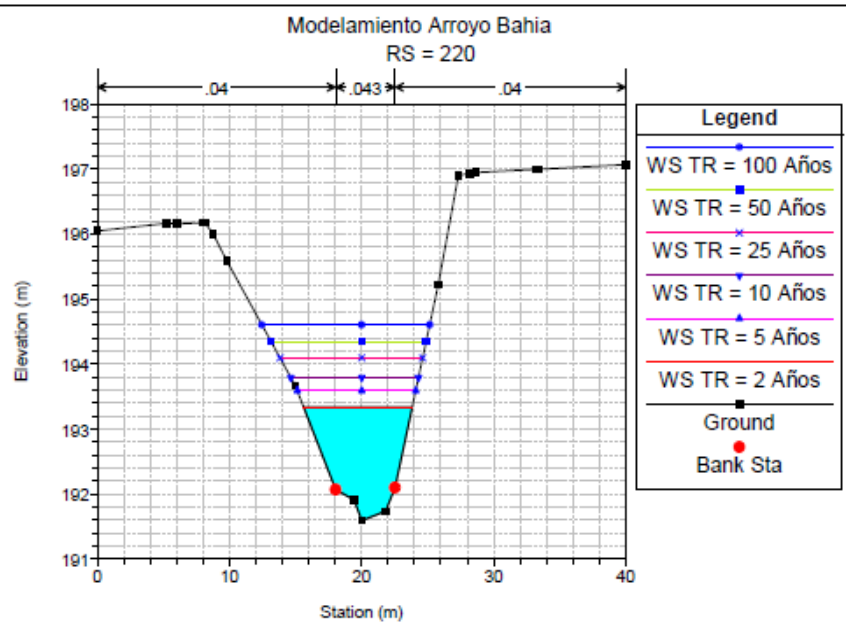
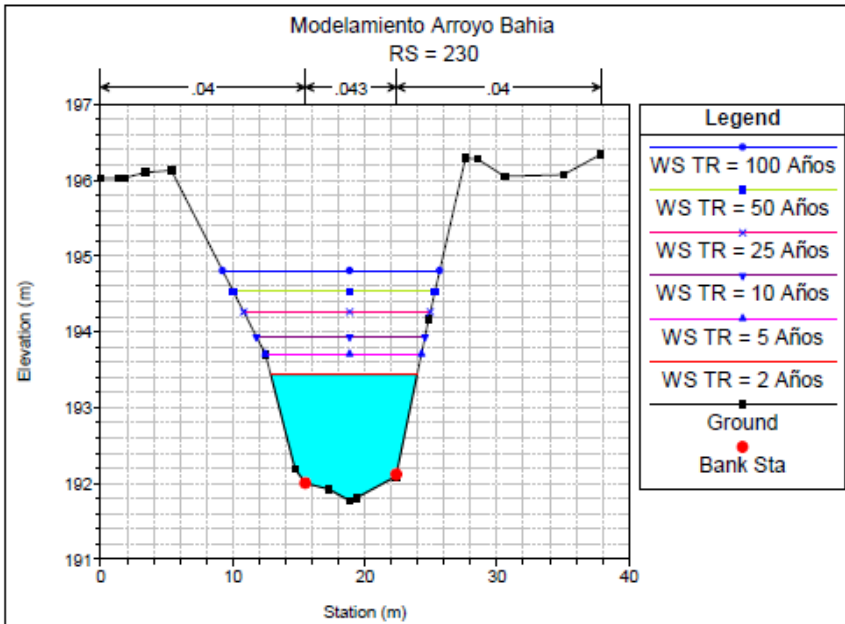


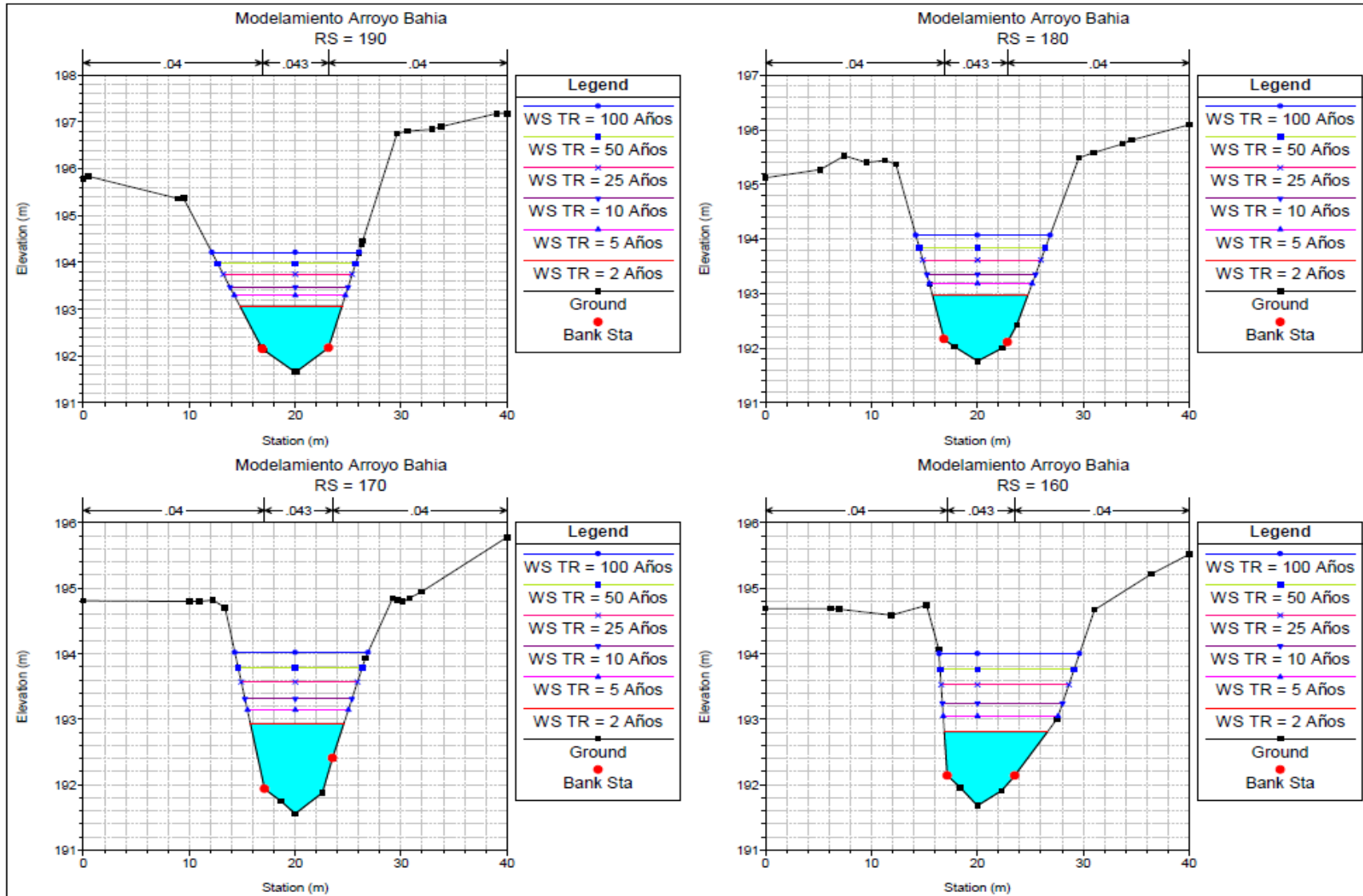


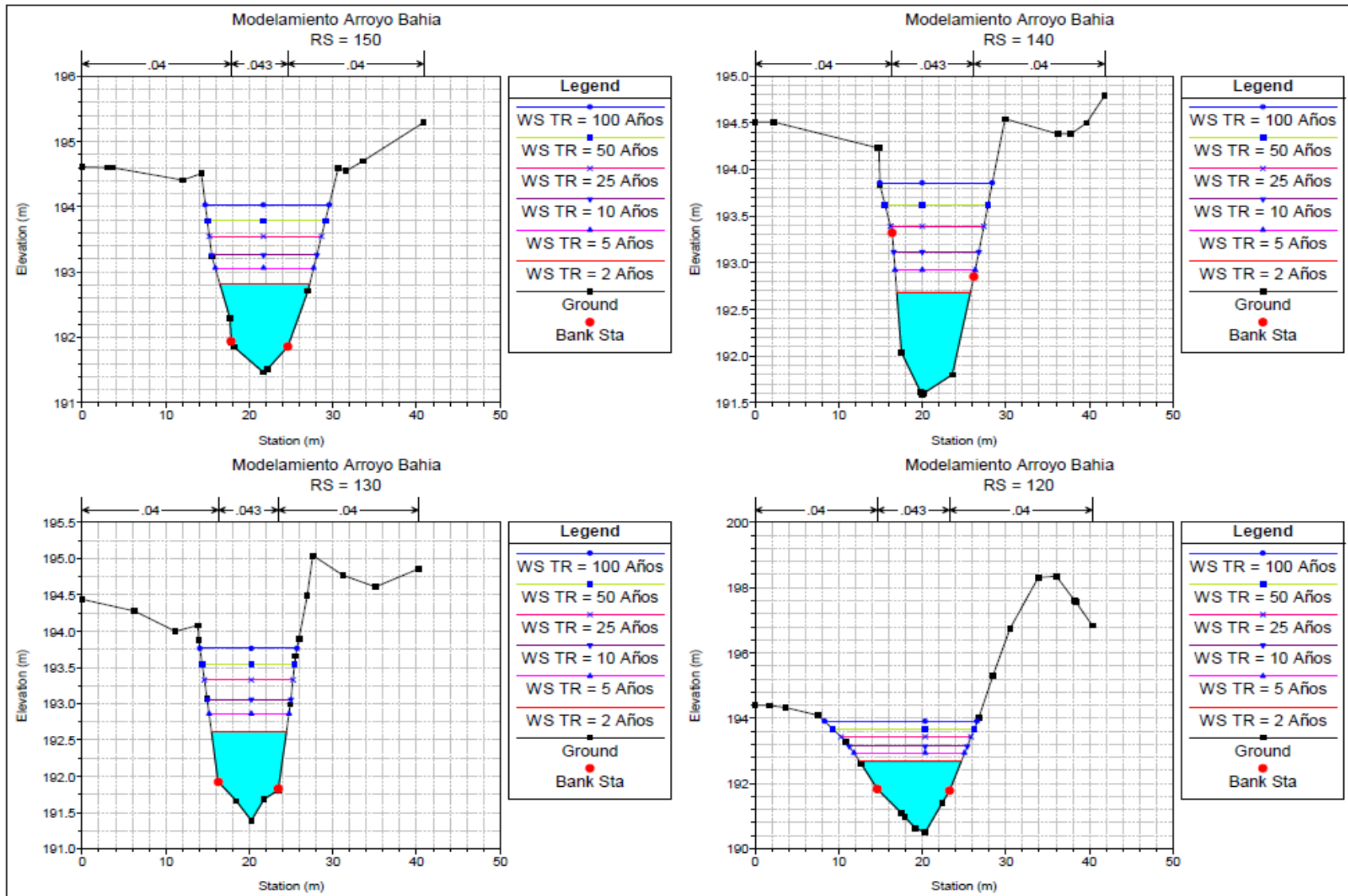


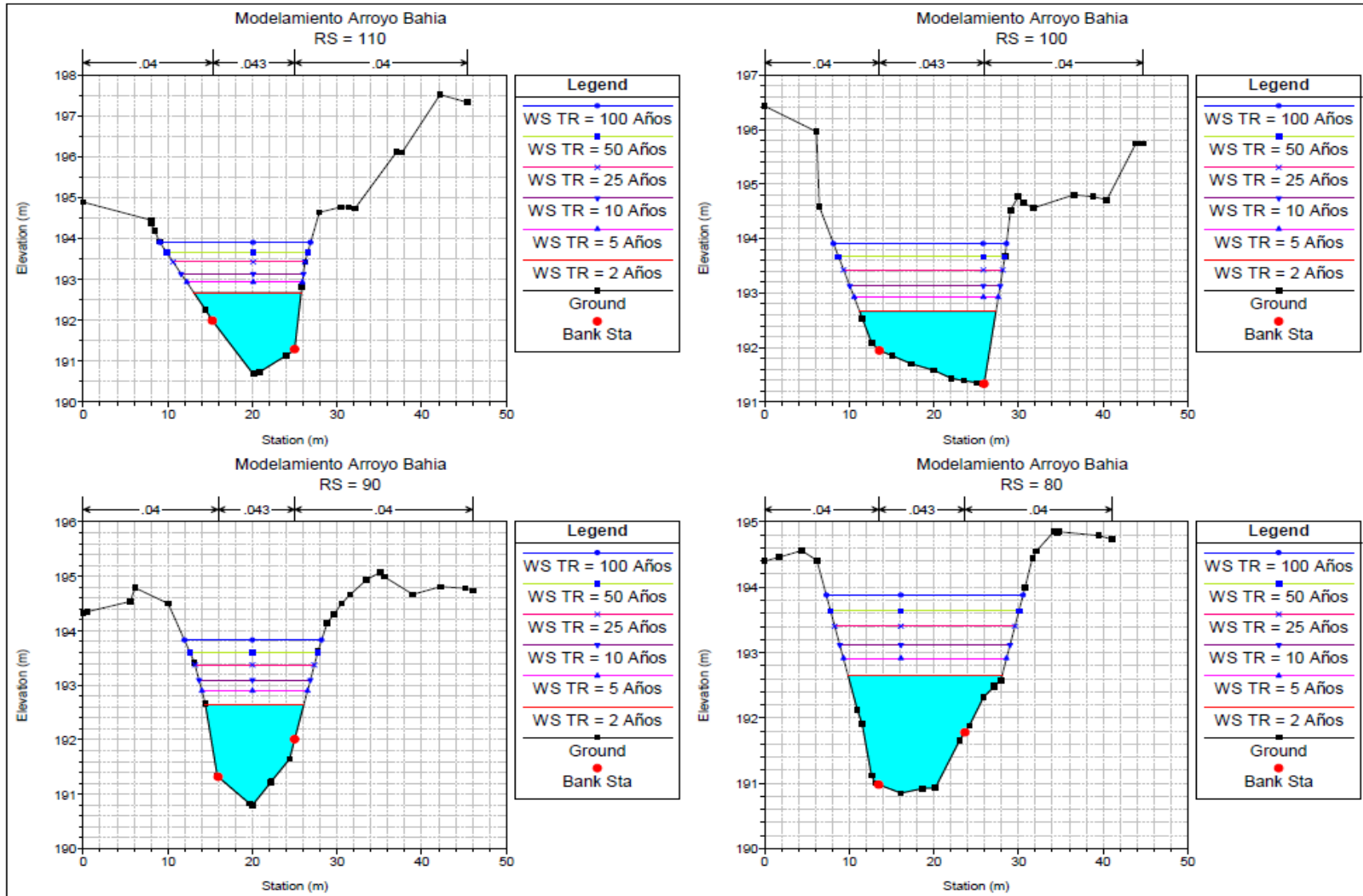


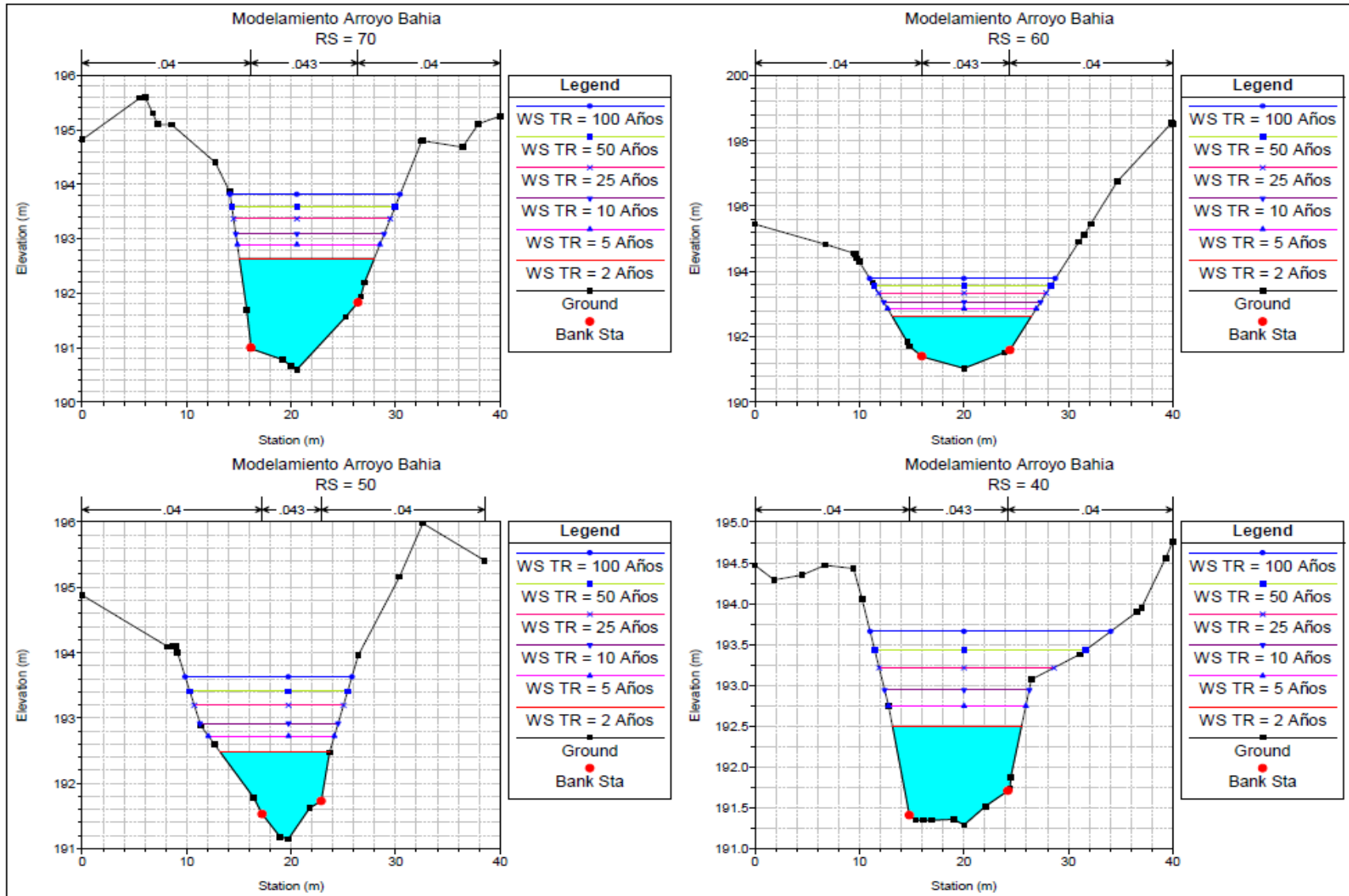


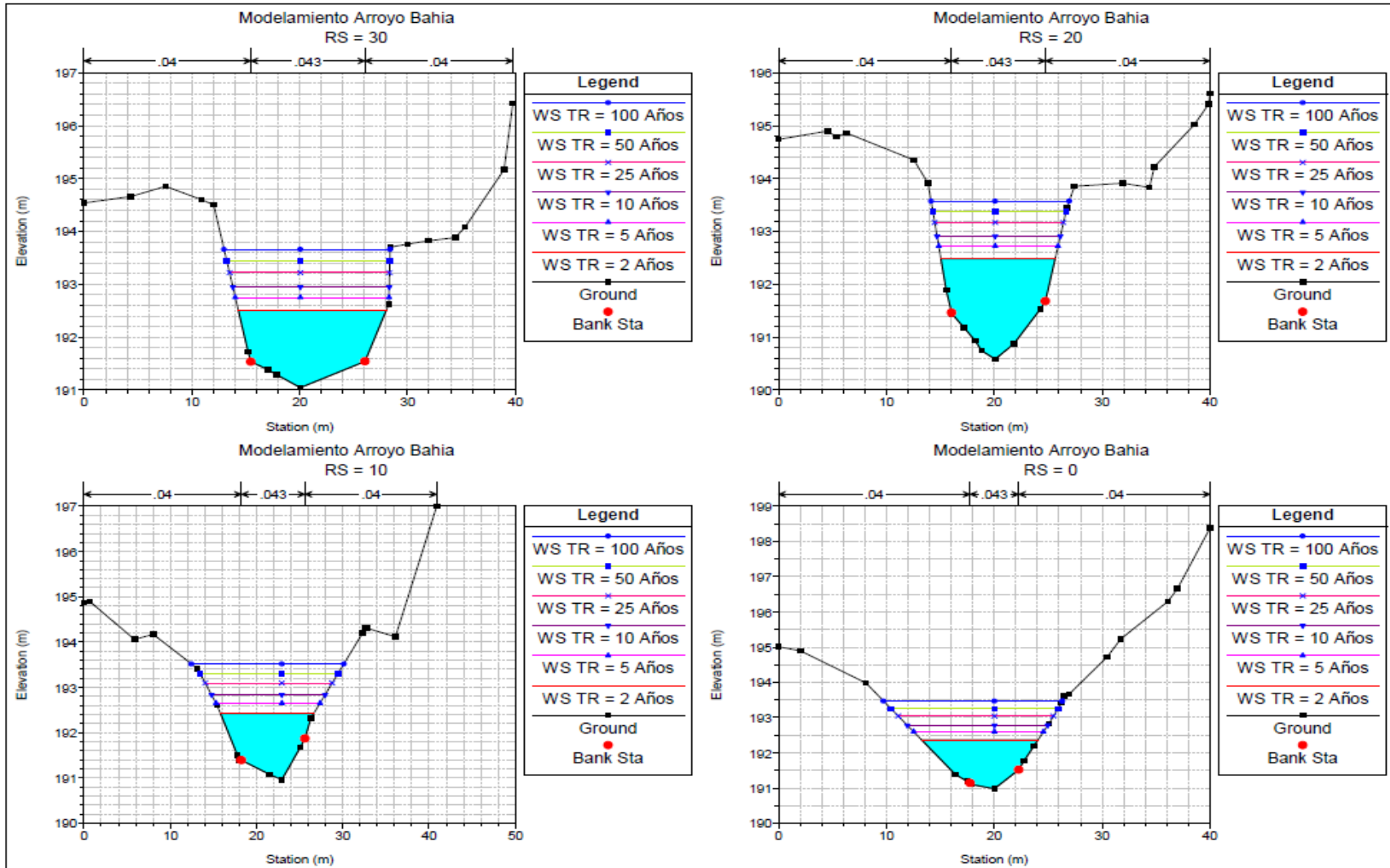






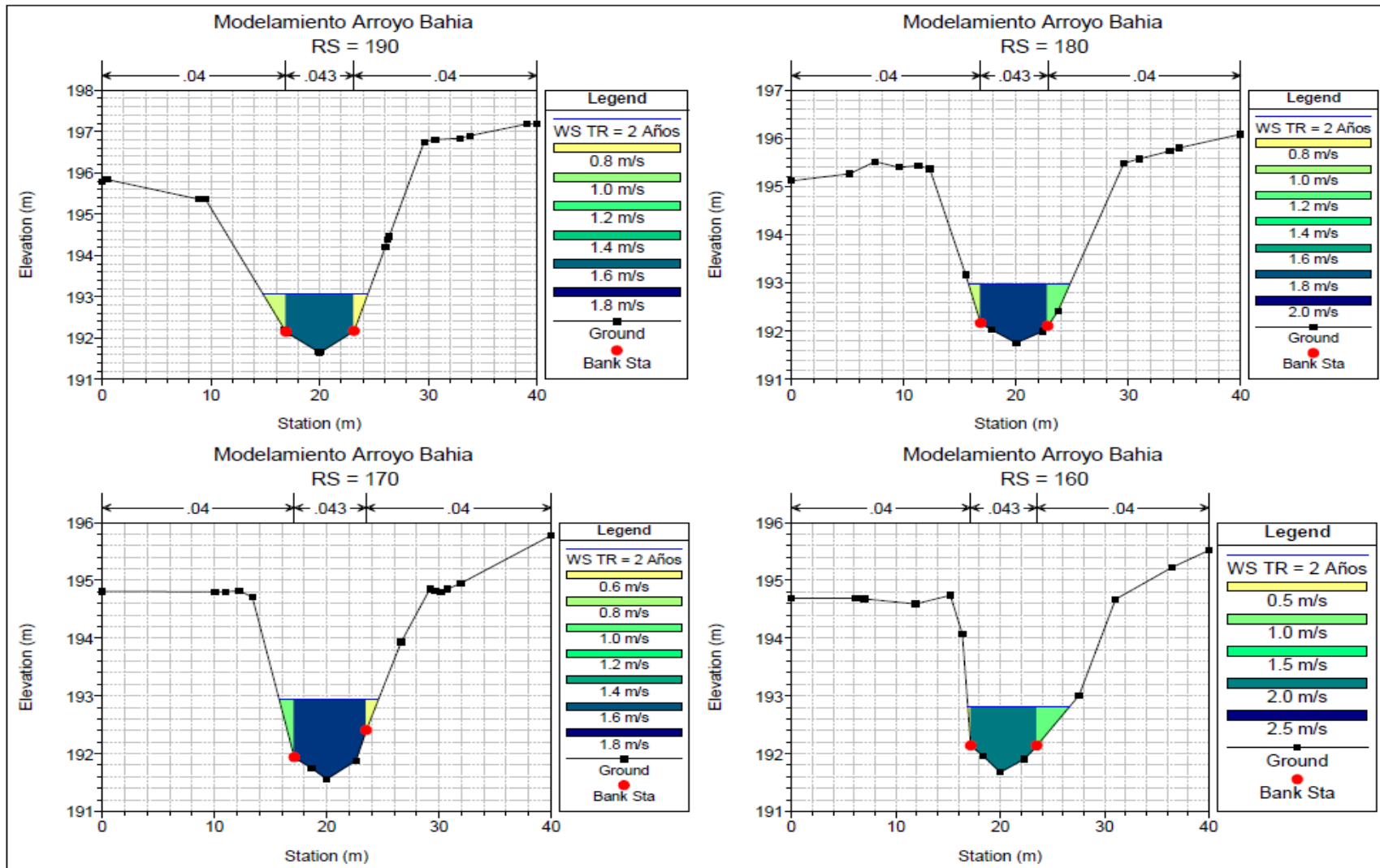




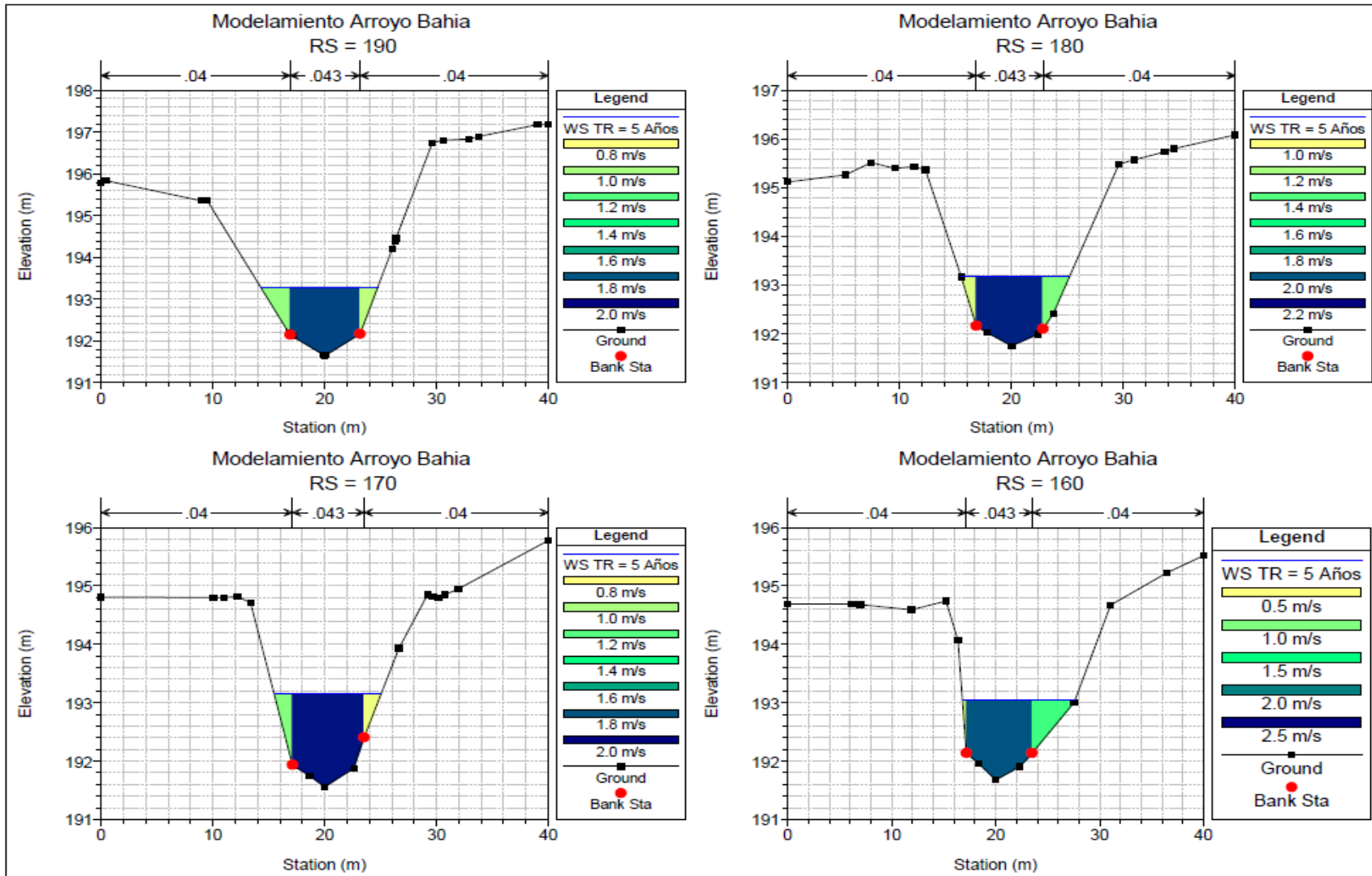


Fuente: Elaboración propia Hec-Ras 5.0.4

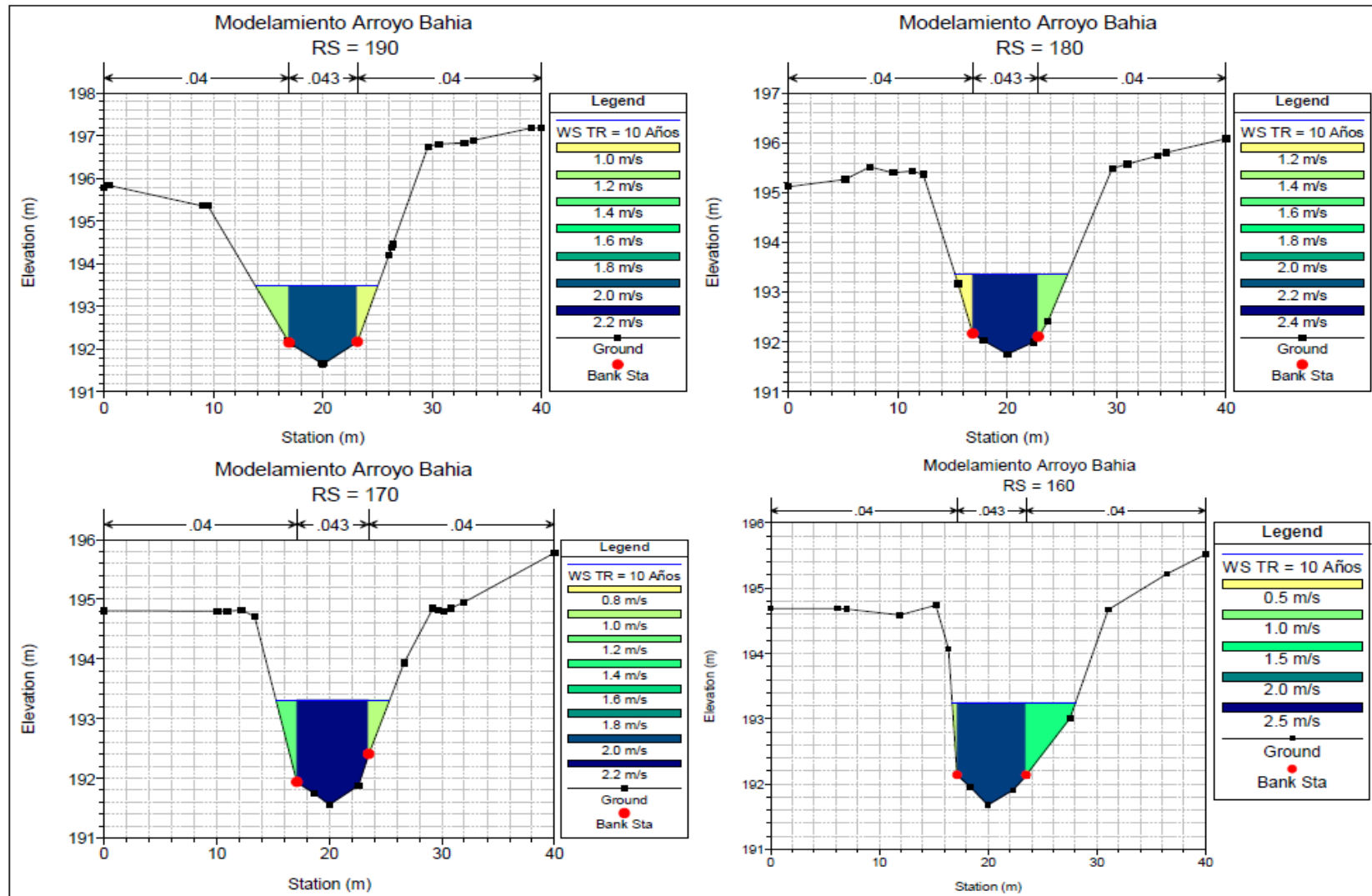
4.2.8 Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 2 años.



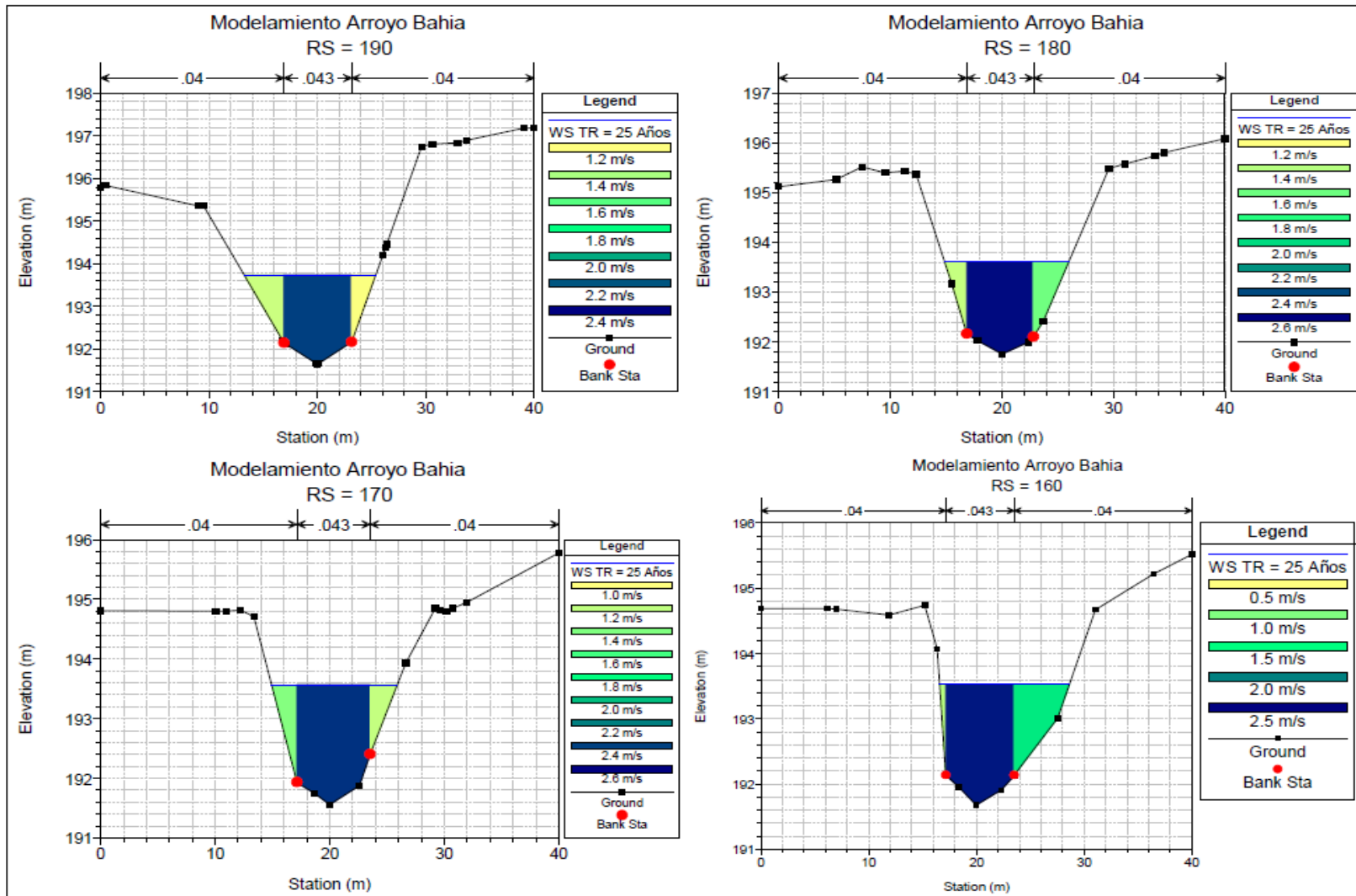
4.2.9 Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 5 años.



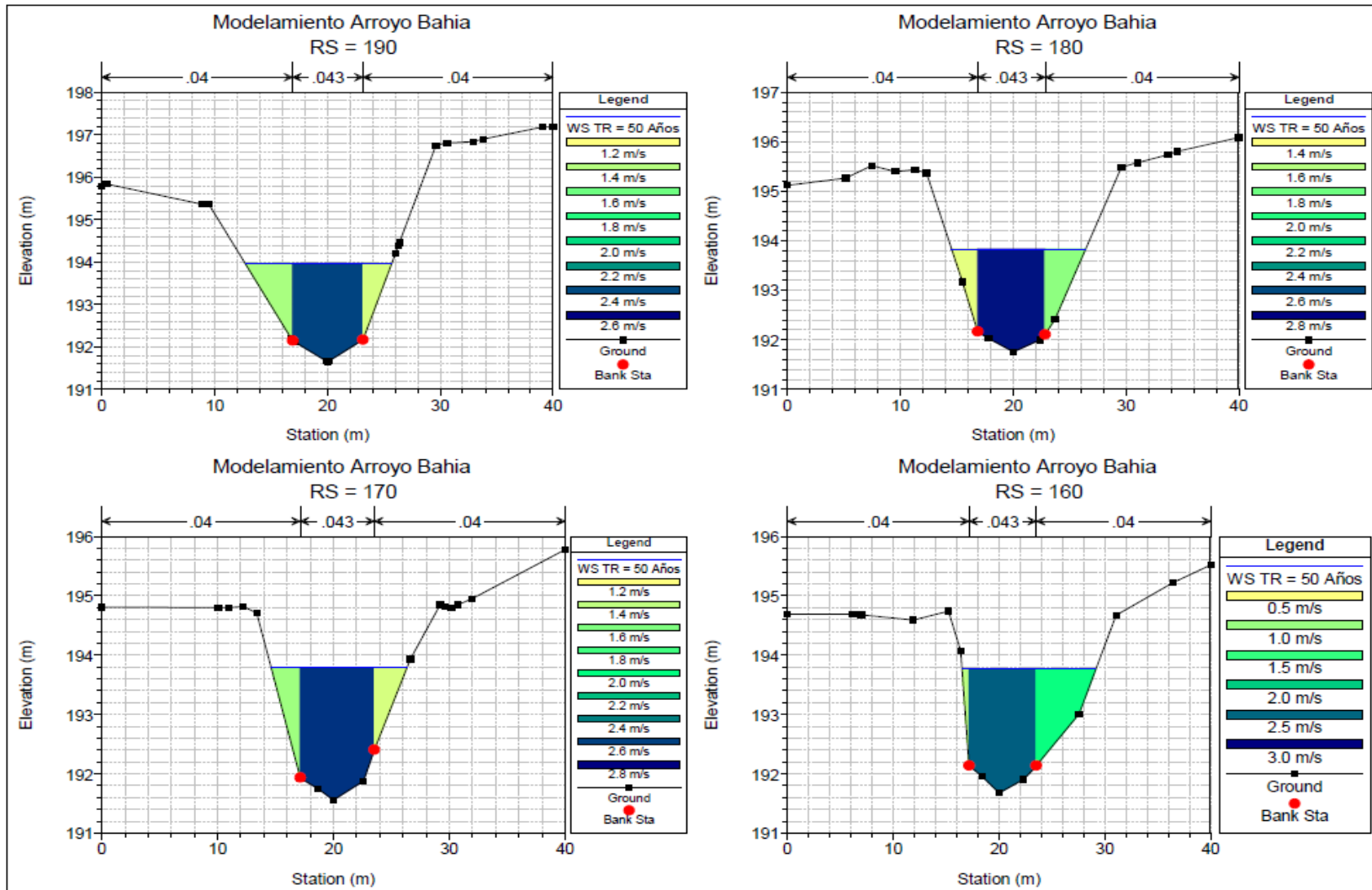
4.2.10 Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 10 años.



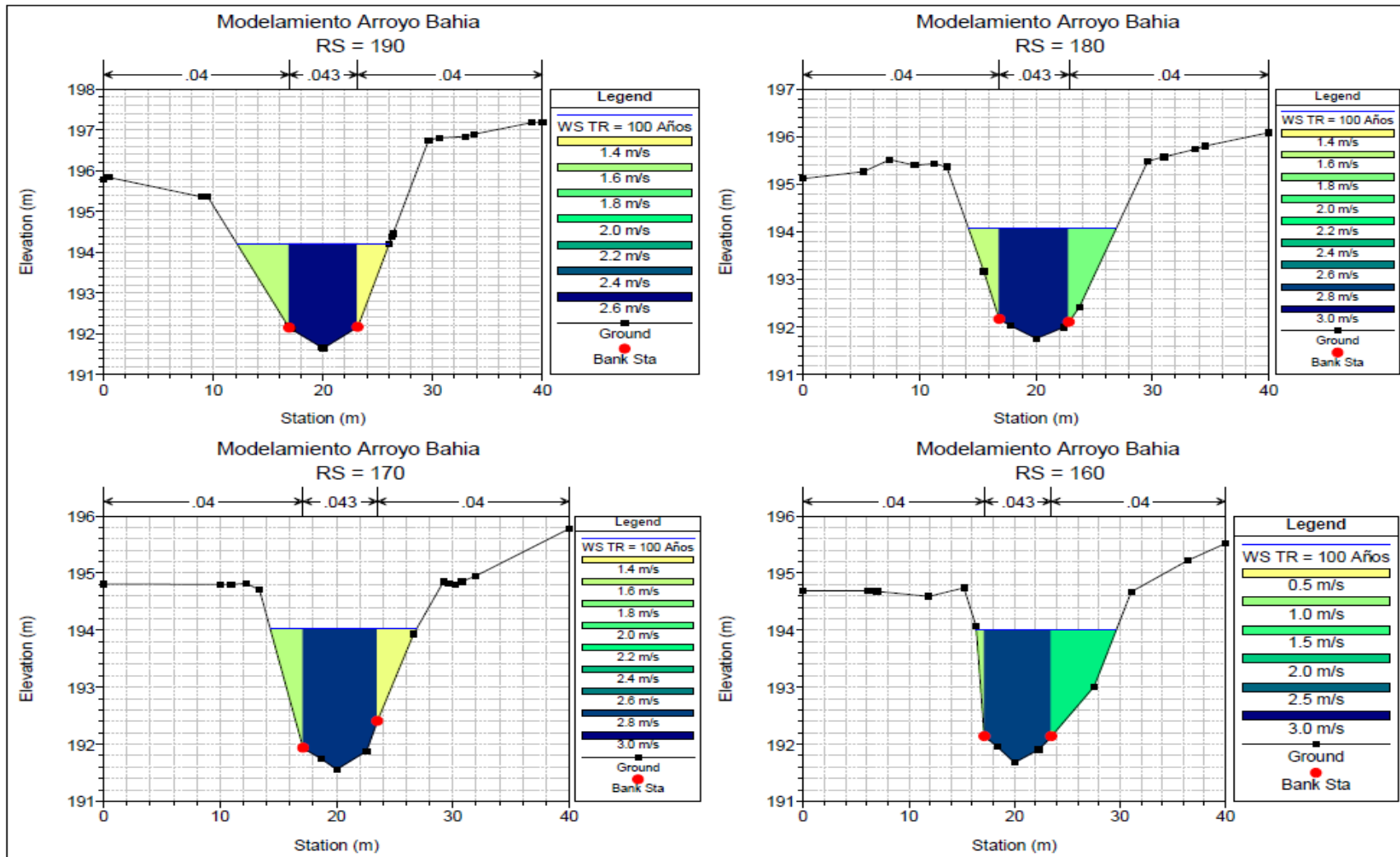
4.2.11 Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 25 años



4.2.12 Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 50 años.



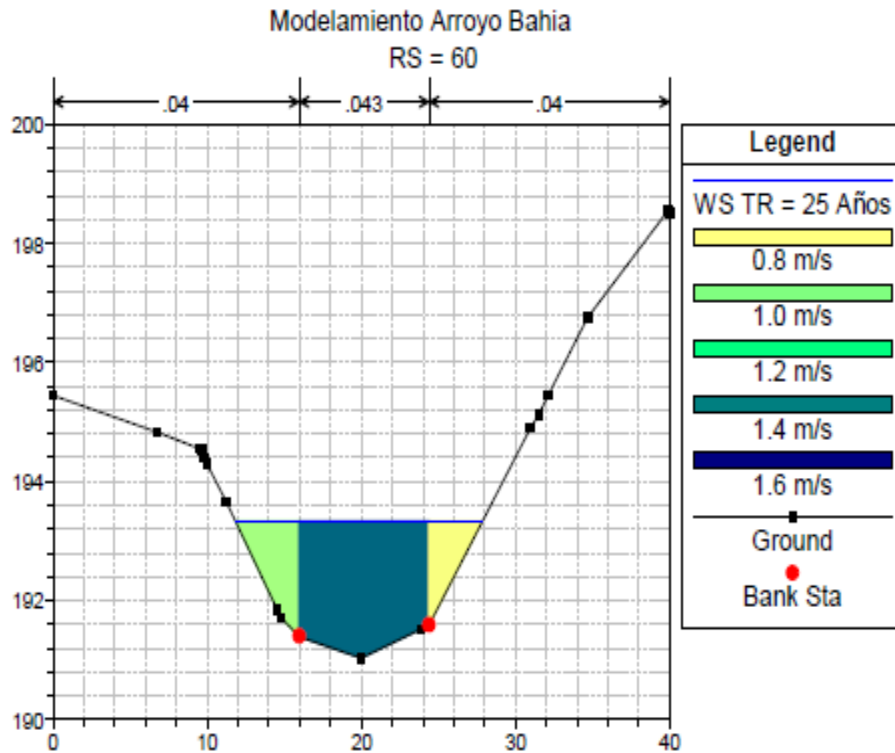
4.2.13 Velocidades de las secciones del arroyo Bahía para un periodo de retorno de 100 años



Fuente: Elaboración propia en Hec-Ras 5.0.4

Como ejemplo veremos una sección y sus características de velocidad como pueden observar toda la mayor velocidad está la parte central del canal para un período de retorno de 25 años

Figura 4-18 Descripción la sección de velocidad para un periodo de 25 años



Fuente: elaboración propia en Hec-Ras 5.0.4

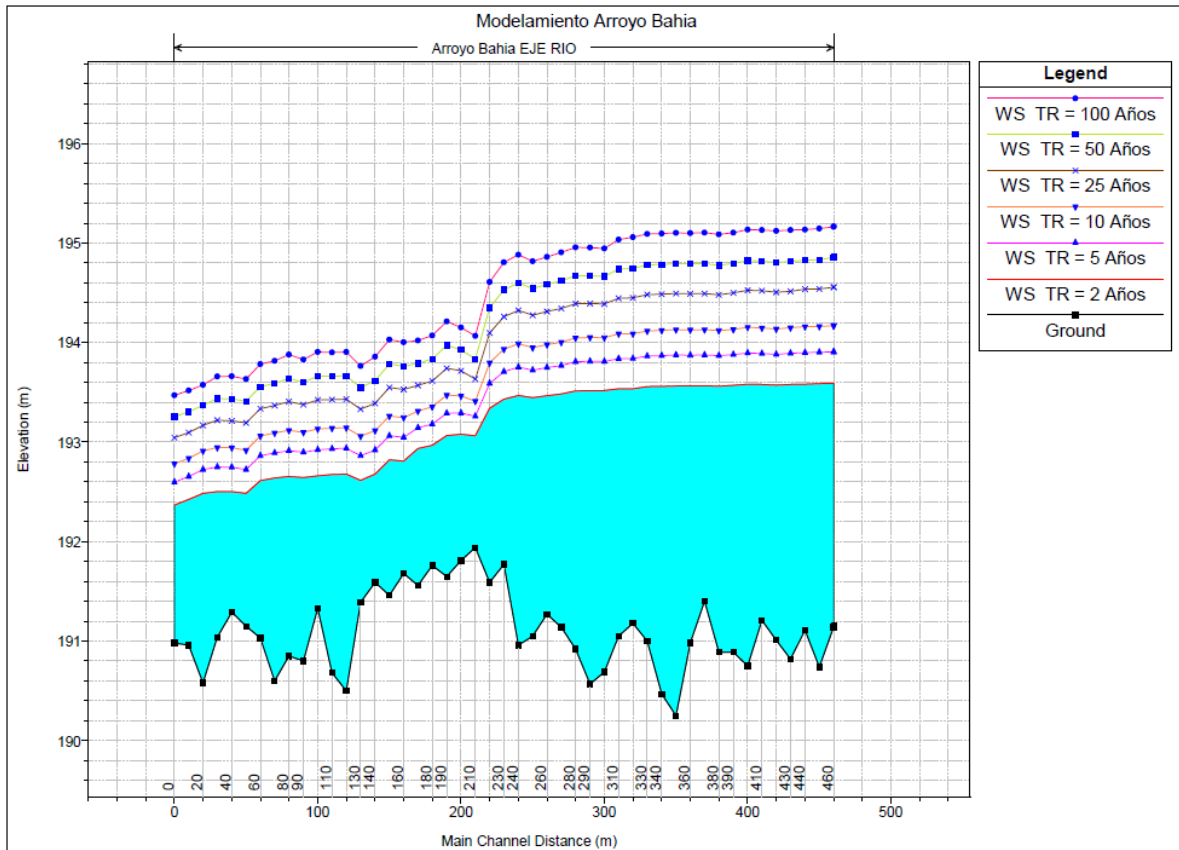
El modelo matemático Hec-Ras 5.0.4 cálculo para todas las secciones y así poder identificar en que zona existe más velocidad de flujo y como se con porta para distintos periodos de retorno.

4.2.14 Perfiles del arroyo Bahía

Como resultado tenemos los perfiles para cada periodo de retorno y así poder observar el comportamiento del canal y sus profundidades, los primeros puntos con color negro son los puntos topográficos sacados en el eje del rio distancias entre puntos está en un margen de 8 a 11 m. Por ejemplo si quiero saber la profundidad del tramo 20, parto del punto número

20 subiendo hasta la margen de color rosa, tendrá una profundidad ese será la profundidad del periodo de retorno a 2 años en esa sección y así sucesivamente con los otros periodos de retorno que deseo conocer.

Figura 4-19 Perfil de los tramos del arroyo Bahía

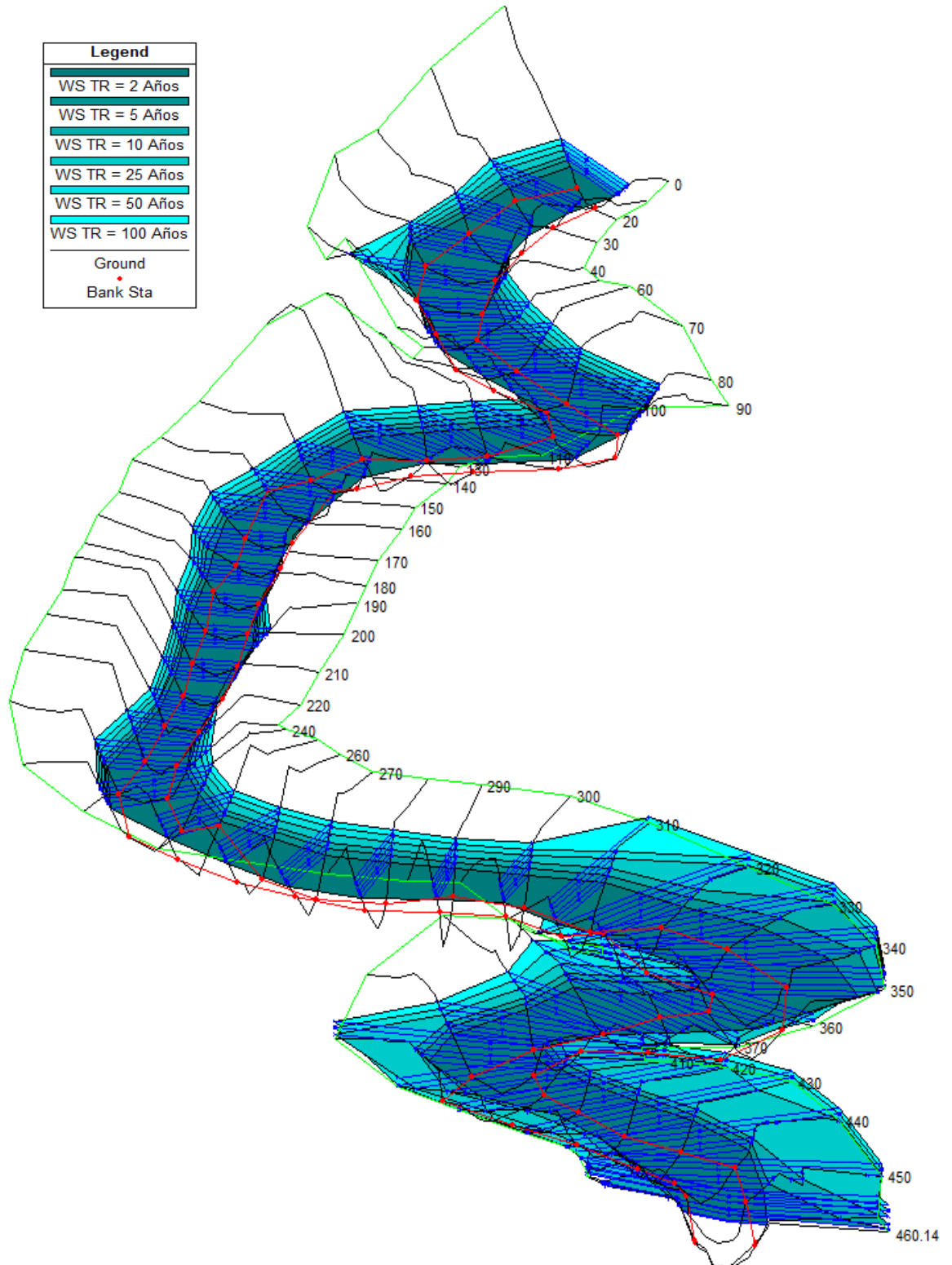


Fuente: Elaboración propia en Hec-Ras 5.0.4

4.2.15 Vista del arroyo Bahía en 3D

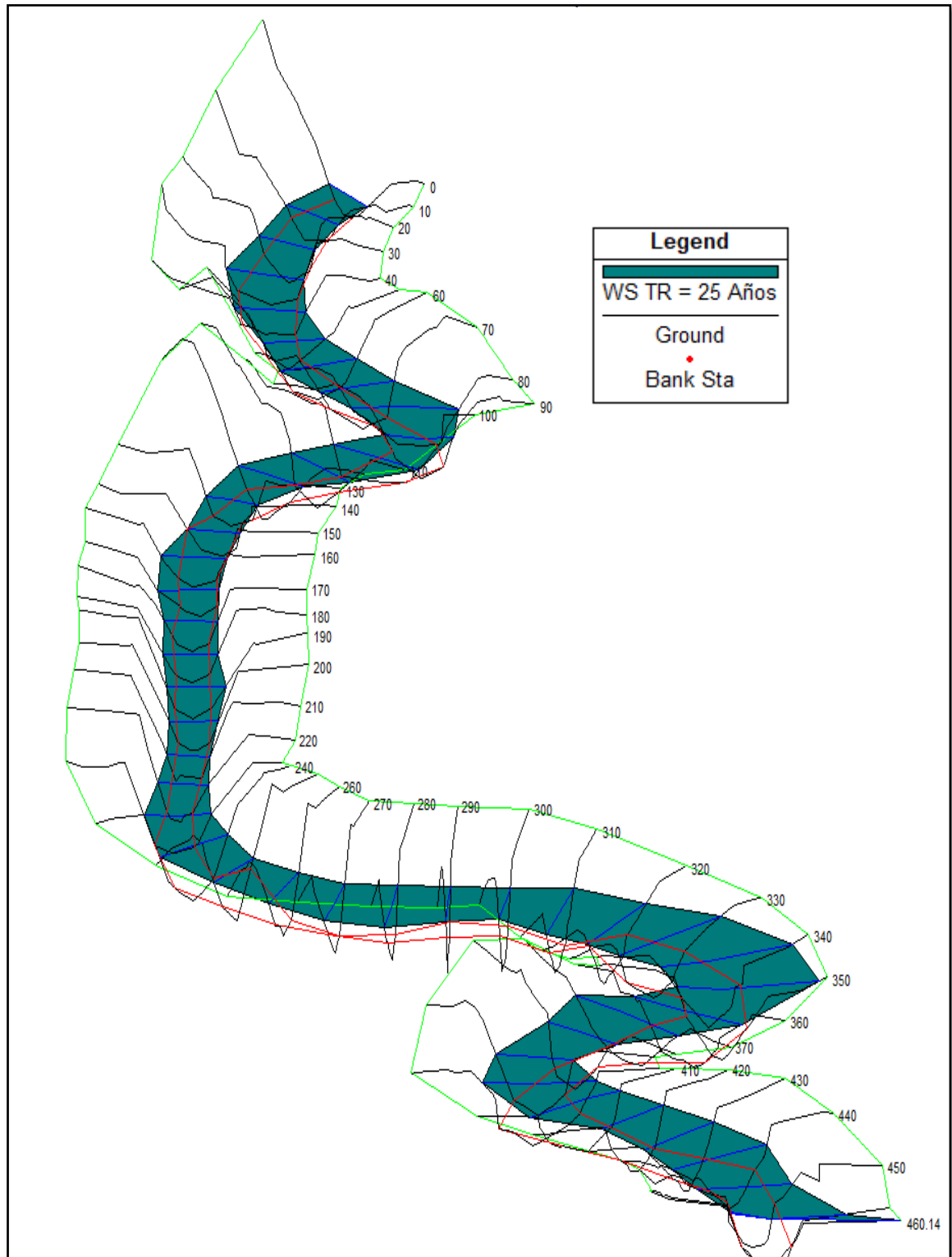
Se podrá apreciar con más claridad la forma física del Arroyo Bahía en vista 3D a lo largo de una distancia 460.14 m, longitudinal ver figura 4-20 y para un periodo de 25 años figura 2-21.

Figura 4-20 Perfil del arroyo Bahía en 3D



Fuente: Elaboración propia en Hec-Ras 5.0.4

Figura 4-21 Perfil del arroyo Bahía en 3D con periodo de retorno de 25 años



Fuente: Elaboración propia en Hec-Ras 5.0.4

4.2.16 Tablas de resultados de la simulación.

Tabla 4-30 Profundidades simuladas para cada periodo de retorno en Hec-Ras 5.0.4

Sección	Profundidades (m)		Sección	Profundidades (m)	
460.14	actual	1.50	460	actual	1.10
460.14	TR = 2 Años	2.43	460	TR = 2 Años	2.45
460.14	TR = 5 Años	2.75	460	TR = 5 Años	2.77
460.14	TR = 10 Años	3.01	460	TR = 10 Años	3.03
460.14	TR = 25 Años	3.40	460	TR = 25 Años	3.41
460.14	TR = 50 Años	3.70	460	TR = 50 Años	3.72
460.14	TR = 100 Años	4.01	460	TR = 100Años	4.02
450	actual	2.20	440	actual	1.50
450	TR = 2 Años	2.85	440	TR = 2 Años	2.47
450	TR = 5 Años	3.16	440	TR = 5 Años	2.79
450	TR = 10 Años	3.42	440	TR = 10 Años	3.05
450	TR = 25 Años	3.80	440	TR = 25 Años	3.43
450	TR = 50 Años	4.09	440	TR = 50 Años	3.72
450	TR = 100 Años	4.40	440	TR = 100Años	4.02
430	actual	1.25	420	actual	0.87
430	TR = 2 Años	2.76	420	TR = 2 Años	2.56
430	TR = 5 Años	3.07	420	TR = 5 Años	2.87
430	TR = 10 Años	3.33	420	TR = 10 Años	3.13
430	TR = 25 Años	3.70	420	TR = 25 Años	3.50
430	TR = 50 Años	3.99	420	TR = 50 Años	3.79
430	TR = 100 Años	4.31	420	TR = 100Años	4.11
410	actual	0.76	400	actual	1.56
410	TR = 2 Años	2.37	400	TR = 2 Años	2.83
410	TR = 5 Años	2.68	400	TR = 5 Años	3.14
410	TR = 10 Años	2.94	400	TR = 10 Años	3.40
410	TR = 25 Años	3.31	400	TR = 25 Años	3.78
410	TR = 50 Años	3.61	400	TR = 50 Años	4.07
410	TR = 100 Años	3.92	400	TR = 100Años	4.39
390	actual	0.97	380	actual	1.52
390	TR = 2 Años	2.68	380	TR = 2 Años	2.67
390	TR = 5 Años	2.99	380	TR = 5 Años	2.98
390	TR = 10 Años	3.24	380	TR = 10 Años	3.23
390	TR = 25 Años	3.61	380	TR = 25 Años	3.59
390	TR = 50 Años	3.90	380	TR = 50 Años	3.89
390	TR = 100 Años	4.21	380	TR = 100Años	4.20

Sección	Profundidades (m)		Sección	Profundidades (m)	
370	actual	1.20	360	actual	1.51
370	TR = 2 Años	2.17	360	TR = 2 Años	2.58
370	TR = 5 Años	2.48	360	TR = 5 Años	2.89
370	TR = 10 Años	2.73	360	TR = 10 Años	3.15
370	TR = 25 Años	3.09	360	TR = 25 Años	3.51
370	TR = 50 Años	3.39	360	TR = 50 Años	3.81
370	TR = 100 Años	3.70	360	TR = 100 Años	4.12
350	actual	1.90	340	actual	1.65
350	TR = 2 Años	3.31	340	TR = 2 Años	3.09
350	TR = 5 Años	3.62	340	TR = 5 Años	3.40
350	TR = 10 Años	3.88	340	TR = 10 Años	3.65
350	TR = 25 Años	4.24	340	TR = 25 Años	4.02
350	TR = 50 Años	4.54	340	TR = 50 Años	4.31
350	TR = 100 Años	4.85	340	TR = 100 Años	4.62
330	actual	1.69	320	actual	1.59
330	TR = 2 Años	2.56	320	TR = 2 Años	2.36
330	TR = 5 Años	2.86	320	TR = 5 Años	2.66
330	TR = 10 Años	3.12	320	TR = 10 Años	2.91
330	TR = 25 Años	3.48	320	TR = 25 Años	3.27
330	TR = 50 Años	3.78	320	TR = 50 Años	3.57
330	TR = 100 Años	4.09	320	TR = 100 Años	3.88
310	actual	0.80	300	actual	1.64
310	TR = 2 Años	2.49	300	TR = 2 Años	2.83
310	TR = 5 Años	2.79	300	TR = 5 Años	3.12
310	TR = 10 Años	3.04	300	TR = 10 Años	3.36
310	TR = 25 Años	3.39	300	TR = 25 Años	3.70
310	TR = 50 Años	3.69	300	TR = 50 Años	3.98
310	TR = 100 Años	3.98	300	TR = 100 Años	4.26
290	actual	1.75	280	actual	1.21
290	TR = 2 Años	2.95	280	TR = 2 Años	2.59
290	TR = 5 Años	3.24	280	TR = 5 Años	2.89
290	TR = 10 Años	3.48	280	TR = 10 Años	3.13
290	TR = 25 Años	3.82	280	TR = 25 Años	3.47
290	TR = 50 Años	4.10	280	TR = 50 Años	3.75
290	TR = 100 Años	4.38	280	TR = 100 Años	4.04

Sección	Profundidades (m)		Sección	Profundidades (m)	
270	actual	1.04	260	actual	0.81
270	TR = 2 Años	2.34	260	TR = 2 Años	2.20
270	TR = 5 Años	2.63	260	TR = 5 Años	2.48
270	TR = 10 Años	2.86	260	TR = 10 Años	2.71
270	TR = 25 Años	3.20	260	TR = 25 Años	3.04
270	TR = 50 Años	3.48	260	TR = 50 Años	3.31
270	TR = 100Años	3.77	260	TR = 100Años	3.59
250	actual	1.16	240	actual	1.20
250	TR = 2 Años	2.40	240	TR = 2 Años	2.51
250	TR = 5 Años	2.67	240	TR = 5 Años	2.79
250	TR = 10 Años	2.90	240	TR = 10 Años	3.03
250	TR = 25 Años	3.23	240	TR = 25 Años	3.36
250	TR = 50 Años	3.49	240	TR = 50 Años	3.64
250	TR = 100Años	3.77	240	TR = 100Años	3.92
230	actual	0.29	220	actual	0.50
230	TR = 2 Años	1.66	220	TR = 2 Años	1.75
230	TR = 5 Años	1.94	220	TR = 5 Años	2.00
230	TR = 10 Años	2.16	220	TR = 10 Años	2.21
230	TR = 25 Años	2.49	220	TR = 25 Años	2.51
230	TR = 50 Años	2.76	220	TR = 50 Años	2.76
230	TR = 100Años	3.04	220	TR = 100Años	3.20
210	actual	0.35	200	actual	0.36
210	TR = 2 Años	1.12	200	TR = 2 Años	1.27
210	TR = 5 Años	1.32	200	TR = 5 Años	1.48
210	TR = 10 Años	1.47	200	TR = 10 Años	1.65
210	TR = 25 Años	1.69	200	TR = 25 Años	1.91
210	TR = 50 Años	1.90	200	TR = 50 Años	2.12
210	TR = 100Años	2.13	200	TR = 100Años	2.34
190	actual	0.53	180	actual	0.41
190	TR = 2 Años	1.41	180	TR = 2 Años	1.21
190	TR = 5 Años	1.64	180	TR = 5 Años	1.42
190	TR = 10 Años	1.82	180	TR = 10 Años	1.59
190	TR = 25 Años	2.09	180	TR = 25 Años	1.85
190	TR = 50 Años	2.32	180	TR = 50 Años	2.08
190	TR = 100Años	2.56	180	TR = 100Años	2.31

Sección	Profundidades (m)		Sección	Profundidades (m)	
170	actual	0.56	160	actual	0.45
170	TR = 2 Años	1.38	160	TR = 2 Años	1.13
170	TR = 5 Años	1.58	160	TR = 5 Años	1.37
170	TR = 10 Años	1.75	160	TR = 10 Años	1.57
170	TR = 25 Años	2.01	160	TR = 25 Años	1.85
170	TR = 50 Años	2.23	160	TR = 50 Años	2.08
170	TR = 100Años	2.46	160	TR = 100Años	2.32
150	actual	0.42	140	actual	0.35
150	TR = 2 Años	1.36	140	TR = 2 Años	1.09
150	TR = 5 Años	1.60	140	TR = 5 Años	1.33
150	TR = 10 Años	1.80	140	TR = 10 Años	1.53
150	TR = 25 Años	2.09	140	TR = 25 Años	1.80
150	TR = 50 Años	2.32	140	TR = 50 Años	2.03
150	TR = 100Años	2.57	140	TR = 100Años	2.27
130	actual	0.50	120	actual	1.20
130	TR = 2 Años	1.22	120	TR = 2 Años	2.18
130	TR = 5 Años	1.47	120	TR = 5 Años	2.44
130	TR = 10 Años	1.67	120	TR = 10 Años	2.64
130	TR = 25 Años	1.94	120	TR = 25 Años	2.93
130	TR = 50 Años	2.16	120	TR = 50 Años	3.17
130	TR = 100Años	2.37	120	TR = 100Años	3.41
110	actual	0.83	100	actual	0.59
110	TR = 2 Años	1.99	100	TR = 2 Años	1.33
110	TR = 5 Años	2.25	100	TR = 5 Años	1.59
110	TR = 10 Años	2.46	100	TR = 10 Años	1.80
110	TR = 25 Años	2.75	100	TR = 25 Años	2.09
110	TR = 50 Años	2.98	100	TR = 50 Años	2.33
110	TR = 100Años	3.22	100	TR = 100Años	2.57
90	actual	0.98	80	actual	0.42
90	TR = 2 Años	1.84	80	TR = 2 Años	1.80
90	TR = 5 Años	2.10	80	TR = 5 Años	2.06
90	TR = 10 Años	2.30	80	TR = 10 Años	2.27
90	TR = 25 Años	2.58	80	TR = 25 Años	2.56
90	TR = 50 Años	2.80	80	TR = 50 Años	2.79
90	TR = 100Años	3.03	80	TR = 100Años	3.03

Sección	Profundidades (m)		Sección	Profundidades (m)	
70	actual	1.22	60	actual	0.38
70	TR = 2 Años	2.04	60	TR = 2 Años	1.58
70	TR = 5 Años	2.29	60	TR = 5 Años	1.83
70	TR = 10 Años	2.49	60	TR = 10 Años	2.03
70	TR = 25 Años	2.77	60	TR = 25 Años	2.31
70	TR = 50 Años	2.99	60	TR = 50 Años	2.53
70	TR = 100Años	3.22	60	TR = 100Años	2.75
50	actual	0.48	40	actual	0.35
50	TR = 2 Años	1.33	40	TR = 2 Años	1.21
50	TR = 5 Años	1.57	40	TR = 5 Años	1.46
50	TR = 10 Años	1.77	40	TR = 10 Años	1.35
50	TR = 25 Años	2.04	40	TR = 25 Años	1.92
50	TR = 50 Años	2.26	40	TR = 50 Años	2.14
50	TR = 100Años	2.48	40	TR = 100Años	2.37
30	actual	0.48	20	actual	0.83
30	TR = 2 Años	1.46	20	TR = 2 Años	1.90
30	TR = 5 Años	1.71	20	TR = 5 Años	2.14
30	TR = 10 Años	1.91	20	TR = 10 Años	2.33
30	TR = 25 Años	2.18	20	TR = 25 Años	2.59
30	TR = 50 Años	2.40	20	TR = 50 Años	2.79
30	TR = 100Años	2.62	20	TR = 100Años	2.99
10	actual	0.69	0	actual	0.44
10	TR = 2 Años	1.46	0	TR = 2 Años	1.39
10	TR = 5 Años	1.69	0	TR = 5 Años	1.62
10	TR = 10 Años	1.88	0	TR = 10 Años	1.80
10	TR = 25 Años	2.14	0	TR = 25 Años	2.06
10	TR = 50 Años	2.35	0	TR = 50 Años	2.27
10	TR = 100Años	2.56	0	TR = 100Años	2.49

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del modelamiento del arroyo Bahía tenemos las tablas 4-30 que son la comparación de profundidades para cada periodo de retorno y la actual, que gracias a la topografía se pudo obtener las profundidades actuales esto nos da una vista de cómo se comportara el cauce a futuras y cuáles serán sus modificaciones con un porcentaje aceptable de predicción gracias al modelo matemático Hec-Ras versión 5.0.4, a continuación veremos las siguientes características que presenta el arroyo Bahía

Tabla 4-31 Datos de los perfil de cada sección

Sección	Tr	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude #
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	Chl
460.14	TR = 2 Años	13	191.16	193.59	193.61	0.00043	0.71	19.44	12.66	0.17
460.14	TR = 5 Años	18.4	191.16	193.91	193.94	0.000474	0.83	26.54	30.17	0.18
460.14	TR = 10 Años	23.5	191.16	194.17	194.2	0.000434	0.86	34.89	40.11	0.17
460.14	TR = 25 Años	31.9	191.16	194.56	194.59	0.000358	0.86	51.6	44.25	0.16
460.14	TR = 50 Años	39.8	191.16	194.86	194.89	0.000305	0.85	64.9	44.25	0.15
460.14	TR = 100Años	49	191.16	195.17	195.19	0.000271	0.85	78.49	44.25	0.15
460	TR = 2 Años	13	191.14	193.59	193.61	0.000349	0.68	20.55	12.44	0.15
460	TR = 5 Años	18.4	191.14	193.91	193.94	0.000421	0.82	25.77	23.11	0.17
460	TR = 10 Años	23.5	191.14	194.17	194.2	0.000422	0.88	33.25	39.43	0.17
460	TR = 25 Años	31.9	191.14	194.55	194.59	0.000362	0.89	49.36	42.38	0.16
460	TR = 50 Años	39.8	191.14	194.86	194.88	0.000317	0.89	62.1	42.38	0.16
460	TR = 100Años	49	191.14	195.16	195.19	0.000286	0.89	75.12	42.38	0.15
450	TR = 2 Años	13	190.74	193.59	193.61	0.000365	0.67	20.43	13.96	0.14
450	TR = 5 Años	18.4	190.74	193.9	193.93	0.000441	0.8	25.36	17.3	0.16
450	TR = 10 Años	23.5	190.74	194.16	194.2	0.000478	0.89	30.4	21.18	0.17
450	TR = 25 Años	31.9	190.74	194.54	194.58	0.000499	0.98	39.72	30.15	0.17
450	TR = 50 Años	39.8	190.74	194.83	194.88	0.000511	1.05	50.85	42	0.18
450	TR = 100Años	49	190.74	195.14	195.19	0.000447	1.04	64.08	42.6	0.17
440	TR = 2 Años	13	191.11	193.58	193.61	0.00043	0.71	20.56	16.5	0.16
440	TR = 5 Años	18.4	191.11	193.9	193.93	0.000458	0.81	26.08	18.33	0.17
440	TR = 10 Años	23.5	191.11	194.16	194.19	0.000473	0.89	31.07	20.61	0.18
440	TR = 25 Años	31.9	191.11	194.54	194.58	0.000478	0.98	39.47	24.01	0.19
440	TR = 50 Años	39.8	191.11	194.83	194.87	0.000498	1.07	47.61	37.74	0.19
440	TR = 100Años	49	191.11	195.13	195.18	0.000464	1.1	59.86	40	0.19

Sección	Tr	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
430	TR = 2 Años	13	190.82	193.58	193.6	0.000356	0.72	20.74	13.65	0.15
430	TR = 5 Años	18.4	190.82	193.89	193.92	0.00042	0.85	25.22	14.93	0.17
430	TR = 10 Años	23.5	190.82	194.15	194.19	0.000476	0.97	29.33	17.32	0.18
430	TR = 25 Años	31.9	190.82	194.52	194.57	0.000566	1.15	37.08	31.27	0.21
430	TR = 50 Años	39.8	190.82	194.82	194.87	0.000538	1.19	48.37	40.38	0.2
430	TR = 100Años	49	190.82	195.13	195.18	0.000461	1.16	61.3	41.22	0.19
420	TR = 2 Años	13	191.01	193.57	193.6	0.000358	0.73	19.78	11.5	0.16
420	TR = 5 Años	18.4	191.01	193.88	193.92	0.000453	0.89	23.49	13.27	0.18
420	TR = 10 Años	23.5	191.01	194.14	194.18	0.000523	1.02	27.31	16.9	0.2
420	TR = 25 Años	31.9	191.01	194.51	194.56	0.00057	1.16	36.02	35.97	0.21
420	TR = 50 Años	39.8	191.01	194.8	194.86	0.000545	1.21	47.5	40.2	0.21
420	TR = 100Años	49	191.01	195.12	195.17	0.000466	1.18	60.2	40.2	0.2
410	TR = 2 Años	13	191.21	193.58	193.59	0.000221	0.54	26.04	15.5	0.12
410	TR = 5 Años	18.4	191.21	193.89	193.91	0.000276	0.67	31.21	18.12	0.14
410	TR = 10 Años	23.5	191.21	194.15	194.17	0.000311	0.76	36.21	20.96	0.15
410	TR = 25 Años	31.9	191.21	194.52	194.55	0.00033	0.86	48.25	36.12	0.16
410	TR = 50 Años	39.8	191.21	194.82	194.85	0.000313	0.89	59.55	38.66	0.16
410	TR = 100Años	49	191.21	195.13	195.16	0.000289	0.91	71.6	38.66	0.15
400	TR = 2 Años	13	190.75	193.58	193.59	0.000097	0.39	34.86	18.81	0.08
400	TR = 5 Años	18.4	190.75	193.89	193.91	0.000122	0.48	41	20.23	0.1
400	TR = 10 Años	23.5	190.75	194.15	194.17	0.000141	0.55	46.35	21.29	0.1
400	TR = 25 Años	31.9	190.75	194.53	194.55	0.000166	0.65	58.86	43.67	0.12
400	TR = 50 Años	39.8	190.75	194.82	194.85	0.000167	0.69	71.9	43.67	0.12
400	TR = 100Años	49	190.75	195.14	195.16	0.000166	0.72	85.47	43.67	0.12

Sección	Tr	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
390	TR = 2 Años	13	190.89	193.57	193.59	0.000226	0.59	23.9	13.03	0.13
390	TR = 5 Años	18.4	190.89	193.88	193.9	0.000285	0.72	28.05	14.17	0.14
390	TR = 10 Años	23.5	190.89	194.13	194.16	0.000329	0.83	31.92	16.44	0.16
390	TR = 25 Años	31.9	190.89	194.5	194.54	0.000377	0.96	40	28.91	0.17
390	TR = 50 Años	39.8	190.89	194.79	194.84	0.000384	1.03	48.62	29.33	0.18
390	TR = 100Años	49	190.89	195.1	195.15	0.000383	1.09	57.74	29.76	0.18
380	TR = 2 Años	13	190.89	193.56	193.58	0.000292	0.65	21.46	12.43	0.14
380	TR = 5 Años	18.4	190.89	193.87	193.9	0.000365	0.8	25.5	13.89	0.16
380	TR = 10 Años	23.5	190.89	194.12	194.16	0.000416	0.91	29.13	14.97	0.17
380	TR = 25 Años	31.9	190.89	194.48	194.54	0.000508	1.09	35.66	26.4	0.2
380	TR = 50 Años	39.8	190.89	194.78	194.83	0.000508	1.15	43.64	27.5	0.2
380	TR = 100Años	49	190.89	195.09	195.15	0.000497	1.21	52.31	28.53	0.2
370	TR = 2 Años	13	191.4	193.57	193.58	0.000214	0.54	27.93	19.78	0.12
370	TR = 5 Años	18.4	191.4	193.88	193.89	0.000242	0.63	34.39	21.94	0.13
370	TR = 10 Años	23.5	191.4	194.13	194.15	0.000259	0.7	40.2	23.7	0.14
370	TR = 25 Años	31.9	191.4	194.49	194.52	0.0003	0.83	50.46	34.69	0.15
370	TR = 50 Años	39.8	191.4	194.79	194.82	0.000293	0.87	61.24	37.24	0.15
370	TR = 100Años	49	191.4	195.1	195.13	0.000281	0.91	73.2	39.66	0.15
360	TR = 2 Años	13	190.98	193.56	193.58	0.000174	0.5	28.68	17.96	0.11
360	TR = 5 Años	18.4	190.98	193.87	193.89	0.000213	0.61	34.75	23.44	0.12
360	TR = 10 Años	23.5	190.98	194.13	194.15	0.000232	0.68	40.9	24.9	0.13
360	TR = 25 Años	31.9	190.98	194.49	194.52	0.000262	0.78	50.23	29	0.14
360	TR = 50 Años	39.8	190.98	194.79	194.82	0.000268	0.84	60.34	38.86	0.15
360	TR = 100Años	49	190.98	195.1	195.13	0.000265	0.89	72.69	39.95	0.15

Sección	Tr	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
350	TR = 2 Años	13	190.25	193.56	193.57	0.000117	0.45	32.79	22.41	0.09
350	TR = 5 Años	18.4	190.25	193.87	193.89	0.000144	0.54	40.19	25.4	0.1
350	TR = 10 Años	23.5	190.25	194.13	194.14	0.000159	0.6	46.9	26.77	0.11
350	TR = 25 Años	31.9	190.25	194.49	194.51	0.000176	0.68	56.94	28.85	0.12
350	TR = 50 Años	39.8	190.25	194.79	194.82	0.000189	0.74	66.3	38.48	0.12
350	TR = 100Años	49	190.25	195.1	195.13	0.000192	0.79	78.72	40.15	0.12
340	TR = 2 Años	13	190.47	193.56	193.57	0.000164	0.5	28.43	19.87	0.1
340	TR = 5 Años	18.4	190.47	193.87	193.88	0.000199	0.6	35.39	24.58	0.12
340	TR = 10 Años	23.5	190.47	194.12	194.14	0.000218	0.67	42.01	27.56	0.12
340	TR = 25 Años	31.9	190.47	194.49	194.51	0.000231	0.74	52.33	28.74	0.13
340	TR = 50 Años	39.8	190.47	194.78	194.81	0.000249	0.81	62.21	37.3	0.14
340	TR =100Años	49	190.47	195.1	195.12	0.000244	0.85	74.11	38.36	0.14
330	TR = 2 Años	13	191	193.56	193.57	0.000232	0.53	26.08	18.51	0.12
330	TR = 5 Años	18.4	191	193.86	193.88	0.000267	0.63	32.25	21.62	0.13
330	TR = 10 Años	23.5	191	194.12	194.14	0.000295	0.71	38.42	30.02	0.14
330	TR = 25 Años	31.9	191	194.48	194.51	0.000289	0.77	49.6	31.12	0.15
330	TR = 50 Años	39.8	191	194.78	194.81	0.000286	0.82	60.2	40	0.15
330	TR = 100Años	49	191	195.09	195.12	0.000269	0.85	72.65	40	0.15
320	TR = 2 Años	13	191.18	193.54	193.56	0.000645	0.76	17.9	13.86	0.19
320	TR = 5 Años	18.4	191.18	193.84	193.88	0.000703	0.88	22.4	15.93	0.2
320	TR = 10 Años	23.5	191.18	194.09	194.13	0.000717	0.96	26.59	17.64	0.21
320	TR = 25 Años	31.9	191.18	194.45	194.5	0.000718	1.07	33.71	27.09	0.22
320	TR = 50 Años	39.8	191.18	194.75	194.8	0.0007	1.14	41.96	28.35	0.22
320	TR = 100Años	49	191.18	195.06	195.11	0.000629	1.16	52.62	37.65	0.21

Sección	Tr	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
310	TR = 2 Años	13	191.05	193.54	193.56	0.000364	0.68	20.86	13.67	0.15
310	TR = 5 Años	18.4	191.05	193.84	193.87	0.000431	0.81	25.17	14.87	0.17
310	TR = 10 Años	23.5	191.05	194.09	194.13	0.000475	0.92	28.99	15.86	0.18
310	TR = 25 Años	31.9	191.05	194.44	194.49	0.000525	1.05	34.92	17.28	0.2
310	TR = 50 Años	39.8	191.05	194.74	194.8	0.000558	1.15	40.16	18.44	0.21
310	TR = 100Años	49	191.05	195.03	195.11	0.000642	1.31	47.89	28.3	0.22
300	TR = 2 Años	13	190.69	193.52	193.55	0.000533	0.83	16.57	8.88	0.17
300	TR = 5 Años	18.4	190.69	193.81	193.86	0.000696	1.02	19.25	9.46	0.2
300	TR = 10 Años	23.5	190.69	194.05	194.12	0.000824	1.18	21.56	9.93	0.22
300	TR = 25 Años	31.9	190.69	194.39	194.48	0.000999	1.4	25.05	10.61	0.25
300	TR = 50 Años	39.8	190.69	194.67	194.78	0.001136	1.58	28.06	11.16	0.27
300	TR = 100Años	49	190.69	194.95	195.09	0.001279	1.76	31.27	11.72	0.29
290	TR = 2 Años	13	190.57	193.52	193.55	0.000409	0.73	18.45	9.82	0.16
290	TR = 5 Años	18.4	190.57	193.81	193.85	0.000531	0.9	21.41	10.43	0.18
290	TR = 10 Años	23.5	190.57	194.05	194.1	0.000627	1.04	23.97	10.94	0.2
290	TR = 25 Años	31.9	190.57	194.39	194.47	0.000756	1.24	27.83	11.66	0.22
290	TR = 50 Años	39.8	190.57	194.67	194.77	0.000857	1.4	31.16	12.24	0.24
290	TR = 100Años	49	190.57	194.96	195.07	0.000962	1.56	34.71	12.84	0.26
280	TR = 2 Años	13	190.92	193.51	193.54	0.000466	0.76	18.31	11.52	0.17
280	TR = 5 Años	18.4	190.92	193.81	193.85	0.000563	0.92	21.8	12.31	0.2
280	TR = 10 Años	23.5	190.92	194.05	194.1	0.000634	1.04	24.83	12.96	0.21
280	TR = 25 Años	31.9	190.92	194.39	194.46	0.000722	1.21	29.44	13.88	0.23
280	TR = 50 Años	39.8	190.92	194.67	194.75	0.000787	1.35	33.45	14.64	0.24
280	TR = 100Años	49	190.92	194.96	195.06	0.000853	1.49	37.75	15.41	0.26

Sección	Tr	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
270	TR = 2 Años	13	191.14	193.48	193.53	0.001033	1.05	13.78	10.51	0.25
270	TR = 5 Años	18.4	191.14	193.77	193.84	0.001168	1.23	16.94	11.59	0.27
270	TR = 10 Años	23.5	191.14	194	194.09	0.001249	1.37	19.77	12.47	0.29
270	TR = 25 Años	31.9	191.14	194.34	194.45	0.001328	1.55	24.21	13.74	0.3
270	TR = 50 Años	39.8	191.14	194.62	194.74	0.001373	1.68	28.19	14.78	0.32
270	TR = 100Años	49	191.14	194.91	195.04	0.001414	1.82	32.56	15.85	0.32
260	TR = 2 Años	13	191.27	193.47	193.52	0.0011	1.1	13.27	9.91	0.26
260	TR = 5 Años	18.4	191.27	193.75	193.82	0.00126	1.3	16.18	10.69	0.29
260	TR = 10 Años	23.5	191.27	193.98	194.07	0.001364	1.45	18.72	11.3	0.31
260	TR = 25 Años	31.9	191.27	194.31	194.43	0.001485	1.66	22.62	12.19	0.33
260	TR = 50 Años	39.8	191.27	194.58	194.72	0.001567	1.82	26.04	12.92	0.34
260	TR = 100Años	49	191.27	194.86	195.02	0.001655	1.99	29.74	13.76	0.36
250	TR = 2 Años	13	191.05	193.45	193.51	0.001478	1.12	12.12	9.04	0.29
250	TR = 5 Años	18.4	191.05	193.72	193.81	0.001664	1.33	14.73	9.85	0.31
250	TR = 10 Años	23.5	191.05	193.95	194.06	0.001784	1.48	17.04	10.51	0.33
250	TR = 25 Años	31.9	191.05	194.28	194.41	0.001917	1.69	20.62	11.47	0.35
250	TR = 50 Años	39.8	191.05	194.54	194.7	0.002004	1.86	23.79	12.25	0.36
250	TR = 100Años	49	191.05	194.82	195	0.002092	2.03	27.24	13.04	0.38
240	TR = 2 Años	13	190.96	193.47	193.49	0.000324	0.68	21.25	13.06	0.15
240	TR = 5 Años	18.4	190.96	193.75	193.78	0.000405	0.83	25.08	13.85	0.17
240	TR = 10 Años	23.5	190.96	193.99	194.03	0.000464	0.94	28.4	14.49	0.19
240	TR = 25 Años	31.9	190.96	194.32	194.38	0.00054	1.1	33.43	15.41	0.2
240	TR = 50 Años	39.8	190.96	194.6	194.67	0.000597	1.23	37.78	16.17	0.22
240	TR = 100Años	49	190.96	194.88	194.96	0.000655	1.36	42.44	16.95	0.23

Sección	Tr	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
230	TR = 2 Años	13	191.77	193.43	193.48	0.001177	1.05	13.64	11.08	0.27
230	TR = 5 Años	18.4	191.77	193.71	193.77	0.001281	1.22	16.8	11.82	0.29
230	TR = 10 Años	23.5	191.77	193.93	194.02	0.001357	1.36	19.58	12.76	0.31
230	TR = 25 Años	31.9	191.77	194.26	194.36	0.001426	1.54	23.98	14.12	0.32
230	TR = 50 Años	39.8	191.77	194.53	194.65	0.001459	1.68	27.95	15.27	0.33
230	TR = 100Años	49	191.77	194.81	194.94	0.001489	1.81	32.33	16.44	0.34
220	TR = 2 Años	13	191.59	193.34	193.46	0.002885	1.61	9.16	8.21	0.42
220	TR = 5 Años	18.4	191.59	193.59	193.75	0.003217	1.88	11.31	8.96	0.45
220	TR = 10 Años	23.5	191.59	193.8	193.98	0.003423	2.09	13.22	9.67	0.47
220	TR = 25 Años	31.9	191.59	194.1	194.33	0.003598	2.35	16.3	10.8	0.5
220	TR = 50 Años	39.8	191.59	194.35	194.61	0.003653	2.54	19.14	11.75	0.51
220	TR = 100Años	49	191.59	194.61	194.91	0.003694	2.73	22.3	12.72	0.52
210	TR = 2 Años	13	191.94	193.06	193.38	0.014842	2.59	5.41	7.13	0.87
210	TR = 5 Años	18.4	191.94	193.26	193.66	0.014678	2.94	6.85	7.62	0.9
210	TR = 10 Años	23.5	191.94	193.41	193.89	0.014919	3.23	8.04	8	0.92
210	TR = 25 Años	31.9	191.94	193.63	194.23	0.015063	3.62	9.88	8.55	0.96
210	TR = 50 Años	39.8	191.94	193.84	194.51	0.014533	3.88	11.68	9.15	0.96
210	TR = 100Años	49	191.94	194.07	194.8	0.013573	4.09	13.86	9.86	0.95
200	TR = 2 Años	13	191.81	193.08	193.25	0.005778	1.9	7.42	8.15	0.57
200	TR = 5 Años	18.4	191.81	193.29	193.52	0.006128	2.2	9.23	8.77	0.61
200	TR = 10 Años	23.5	191.81	193.46	193.74	0.006406	2.43	10.77	9.26	0.63
200	TR = 25 Años	31.9	191.81	193.72	194.06	0.006613	2.74	13.21	10.03	0.66
200	TR = 50 Años	39.8	191.81	193.93	194.32	0.006679	2.97	15.41	10.69	0.68
200	TR = 100Años	49	191.81	194.15	194.6	0.006708	3.2	17.86	11.38	0.69

Sección	Tr	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
190	TR = 2 Años	13	191.65	193.06	193.19	0.003988	1.61	8.8	9.64	0.48
190	TR = 5 Años	18.4	191.65	193.29	193.45	0.004139	1.84	11.06	10.47	0.5
190	TR = 10 Años	23.5	191.65	193.47	193.66	0.004229	2.02	13.04	11.15	0.52
190	TR = 25 Años	31.9	191.65	193.74	193.97	0.004227	2.25	16.2	12.16	0.53
190	TR = 50 Años	39.8	191.65	193.97	194.23	0.004169	2.42	19.08	13.01	0.54
190	TR = 100Años	49	191.65	194.21	194.5	0.004098	2.58	22.31	13.9	0.54
180	TR = 2 Años	13	191.76	192.97	193.13	0.006228	1.87	7.54	9	0.59
180	TR = 5 Años	18.4	191.76	193.18	193.39	0.006276	2.12	9.53	9.69	0.61
180	TR = 10 Años	23.5	191.76	193.35	193.6	0.006336	2.33	11.25	10.27	0.62
180	TR = 25 Años	31.9	191.76	193.61	193.91	0.006189	2.57	14.05	11.15	0.63
180	TR = 50 Años	39.8	191.76	193.84	194.17	0.005998	2.75	16.61	11.9	0.64
180	TR = 100Años	49	191.76	194.07	194.44	0.005817	2.92	19.47	12.68	0.64
170	TR = 2 Años	13	191.56	192.94	193.07	0.004541	1.68	8.24	8.82	0.5
170	TR = 5 Años	18.4	191.56	193.14	193.33	0.004951	1.96	10.15	9.53	0.54
170	TR = 10 Años	23.5	191.56	193.31	193.54	0.005241	2.18	11.8	10.1	0.57
170	TR = 25 Años	31.9	191.56	193.57	193.85	0.005363	2.45	14.53	10.97	0.59
170	TR = 50 Años	39.8	191.56	193.79	194.11	0.005355	2.64	17.02	11.72	0.6
170	TR = 100Años	49	191.56	194.02	194.38	0.005336	2.84	19.81	12.57	0.61
160	TR = 2 Años	13	191.68	192.81	193	0.008673	2.03	6.95	9.74	0.68
160	TR = 5 Años	18.4	191.68	193.05	193.26	0.007276	2.17	9.41	10.84	0.64
160	TR = 10 Años	23.5	191.68	193.25	193.48	0.006402	2.26	11.62	11.35	0.62
160	TR = 25 Años	31.9	191.68	193.53	193.79	0.005654	2.41	14.93	12.06	0.6
160	TR = 50 Años	39.8	191.68	193.76	194.05	0.005258	2.54	17.8	12.65	0.59
160	TR = 100Años	49	191.68	194	194.31	0.004982	2.68	20.93	13.26	0.59

Sección	Tr	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
150	TR = 2 Años	13	191.46	192.82	192.93	0.003402	1.48	9.57	10.76	0.44
150	TR = 5 Años	18.4	191.46	193.06	193.19	0.003337	1.67	12.28	11.78	0.45
150	TR = 10 Años	23.5	191.46	193.26	193.41	0.003266	1.8	14.7	12.58	0.46
150	TR = 25 Años	31.9	191.46	193.55	193.72	0.003163	1.98	18.42	13.42	0.46
150	TR = 50 Años	39.8	191.46	193.78	193.98	0.003098	2.12	21.68	14.11	0.46
150	TR = 100Años	49	191.46	194.03	194.25	0.003053	2.26	25.23	14.83	0.47
140	TR = 2 Años	13	191.59	192.68	192.86	0.01011	1.9	6.84	8.81	0.69
140	TR = 5 Años	18.4	191.59	192.92	193.13	0.008817	2.03	9.06	9.6	0.66
140	TR = 10 Años	23.5	191.59	193.12	193.35	0.007954	2.15	11	10.19	0.64
140	TR = 25 Años	31.9	191.59	193.39	193.66	0.007224	2.33	13.91	11.17	0.63
140	TR = 50 Años	39.8	191.59	193.62	193.92	0.00665	2.47	16.58	12.32	0.62
140	TR = 100Años	49	191.59	193.86	194.19	0.006166	2.61	19.67	13.46	0.61
130	TR = 2 Años	13	191.39	192.61	192.78	0.006532	1.81	7.53	8.97	0.59
130	TR = 5 Años	18.4	191.39	192.86	193.06	0.005813	1.99	9.83	9.57	0.58
130	TR = 10 Años	23.5	191.39	193.06	193.28	0.005539	2.15	11.75	10.01	0.58
130	TR = 25 Años	31.9	191.39	193.33	193.6	0.005415	2.39	14.54	10.59	0.59
130	TR = 50 Años	39.8	191.39	193.55	193.86	0.005421	2.6	16.89	11.06	0.6
130	TR = 100Años	49	191.39	193.76	194.13	0.005542	2.82	19.34	11.62	0.62
120	TR = 2 Años	13	190.5	192.68	192.72	0.00092	0.92	15	12.14	0.23
120	TR = 5 Años	18.4	190.5	192.94	192.99	0.001052	1.09	18.27	13.23	0.26
120	TR = 10 Años	23.5	190.5	193.14	193.21	0.001147	1.22	21.1	14.11	0.27
120	TR = 25 Años	31.9	190.5	193.43	193.52	0.001276	1.41	25.36	15.55	0.3
120	TR = 50 Años	39.8	190.5	193.67	193.78	0.001368	1.55	29.15	16.88	0.31
120	TR = 100Años	49	190.5	193.91	194.03	0.001451	1.7	33.36	18.25	0.32

Sección	Tr	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
110	TR = 2 Años	13	190.68	192.67	192.71	0.000768	0.84	16.17	12.67	0.22
110	TR = 5 Años	18.4	190.68	192.93	192.98	0.000884	1	19.57	13.66	0.24
110	TR = 10 Años	23.5	190.68	193.14	193.2	0.00097	1.13	22.47	14.46	0.26
110	TR = 25 Años	31.9	190.68	193.43	193.51	0.001086	1.31	26.8	15.58	0.28
110	TR = 50 Años	39.8	190.68	193.66	193.76	0.001174	1.45	30.57	16.67	0.29
110	TR = 100Años	49	190.68	193.9	194.02	0.001257	1.6	34.68	17.78	0.31
100	TR = 2 Años	13	191.33	192.66	192.7	0.001382	0.9	15.17	16.11	0.28
100	TR = 5 Años	18.4	191.33	192.92	192.97	0.001277	1.01	19.52	17.03	0.28
100	TR = 10 Años	23.5	191.33	193.13	193.19	0.00124	1.09	23.16	17.77	0.28
100	TR = 25 Años	31.9	191.33	193.42	193.49	0.001223	1.22	28.51	18.8	0.29
100	TR = 50 Años	39.8	191.33	193.66	193.74	0.001225	1.32	33.07	19.64	0.29
100	TR = 100 Años	49	191.33	193.9	194.00	0.001237	1.43	37.93	20.43	0.3
90	TR = 2 Años	13	190.8	192.64	192.69	0.001017	0.94	14.56	11.64	0.25
90	TR = 5 Años	18.4	190.8	192.9	192.96	0.001159	1.11	17.61	12.48	0.27
90	TR = 10 Años	23.5	190.8	193.1	193.17	0.001271	1.26	20.18	13.16	0.29
90	TR = 25 Años	31.9	190.8	193.38	193.48	0.001425	1.46	23.98	14.1	0.31
90	TR = 50 Años	39.8	190.8	193.6	193.72	0.001551	1.62	27.25	15.08	0.33
90	TR = 100 Años	49	190.8	193.83	193.98	0.001676	1.79	30.83	16.2	0.35
80	TR = 2 Años	13	190.85	192.65	192.67	0.000463	0.68	21.24	18.2	0.17
80	TR = 5 Años	18.4	190.85	192.91	192.94	0.000518	0.79	26.09	19.27	0.19
80	TR = 10 Años	23.5	190.85	193.12	193.15	0.00056	0.88	30.16	20.11	0.2
80	TR = 25 Años	31.9	190.85	193.41	193.45	0.000616	1.01	36.13	21.3	0.21
80	TR = 50 Años	39.8	190.85	193.64	193.69	0.000659	1.11	41.21	22.26	0.22
80	TR = 100 Años	49	190.85	193.88	193.94	0.000703	1.22	46.64	23.24	0.23

Sección	Tr	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
70	TR = 2 Años	13	190.6	192.64	192.67	0.000588	0.76	17.86	12.92	0.19
70	TR = 5 Años	18.4	190.6	192.89	192.93	0.000705	0.92	21.21	13.64	0.22
70	TR = 10 Años	23.5	190.6	193.09	193.14	0.000799	1.05	23.99	14.21	0.23
70	TR = 25 Años	31.9	190.6	193.37	193.44	0.000935	1.24	28.03	15	0.26
70	TR = 50 Años	39.8	190.6	193.59	193.68	0.001045	1.39	31.43	15.64	0.28
70	TR = 100Años	49	190.6	193.82	193.93	0.00116	1.55	35.03	16.28	0.3
60	TR = 2 Años	13	191.03	192.61	192.66	0.001197	0.98	14.44	13.29	0.27
60	TR = 5 Años	18.4	191.03	192.86	192.92	0.001285	1.14	17.87	14.24	0.29
60	TR = 10 Años	23.5	191.03	193.06	193.13	0.001357	1.26	20.76	15	0.3
60	TR = 25 Años	31.9	191.03	193.34	193.43	0.001462	1.44	25.03	16.05	0.32
60	TR = 50 Años	39.8	191.03	193.56	193.67	0.001545	1.58	28.68	16.9	0.33
60	TR = 100Años	49	191.03	193.78	193.91	0.00163	1.73	32.6	17.78	0.35
50	TR = 2 Años	13	191.15	192.48	192.63	0.005357	1.77	8.24	10.52	0.54
50	TR = 5 Años	18.4	191.15	192.72	192.89	0.004894	1.94	10.95	12.08	0.54
50	TR = 10 Años	23.5	191.15	192.92	193.1	0.004574	2.05	13.42	13.24	0.53
50	TR = 25 Años	31.9	191.15	193.19	193.39	0.004177	2.19	17.2	14.29	0.52
50	TR = 50 Años	39.8	191.15	193.41	193.63	0.004009	2.32	20.41	15.13	0.52
50	TR = 100Años	49	191.15	193.63	193.88	0.003919	2.46	23.85	15.97	0.53
40	TR = 2 Años	13	191.29	192.5	192.57	0.002348	1.18	11.6	12.37	0.36
40	TR = 5 Años	18.4	191.29	192.75	192.83	0.00228	1.34	14.73	13.14	0.37
40	TR = 10 Años	23.5	191.29	192.94	193.04	0.002277	1.46	17.36	13.84	0.38
40	TR = 25 Años	31.9	191.29	193.21	193.34	0.002371	1.67	21.36	16.71	0.4
40	TR = 50 Años	39.8	191.29	193.43	193.58	0.002383	1.8	25.43	20.2	0.41
40	TR = 100Años	49	191.29	193.66	193.82	0.002327	1.92	30.38	23.04	0.41

Sección	Tr	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
30	TR = 2 Años	13	191.04	192.5	192.55	0.001316	0.96	14.33	13.71	0.28
30	TR = 5 Años	18.4	191.04	192.75	192.81	0.001359	1.1	17.81	14.26	0.29
30	TR = 10 Años	23.5	191.04	192.95	193.02	0.00141	1.22	20.64	14.5	0.3
30	TR = 25 Años	31.9	191.04	193.22	193.31	0.001509	1.4	24.66	14.85	0.32
30	TR = 50 Años	39.8	191.04	193.44	193.55	0.001607	1.55	27.92	15.12	0.34
30	TR = 100Años	49	191.04	193.66	193.8	0.001723	1.71	31.3	15.4	0.35
20	TR = 2 Años	13	190.58	192.48	192.53	0.001135	0.99	13.64	10.6	0.26
20	TR = 5 Años	18.4	190.58	192.72	192.79	0.001344	1.19	16.22	11.06	0.29
20	TR = 10 Años	23.5	190.58	192.91	193	0.001519	1.36	18.33	11.43	0.32
20	TR = 25 Años	31.9	190.58	193.17	193.29	0.00178	1.6	21.34	11.93	0.35
20	TR = 50 Años	39.8	190.58	193.37	193.53	0.002008	1.81	23.8	12.33	0.38
20	TR = 100Años	49	190.58	193.57	193.77	0.002263	2.03	26.35	12.8	0.41
10	TR = 2 Años	13	190.96	192.42	192.51	0.002893	1.36	10.19	10.8	0.4
10	TR = 5 Años	18.4	190.96	192.65	192.77	0.002999	1.57	12.82	12.06	0.42
10	TR = 10 Años	23.5	190.96	192.84	192.98	0.003086	1.73	15.14	13.17	0.44
10	TR = 25 Años	31.9	190.96	193.1	193.26	0.003177	1.94	18.74	14.73	0.46
10	TR = 50 Años	39.8	190.96	193.31	193.5	0.003229	2.1	21.96	15.99	0.47
10	TR = 100Años	49	190.96	193.52	193.74	0.003321	2.27	25.52	17.66	0.48
0	TR = 2 Años	13	190.98	192.37	192.48	0.003794	1.62	9.28	10.8	0.47
0	TR = 5 Años	18.4	190.98	192.6	192.73	0.003801	1.82	11.92	12.04	0.48
0	TR = 10 Años	23.5	190.98	192.78	192.94	0.003804	1.97	14.24	13.03	0.49
0	TR = 25 Años	31.9	190.98	193.04	193.23	0.003801	2.17	17.81	14.39	0.5
0	TR = 50 Años	39.8	190.98	193.25	193.46	0.0038	2.33	20.96	15.49	0.51
0	TR = 100Años	49	190.98	193.47	193.7	0.003803	2.49	24.43	16.58	0.52

Fuente: elaboración propia

Una vez obtenido los dotas del modelo matemático Hec-Ras versión 5.0.4 lo que es cota de agua, pendiente, velocidad del flujo para sección, áreas, ancho del rio, y los números de fraude son menores a uno haciendo al canal un flujo subcritico.

4.2.17 Aforos en el arroyo Bahía

Se realizaron aforos durante un año hidrológico para conocer cómo se comporta el canal y cuáles son sus caudales que pasan por el punto de control de una sección dada se calculó el caudal con los dos métodos.

Método molinete y flotador a continuación en las tablas 4-32, 4-33 se mostrara el resumen por mes de los aforos de los caudales medios, máximos y mínimos, en el arroyo Bahía.

Tabla 4-32 Caudales medios mensuales

MES	Q (m3/seg)	Q (lts/seg)
Enero	12.49	12490
Febrero	12.38	12380
Marzo	9.53	9530
Abril	3	3000
Mayo	2.14	2140
Junio	1.24	1240
Julio	1.17	1170
Agosto	0.94	940
Septiembre	1.07	1070
Octubre	0.88	880
Noviembre	1.44	1440
Diciembre	11.29	11290

Tabla 4-33 caudales máximos y mínimos mensuales

MES	Máximas (m3/seg)	Mínimas (m3/seg)
Enero	16.992	6.203
Febrero	16.539	6.697
Marzo	16.275	3.216
Abril	9.293	2.31
Mayo	5.436	1.442
Junio	1.571	1.089
Julio	1.27	1.12
Agosto	1.22	0.68
Septiembre	1.77	0.71
Octubre	1.177	0.47
Noviembre	5.37	0.74
Diciembre	16.484	5.203

Fuente Elaboración propia

Una vez aforado durante un, el arroyo Bahía como resultado obtuvimos los caudales diarios, los resúmenes mensuales promedios, máximos y mínimos, en este parte procederemos a resolver una análisis probabilístico de la demanda de agua para la población de cobija de las dos zonas A y B ya que la zona C cuenta con una planta de tratamiento de agua potable solo para la zona

Y para este proyecto de 24 horas agua potable para la ciudad de cobija que contempla 42 barrios de la ciudad de Cobija. Usaremos el caudal más crítico de los 12 meses aforado cual fue el mes de octubre con un caudal de 0.47 m³/seg lo que sería 470 litros de agua. Con tres métodos de la norma de agua potable 689.

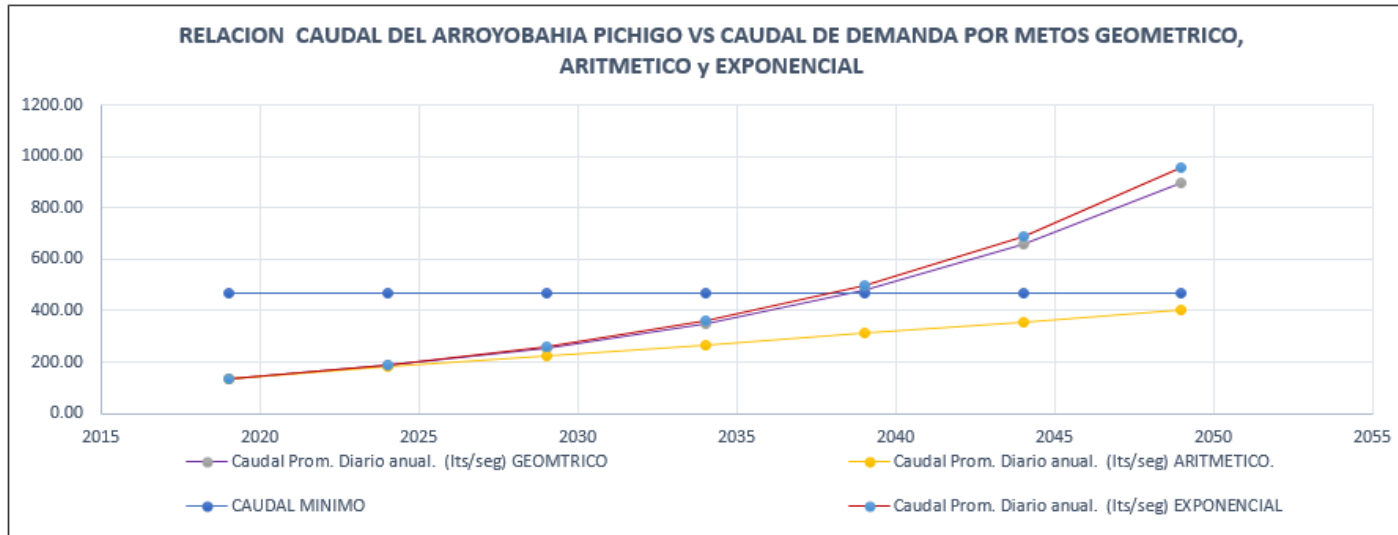
Una vez terminado el análisis de probabilidad de demanda del consumo de agua, nos da una alerta que el año 2034 año ya no tendremos agua, para la población cobijeña, como es un análisis de probabilidad las empresas correspondiente deberán hacer estudios, correspondiente dar más interés a la fuente del abastecimiento de agua potable para población. Ver tabla 4-34

Tabla 4-34 Análisis de probabilidad del consumo de agua

ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO

<i>Poblacion inicial</i>	58750	<i>hab</i>
<i>periodo</i>	50	<i>años</i>
<i>indice de crecimiento</i>	6.5	<i>%</i>
<i>dotacion.</i>	200	<i>l/dia/hab</i>
<i>caudal Critico aforo</i>	470	<i>l/s</i>

Años	METODO ARITMETICO	METODO GEOMETRICO	METODO EXPONENCIAL	Caudal Prom. Diario anual. (lts/seg) ARITMETICO.	Caudal Prom. Diario anual. (lts/seg) GEOMTRICO.	Caudal Prom. Diario anual. (lts/seg) EXPONENCIAL	CAUDAL MINIMO
2019	58750	58750	58750	135.995	135.995	135.995	470
2024	77844	80493	81312	180.194	186.325	188.222	470
2029	96938	110282	112538	224.392	255.282	260.505	470
2034	116031	151096	155756	268.591	349.758	360.546	470
2039	135125	207014	215571	312.789	479.199	499.007	470
2044	154219	283627	298357	356.988	656.545	690.641	470
2049	173313	388594	412935	401.186	899.523	955.869	470



Fuente Elaboración propia

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Para la presente tesis, se hizo la recopilación de información actualizada, para la realización de estudios geospaciales dentro del municipio de Cobija, en formato “sig.”, para el uso de sistemas de información geográfica. tal como se ha expuesto en este caso de investigación, usando los modelos matemáticos ArcGIS, HEC-HMS los cuales son los sistemas más demandado en investigaciones de hidrología, para ello se realizó una serie de procesos lo cual con lleva a las siguientes conclusiones:

1. Analizando Los datos de las precipitaciones diarias de las estaciones AASANA SENNAMHI, y del vecino país BRASIL, como solo son tres estaciones fijas optamos para usar dos estaciones virtuales, luego aplicando la consistencia de datos de precipitación con el método de la curva doble masa y con respectivos respaldos, llegamos a la conclusión que se puede utilizar las virtuales siempre y cuando sean uniforme o homogéneas a las estaciones fijas que tenemos en la zona de estudios o cercanas a ellas en este caso son uniformé por la cual optamos a usar las virtuales para afines de esta tesis.
2. Uno de los principales aportes de esta tesis de investigación, es la creación de las curvas “IDF” y sus respectivos Hietogramas de diseño para distintos eventos de frecuencia combinada con cuatro estaciones aplicando la metodología de los polígonos de Thiessen con una probabilidad aceptable, en la cual se podrá procesar diversos estudios tanto hidrológicos como hidráulicos dentro de los municipios de Cobija y porvenir.
3. Por lo tanto, se trata de una metodología que mejora la calidad de los diseños hidrológicos que se realizan hoy en día en nuestro municipio de Cobija, como insumo

para los diferentes estudios, se emplea el modelo de elevación digital del terreno disponible de forma gratuita con imágenes satelitales en todo Bolivia con una calidad de 12.5 m x 12.5 m de resolución, en la página Web de la “USGS”. Por lo tanto, no hay excusa para que el hidrólogo o el investigador no hagan uso de esta información.

4. Los parámetros geomorfológicos obtenidos para la cuenca del arroyo Bahía, como principal caracterización fue la delimitación de la cuenca en mención. Esta delimitación se obtuvo a partir de un DEM proporcionado por el satélite de la NASA “USGS”, obteniendo una superficie total de 140.31 Km², un perímetro de 88.60 Km la cuenca presenta un índice de compacidad de 2.11, lo que significa que tiene forma irregular oblonga y en épocas normales no sufriría inundaciones por tener un “Kc” que se aleja de la unidad, clasificándose de esta manera la cuenca Bahía – Pichigo como una cuenca pequeña.
5. Para el modelamiento hidrológico se aplicó la metodología de precipitación a escorrentía ingresando los parámetros hidrológicos solicitados por el software HEC-HMS y aplicando el modelo del SCS se obtuvo hidrogramas de diseño para un periodo de retorno de 10 años los caudales se encuentran en el orden de los 23.50 m³/s, 31.90 m³/s para un periodo de retorno de 25 años, 39.80 m³/s para un periodo de retorno de 50 años, 49 m³/s para un periodo de retorno de 100 años y finalmente 76.90 m³/s para un periodo de retorno de 500 años, caudales que se usó una metodología en la parte hidráulica que se adecue según la simulación obteniendo con caudales más adecuados y aceptables con los caudales hechos en campo.
6. Otros de los parámetros de suma importancia fue la elección del coeficiente de rugosidad. Para la presente tesis se optó, a partir de tablas de valores de coeficiente de Manning (ver tabla 2-6). Como valores de coeficiente de rugosidad de 0.043 para el canal principal y 0.040 para las planicies derecha e izquierda. Siendo esto los valores conservados para fines de la presente tesis.

7. Se realizó el modelo hidráulico en base a la topografía del terreno 460.14. Metros eje central del arroyo Bahía-Pichigo, generando secciones cada 10 metros con Hec-Ras, como resultado obtuvimos, velocidad, profundidad, pendiente, cota de agua, anchó de sección, áreas y los números de froude. Para caudal de diseño más aproximado a la realidad. Para así obtener una buena simulación del canal. Para periodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50 y 100, años respectivamente.

5.2 Recomendaciones

1. A las instituciones públicas y privadas se recomienda validar procesos metodológicos e implementar sistemas de monitoreo hidrológico dando prioridad a las zonas rurales y urbanas ya que con un buen diagnóstico de registros hidrológicos de precipitación se podrán hacer diversos estudios más a detalles y exactos dentro del municipio de Cobija, de otro lado se recomienda dar utilidad a la información de la presente investigación con fines de planificación y desarrollo económico.
2. Es necesario implementar estaciones hidrométricas como por ejemplo limnigrafos, para que represente en buena medida el comportamiento de la cuenca Bahía-Pichigo ante diversas condiciones, y no estar realizando la correlación de áreas o métodos teóricos, ya que si se tiene un punto de aforo con un monitoreo automatizado en el lugar de estudio los resultados serían de mayor aceptación y mucho más exactas.
3. Se recomienda realizar investigaciones similares en los puntos de desfogues de las subcuencas, que forman la cuenca Bahía-Pichigo, para de esta manera poder regionalizar y determinar el caudal que aporta cada subcuenca obteniendo así un monitoreo de datos reales dentro de la cuenca.
4. Se recomienda realizar investigaciones más detalladas acerca del número de curva, tanto espacial como temporal, por ser un parámetro muy sensible en el cálculo de caudales con el HEC HMS.

5. Se debe contar con una serie histórica de caudales Hidrométricos actualizados en el punto de estudio para que represente en buena medida el comportamiento de la cuenca ante diversas condiciones.
6. La cuenca del arroyo Bahia es una cuenca de 140.31 Km² considerada como una de las cuencas más importantes del municipio de Cobija, para este tipo de cuencas debe existir mayor número de estaciones meteorológicas activas y en buenas condiciones, ya que si seguimos el ejemplo europeo la densidad de estaciones es de 2 estaciones por 50 km² lo cual estamos bastante lejos de llegar.
7. Para el análisis de frecuencia es bueno tomar una cantidad mínima de años para la simulación en este caso se tomó 20 años de datos de Precipitación Max en 24 horas
8. Es conveniente usar un hidrograma unitario propio del Bolivia, considerando sus características tanto superficiales, como sub-superficiales, como se hizo en el caso las distintas cuencas americanas (SCS)
9. Para datos de curvas de nivel, se recomienda utilizar un DEM de mayor resolución tomadas a partir de un levantamiento topográfico por drones especializados en topografía y en su defecto realizar una batimetría a detalle dentro del arroyo Bahia u otros.

CAPÍTULO VI

5.3 Bibliografías

- Agustin, A., (2009). Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología.
- Ven Te Chow, (1994). Hidrología aplicada editorial McGRAW-HILL Interamerica.
- Chow, V.T, Saldarriaga, J. G., (1994) Hidráulica de los Canal abiertos
- M.C Guillermo Benjamín Pérez Morales, Ingeniería de ríos
- Fattorelli. S, & Fernández P. (2011), Diseño Hidrológico
- Sergeotecmin, (2005). *Estudio hidrológico geofísico de la ciudad de cobija.*
- Bateman, A. (2007), *Hidrología básica y aplicada*
- Ricardo, A. (2006), *Diagnóstico ambiental de la cuenca del arroyo bahía.*
- Ing. Lopez, J, C, (2014) *Simulación hidráulica de inundación en la zona urbana de la cuenca baja del rio higueros – huanuco.*
- Yanez, F. (1993). Lagunas de estabilización: teoría, diseño, evaluación y mantenimiento. Ecuador: Agua potable y Alcantarillado de Cuenca.

Bibliografías consultadas en internet.

- SENHAMI-2018
[http://www.senamhi.gov.bo/archivos/INFORME%20METEOROLOGICO.](http://www.senamhi.gov.bo/archivos/INFORME%20METEOROLOGICO)
- AGRITEMPO
<http://www.agritempo.gov.br/>
- GIOVANNI DATA.HEARDATA
[https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/?](https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/)

6. Anexos

Anexo A. “Desarrollo del modelamiento Hidrológico con el software HEC-HMS e Hidráulico para la cuenca del arroyo Bahía – Pichigo”.

Estaciones Anual

REGISTRO HISTORICOS DE PRECIPITACION MENSUALES 20 AÑOS (mm)

Estacion:	AASANA	Latitud:	-11.0414186	X	523963.948
Dpto:	Pando -cobija	Longitud:	-68.7802598	Y	8779609.964
Provincia:	Nicolas suare	Altitud:	234	ALTURA	234

N°	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junnio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1	1999	326.00	231.40	235.10	166.40	215.90	131.50	59.00	0.00	86.40	63.90	207.70	306.80	2030.10
2	2000	172.80	116.90	216.50	83.40	53.20	46.80	76.70	46.60	74.80	234.20	356.30	165.80	1644.00
3	2001	324.30	210.40	501.80	156.10	113.60	68.40	10.40	27.80	112.50	254.00	337.40	237.60	2354.30
4	2002	273.80	316.40	194.80	299.30	87.90	6.33	20.74	12.80	24.80	200.80	109.60	272.60	1819.87
5	2003	397.70	416.20	195.00	135.50	78.50	4.50	0.80	30.90	102.60	227.70	186.10	142.30	1917.80
6	2004	253.30	354.10	173.70	62.60	50.00	84.20	43.80	47.20	51.20	226.40	241.60	222.70	1810.80
7	2005	215.80	319.10	102.10	105.80	19.00	1.20	1.30	20.20	85.20	176.50	295.40	248.60	1590.20
8	2006	331.90	459.20	133.10	153.20	37.20	60.30	27.60	40.40	56.70	156.70	161.10	264.50	1881.90
9	2007	143.70	243.50	217.90	158.00	113.30	3.00	11.60	1.10	99.30	193.00	222.80	235.80	1643.00
10	2008	279.10	385.10	156.80	221.20	10.90	4.10	24.00	84.62	54.90	256.30	164.59	348.90	1990.51
11	2009	151.50	407.70	579.80	403.20	346.30	63.70	51.50	64.40	93.50	155.90	389.80	792.47	3499.77
12	2010	643.60	519.80	346.70	234.20	82.80	0.60	22.30	36.80	58.80	170.60	219.80	228.50	2564.50
13	2011	235.60	215.80	395.50	207.00	110.40	4.70	0.40	8.20	77.00	107.32	112.10	236.20	1710.22
14	2012	273.50	270.30	226.19	177.94	82.40	46.40	20.50	17.20	157.24	239.70	212.23	219.00	1942.60
15	2013	198.07	219.40	214.41	59.90	85.50	107.00	34.80	62.00	52.60	139.80	162.10	99.10	1434.68
16	2014	442.37	357.40	381.68	150.52	137.88	61.48	11.74	76.36	137.93	223.19	259.82	214.56	2454.91
17	2015	441.07	360.26	258.35	257.72	248.13	71.29	40.55	93.03	36.96	118.92	145.62	175.00	2246.91
18	2016	341.94	410.90	248.25	96.96	60.80	8.34	42.87	110.13	184.11	258.09	196.40	103.72	2062.51
19	2017	196.40	290.70	303.60	183.40	32.90	0.30	10.30	73.00	39.10	146.60	171.30	310.30	1757.90
20	2018	271.00	338.63	190.81	162.36	75.32	21.72	63.98	84.39	102.96	170.66	268.37	223.68	1973.88
Media		295.67	322.16	263.60	173.74	102.10	39.79	28.74	46.86	84.43	186.01	221.01	252.41	2016.52
Maxima		643.60	519.80	579.80	403.20	346.30	131.50	76.70	110.13	184.11	258.09	389.80	792.47	3499.77
Minima		143.70	116.90	102.10	59.90	10.90	0.30	0.40	0.00	24.80	63.90	109.60	99.10	1434.68

Fuente: Elaboración propia

REGISTRO HISTORICOS DE PRECIPITACION MENSUALES 20 AÑOS (mm)

Estacion: TRMM.4742 (9005742)

Latitud: -10.999616

X

527242.907

Estado: acre (brail)

Longitud: -68.750624

Y

8784051.713

MUNICIPIO: Brasileia

Altitud: 200

ALTURA

200

N°	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junnio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1	1999	330.89	251.37	238.39	139.29	194.75	105.26	34.67	6.52	94.54	89.29	212.68	321.25	2018.90
2	2000	201.03	170.01	151.56	74.61	93.18	62.97	109.62	61.41	19.86	209.73	303.63	127.77	1585.38
3	2001	361.05	297.81	320.85	164.25	52.77	19.23	33.51	3.57	132.63	232.83	307.23	387.54	2313.27
4	2002	283.05	352.80	227.79	144.63	108.33	28.20	80.22	28.35	48.45	178.89	157.17	293.13	1931.01
5	2003	441.36	374.07	188.55	126.63	62.52	28.35	4.83	69.39	165.63	148.62	175.86	156.27	1942.08
6	2004	397.20	329.52	245.43	92.31	10.38	74.34	62.61	128.10	85.20	225.60	320.22	238.11	2209.02
7	2005	287.31	239.97	153.57	135.18	60.00	5.13	29.22	5.31	30.54	242.34	317.10	201.84	1707.51
8	2006	243.54	403.02	213.51	190.23	42.42	23.67	21.90	95.52	89.70	183.00	351.60	321.06	2179.17
9	2007	210.96	316.56	204.60	111.00	229.44	3.18	82.47	1.86	70.68	168.51	389.01	232.05	2020.32
10	2008	287.04	245.58	287.16	235.56	45.15	17.85	20.85	35.61	71.46	158.76	196.98	257.19	1859.19
11	2009	259.17	236.22	326.85	503.64	268.62	59.37	30.60	76.47	59.64	158.04	252.75	241.77	2473.14
12	2010	462.48	360.15	200.61	261.03	78.72	2.34	11.91	34.26	89.10	149.79	265.95	186.06	2102.40
13	2011	233.22	211.44	302.46	270.15	152.19	47.34	1.20	12.72	103.50	156.51	252.96	231.06	1974.75
14	2012	369.30	412.20	210.60	190.92	74.94	27.78	18.78	32.55	86.04	256.11	293.88	217.44	2190.54
15	2013	334.14	220.38	359.76	83.49	80.40	79.17	30.30	84.30	32.70	151.86	292.89	183.09	1932.48
16	2014	353.43	372.03	312.42	184.50	133.59	28.17	3.21	63.78	92.73	101.67	359.13	232.89	2237.55
17	2015	496.20	329.58	274.44	244.47	186.93	20.22	106.98	102.00	57.57	126.15	285.39	223.08	2453.01
18	2016	293.43	336.06	241.68	141.48	26.97	11.61	9.36	95.79	127.80	220.70	279.70	116.50	1901.08
19	2017	107.10	158.60	206.40	271.90	40.90	10.00	0.00	66.20	84.40	88.30	116.00	233.90	1383.70
20	2018	213.32	134.45	99.84	114.13	82.25	56.47	67.24	182.38	70.52	133.50	199.04	71.77	1424.91
	Media	308.26	287.59	238.32	183.97	101.22	35.53	37.97	59.30	80.63	169.01	266.46	223.69	1991.97
	Maxima	496.20	412.20	359.76	503.64	268.62	105.26	109.62	182.38	165.63	256.11	389.01	387.54	2473.14
	Minima	107.10	134.45	99.84	74.61	10.38	2.34	0.00	1.86	19.86	88.30	116.00	71.77	1383.70

Fuente: Elaboración propia

REGISTRO HISTORICOS DE PRECIPITACION MENSUALES 20 AÑOS (mm)

Estacion: TRMM.4743 (9005743) **Latitud:** -11.02019 **X** 529475.359
Estado: acre (brail) **Longitud:** -68.73017 **Y** 8781765.1
MUNICIPIO: Epitaciolandia (brasil) **Altitud:** 215 **ALTURA** 215

N°	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1	1999	323.81	242.89	239.89	145.34	197.37	113.18	41.70	4.90	93.54	79.25	211.91	313.58	2007.34
2	2000	196.50	153.60	213.90	79.65	56.94	51.45	90.87	55.62	19.86	209.73	303.63	127.77	1559.52
3	2001	423.03	295.59	316.65	158.22	36.15	26.28	20.40	6.30	99.03	232.11	321.36	334.98	2270.10
4	2002	221.79	287.52	217.59	196.83	86.16	17.04	66.09	72.60	41.91	185.37	163.02	203.01	1758.93
5	2003	365.25	391.29	237.60	135.90	121.14	15.66	0.00	55.02	140.91	164.13	182.04	173.94	1982.88
6	2004	388.56	344.73	224.73	138.06	19.98	54.66	77.88	72.06	66.90	220.65	280.59	179.13	2067.93
7	2005	260.88	272.73	227.22	159.84	44.37	2.82	20.70	9.48	48.12	148.77	334.53	182.55	1712.01
8	2006	331.14	433.86	203.04	168.81	34.44	22.47	25.59	73.95	99.90	209.10	329.58	325.71	2257.59
9	2007	201.69	310.86	222.48	194.22	236.19	0.00	95.28	0.00	93.54	155.85	406.05	338.67	2254.83
10	2008	259.35	218.52	256.23	169.26	37.05	3.99	20.46	16.20	75.42	179.79	202.47	245.76	1684.50
11	2009	386.85	248.19	394.14	534.27	262.50	68.43	28.68	130.65	49.44	151.95	222.57	253.56	2731.23
12	2010	436.41	318.84	215.79	243.24	126.72	9.81	14.10	19.53	70.41	103.71	236.94	170.07	1965.57
13	2011	211.56	177.48	263.79	301.05	177.15	21.66	3.39	12.48	79.38	148.50	236.88	194.37	1827.69
14	2012	441.81	479.34	149.79	232.14	86.58	36.81	17.82	56.55	102.84	290.43	361.59	238.68	2494.38
15	2013	308.94	231.33	429.54	82.17	104.61	109.50	17.64	50.16	42.09	161.31	330.12	153.66	2021.07
16	2014	340.95	345.69	340.44	193.65	135.54	24.06	4.02	63.03	75.90	121.86	286.53	201.75	2133.42
17	2015	404.22	386.22	253.53	270.24	176.88	4.77	113.67	53.94	26.88	232.32	246.12	150.48	2319.27
18	2016	305.16	272.94	246.12	179.55	44.25	14.76	6.15	110.88	150.10	380.10	237.90	132.20	2080.11
19	2017	128.60	295.00	275.80	216.70	23.60	33.60	0.00	53.80	60.10	109.70	141.00	258.65	1596.55
20	2018	258.79	142.80	134.30	98.34	50.99	41.23	46.18	197.26	86.70	124.91	273.41	112.69	1567.60
	Media	309.76	292.47	253.13	194.87	102.93	33.61	35.53	55.72	76.15	180.48	265.41	214.56	2014.63
	Maxima	441.81	479.34	429.54	534.27	262.50	113.18	113.67	197.26	150.10	380.10	406.05	338.67	2731.23
	Minima	128.60	142.80	134.30	79.65	19.98	0.00	0.00	0.00	19.86	79.25	141.00	112.69	1559.52

Fuente: Elaboración propia

REGISTRO HISTORICOS DE PRECIPITACION MENSUALES 20 AÑOS (mm)

Estacion: NASSA SATELITE GEOVANI FLORESTA **Latitud:** -11.166187 **X** 519893.527
Dpto: Pando - cobija **Longitud:** -68.817795 **Y** 8765638.966
Provincia: Nicolas suare **Altitud:** 261 **ALTURA** 261

N°	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junnio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1	1999	363.60	240.76	218.04	114.83	217.84	83.79	35.10	1.17	131.62	103.96	256.95	321.38	2089.04
2	2000	250.33	136.25	205.85	81.00	39.00	50.02	70.82	87.02	51.21	257.47	313.73	148.33	1691.03
3	2001	339.21	194.56	385.41	139.52	73.89	44.09	27.88	19.92	74.03	219.54	315.42	246.04	2079.51
4	2002	287.48	321.62	199.63	243.59	121.95	8.49	13.75	25.36	33.36	156.26	136.67	284.02	1832.18
5	2003	376.39	360.77	213.71	111.35	49.33	29.73	0.95	31.77	122.99	181.16	119.52	155.34	1753.01
6	2004	220.84	367.83	169.44	106.14	34.43	44.76	41.88	42.84	49.73	242.38	255.60	180.96	1756.83
7	2005	201.06	304.08	112.93	116.47	41.91	12.11	6.77	15.83	77.60	193.38	226.57	250.64	1559.35
8	2006	293.27	369.74	265.86	174.66	28.44	46.33	23.84	43.10	58.50	121.24	201.69	243.63	1870.30
9	2007	189.67	240.17	217.43	157.69	115.45	15.37	46.20	3.31	94.04	168.45	284.58	188.35	1720.71
10	2008	296.27	321.83	209.84	129.74	40.29	15.49	18.64	59.56	38.71	260.30	166.05	256.40	1813.12
11	2009	183.61	324.65	411.96	459.06	195.06	63.28	56.69	70.99	109.01	140.01	290.00	499.98	2804.30
12	2010	550.56	310.14	314.85	181.03	58.38	0.00	26.51	47.33	69.63	99.01	293.35	184.23	2135.02
13	2011	261.83	193.38	299.55	222.61	90.06	18.12	4.74	25.48	87.26	194.52	167.94	205.43	1770.92
14	2012	270.24	278.37	188.81	228.65	70.36	49.41	28.50	53.12	168.44	171.89	233.03	213.73	1954.55
15	2013	221.01	248.63	303.92	68.95	79.89	86.87	30.12	54.37	67.80	198.76	168.87	144.61	1673.80
16	2014	402.96	374.15	310.50	155.57	120.43	24.21	7.29	54.28	134.58	143.22	267.29	232.35	2226.83
17	2015	372.77	315.90	208.55	209.89	170.94	28.50	38.05	144.45	37.26	110.16	194.55	256.82	2087.84
18	2016	290.64	352.48	195.11	147.56	34.51	7.57	6.57	80.68	128.16	196.49	180.97	213.22	1833.96
19	2017	234.05	274.32	311.56	195.48	39.51	8.86	8.28	65.04	83.42	143.33	206.72	354.57	1925.14
20	2018	280.59	296.88	196.75	167.94	57.76	33.97	33.84	100.29	76.76	180.94	262.49	153.76	1841.97
Media		294.32	291.33	246.99	170.59	83.97	33.55	26.32	51.30	84.71	174.12	227.10	236.69	1920.97
Maxima		550.56	374.15	411.96	459.06	217.84	86.87	70.82	144.45	168.44	260.30	315.42	499.98	2804.30
Minima		183.61	136.25	112.93	68.95	28.44	0.00	0.95	1.17	33.36	99.01	119.52	144.61	1559.35

Fuente: Elaboración propia

REGISTRO HISTORICOS DE PRECIPITACION MENSUALES 20 AÑOS (mm)

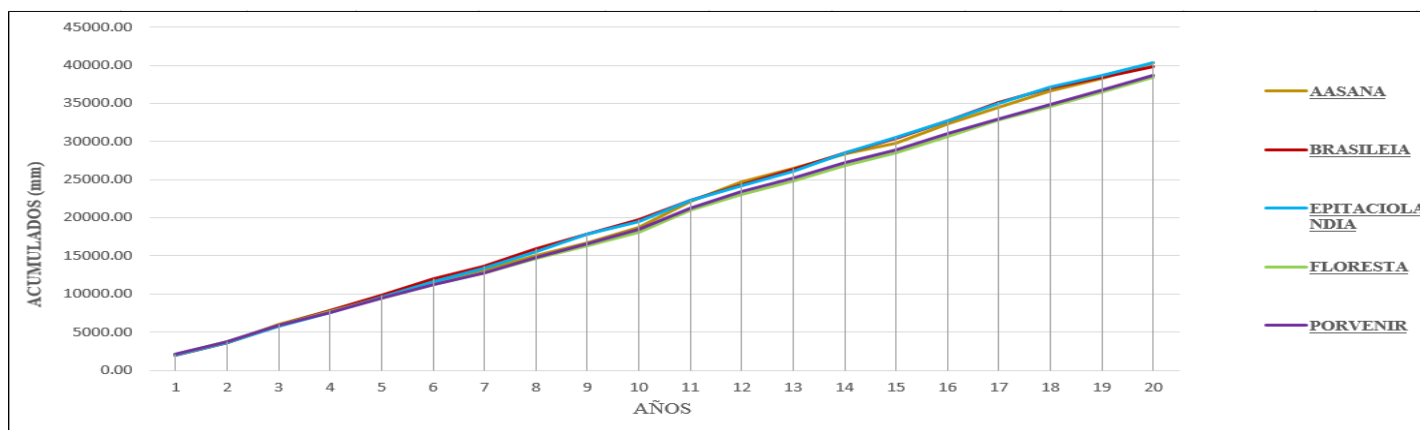
Estacion: NASSA SATELITE GEOVANI (PORVENIR) **Latitud:** -11.194334 **X** 535019.6522
Dpto: Pando - cobija **Longitud:** -686792.53 **Y** 8762513.799
Provincia: Nicolas suare **Altitud:** 242 **ALTURA** 242

N°	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junnio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1	1999	343.30	229.36	213.17	117.92	248.77	114.31	39.85	2.88	131.53	107.19	233.10	332.75	2114.13
2	2000	183.39	128.43	221.09	90.39	36.71	56.47	71.16	68.45	58.54	205.81	356.22	131.10	1607.76
3	2001	372.69	208.88	391.08	139.63	78.82	45.35	35.04	19.33	80.33	217.61	291.58	247.34	2127.68
4	2002	264.71	304.76	211.56	249.33	97.98	9.60	14.91	30.09	30.73	152.03	115.06	275.70	1756.46
5	2003	356.62	386.99	228.86	119.12	65.84	25.49	1.46	35.98	156.50	172.64	150.98	169.11	1869.59
6	2004	247.92	332.85	174.60	119.93	29.85	48.74	42.39	44.02	54.17	212.18	246.73	173.25	1726.63
7	2005	207.23	306.60	153.46	130.52	44.52	11.01	2.59	17.76	104.14	175.61	234.06	230.89	1618.39
8	2006	311.65	386.91	234.99	202.63	22.07	40.87	24.63	47.36	56.65	152.62	225.40	267.02	1972.80
9	2007	194.81	204.55	213.59	172.61	114.05	5.11	45.68	0.00	110.86	177.26	268.51	241.27	1748.30
10	2008	296.95	329.91	223.32	133.94	36.27	7.24	29.28	64.62	40.35	335.01	169.01	274.99	1940.89
11	2009	176.59	367.60	398.03	420.00	196.28	73.79	71.64	71.54	95.12	149.95	351.35	481.42	2853.31
12	2010	567.28	304.62	296.96	181.57	47.88	0.00	30.18	55.03	61.51	105.07	266.20	206.79	2123.09
13	2011	245.10	199.40	287.61	218.48	90.26	32.31	4.77	23.88	95.58	150.93	143.98	226.13	1718.43
14	2012	321.79	326.74	193.56	216.39	66.59	47.39	21.43	59.26	145.57	194.59	245.90	227.69	2066.90
15	2013	242.06	244.08	276.11	67.00	79.79	85.65	29.21	43.57	73.07	197.98	184.19	116.93	1639.64
16	2014	392.53	352.66	312.58	177.61	135.20	26.99	0.72	60.13	114.01	133.89	282.73	164.12	2153.17
17	2015	427.78	297.30	165.93	200.65	157.13	32.52	40.71	97.97	29.15	139.48	200.27	206.69	1995.58
18	2016	286.76	406.45	205.05	128.91	76.40	13.62	13.05	77.16	86.19	205.75	160.10	211.24	1870.68
19	2017	269.92	265.13	325.67	211.06	33.07	14.89	17.72	72.75	52.31	144.37	188.83	302.87	1898.59
20	2018	304.82	285.32	207.33	148.64	50.66	35.47	55.42	103.10	87.12	233.83	237.61	173.34	1922.66
	Media	300.70	293.43	246.73	172.32	85.41	36.34	29.59	49.74	83.17	178.19	227.59	233.03	1936.23
	Maxima	567.28	406.45	398.03	420.00	248.77	114.31	71.64	103.10	156.50	335.01	356.22	481.42	2853.31
	Minima	176.59	128.43	153.46	67.00	22.07	0.00	0.72	0.00	29.15	105.07	115.06	116.93	1607.76

Fuente: Elaboración propia

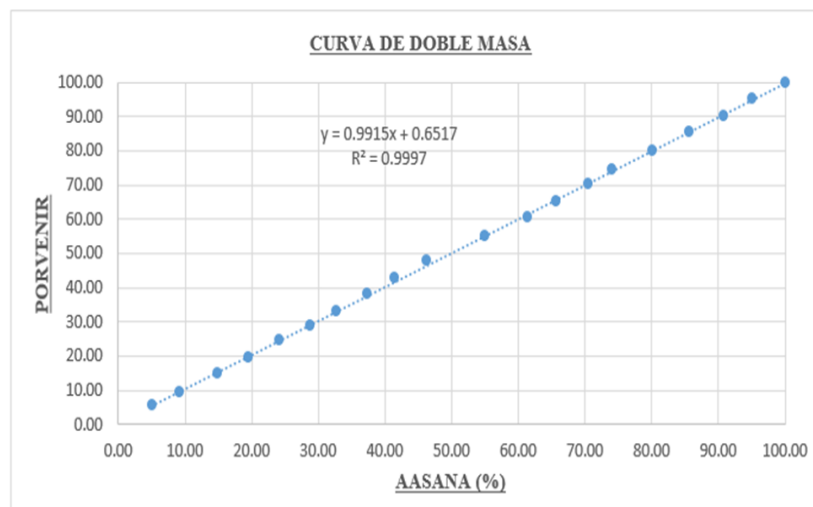
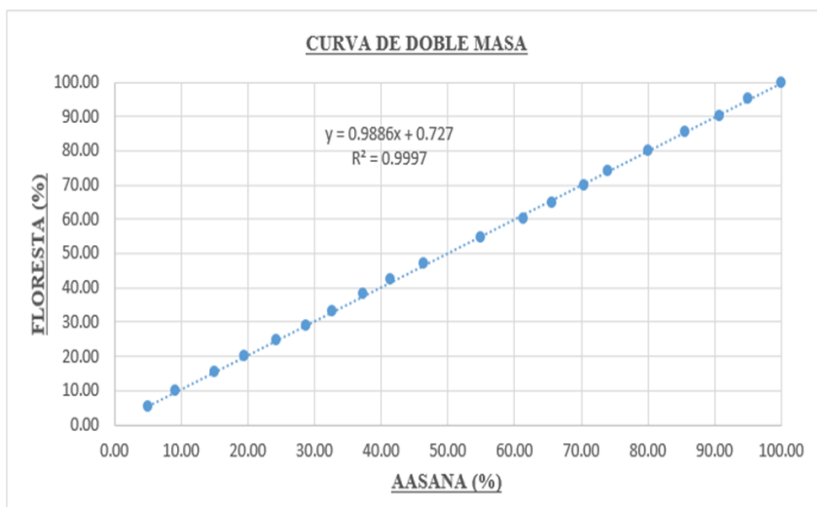
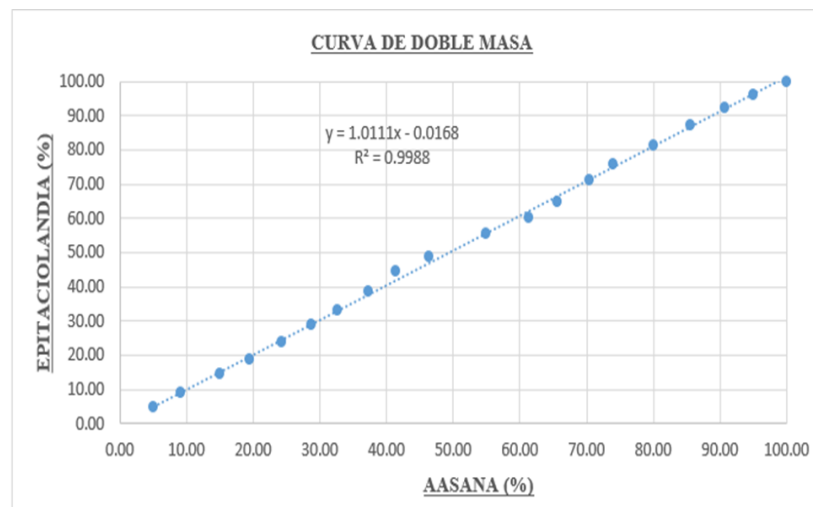
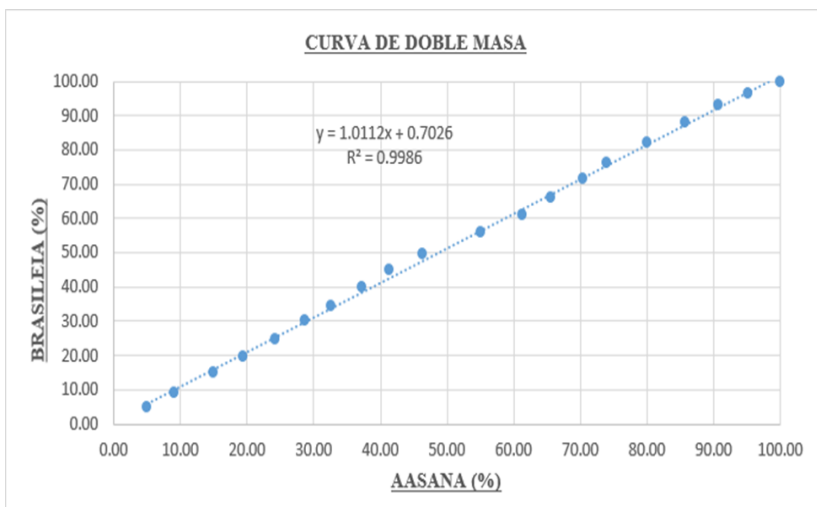
Resumen de las estación para la consistencia de datos con el método de doble masa

N°	AÑOS	AASANA			BRASILEIA			EPITACIOLANDIA			FLORESTA			PORVENIR		
		ESTACION 1	ACUMALADO	%	ESTACION 2	ACUMALADO	%	ESTACION 3	ACUMALADO	%	ESTACION 4	ACUMALADO	%	ESTACION 5	ACUMALADO	%
1	1999	2030.10	2030.10	5.03	2018.90	2018.90	5.07	2007.34	2007.34	4.98	2089.04	2089.04	5.44	2114.13	2114.13	5.46
2	2000	1644.00	3674.10	9.11	1585.38	3604.28	9.05	1559.52	3566.86	8.85	1691.03	3780.07	9.84	1607.76	3721.89	9.61
3	2001	2354.30	6028.40	14.95	2313.27	5917.55	14.85	2270.10	5836.96	14.49	2079.51	5859.58	15.25	2127.68	5849.57	15.11
4	2002	1819.87	7848.27	19.46	1931.01	7848.56	19.70	1758.93	7595.89	18.85	1832.18	7691.76	20.02	1756.46	7606.03	19.64
5	2003	1917.80	9766.07	24.22	1942.08	9790.64	24.58	1982.88	9578.77	23.77	1753.01	9444.77	24.58	1869.59	9475.62	24.47
6	2004	1810.80	11576.87	28.71	2209.02	11999.66	30.12	2067.93	11646.70	28.91	1756.83	11201.60	29.16	1726.63	11202.25	28.93
7	2005	1590.20	13167.07	32.65	1707.51	13707.17	34.41	1712.01	13358.71	33.15	1559.35	12760.95	33.21	1618.39	12820.64	33.11
8	2006	1881.90	15048.97	37.31	2179.17	15886.34	39.88	2257.59	15616.30	38.76	1870.30	14631.25	38.08	1972.80	14793.44	38.20
9	2007	1643.00	16691.97	41.39	2020.32	17906.66	44.95	2254.83	17871.13	44.35	1720.71	16351.96	42.56	1748.30	16541.74	42.72
10	2008	1990.51	18682.48	46.32	1859.19	19765.85	49.61	1684.50	19555.63	48.53	1813.12	18165.08	47.28	1940.89	18482.63	47.73
11	2009	3499.77	22182.25	55.00	2473.14	22238.99	55.82	2731.23	22286.86	55.31	2804.30	20969.38	54.58	2853.31	21335.94	55.10
12	2010	2564.50	24746.75	61.36	2102.40	24341.39	61.10	1965.57	24252.43	60.19	2135.02	23104.40	60.14	2123.09	23459.03	60.58
13	2011	1710.22	26456.97	65.60	1974.75	26316.14	66.06	1827.69	26080.12	64.73	1770.92	24875.32	64.75	1718.43	25177.46	65.02
14	2012	1942.60	28399.57	70.42	2190.54	28506.68	71.55	2494.38	28574.50	70.92	1954.55	26829.87	69.83	2066.90	27244.36	70.35
15	2013	1434.68	29834.25	73.97	1932.48	30439.16	76.40	2021.07	30595.57	75.93	1673.80	28503.67	74.19	1639.64	28884.00	74.59
16	2014	2454.91	32289.16	80.06	2237.55	32676.71	82.02	2133.42	32728.99	81.23	2226.83	30730.50	79.99	2153.17	31037.17	80.15
17	2015	2246.91	34536.07	85.63	2453.01	35129.72	88.18	2319.27	35048.26	86.98	2087.84	32818.34	85.42	1995.58	33032.75	85.30
18	2016	2062.51	36598.58	90.75	1901.08	37030.80	92.95	2080.11	37128.37	92.15	1833.96	34652.30	90.19	1870.68	34903.43	90.13
19	2017	1757.90	38356.48	95.11	1383.70	38414.50	96.42	1596.55	38724.92	96.11	1925.14	36577.44	95.21	1898.59	36802.02	95.04
20	2018	1973.88	40330.36	100.00	1424.91	39839.41	100.00	1567.60	40292.52	100.00	1841.97	38419.41	100.00	1922.66	38724.68	100.00



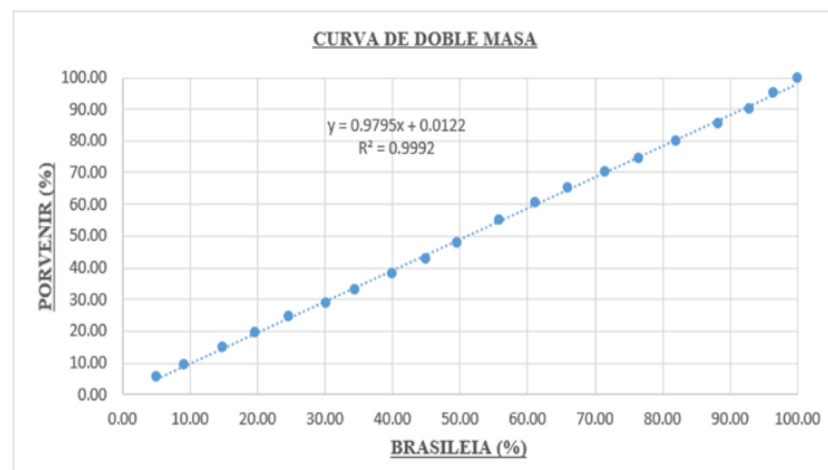
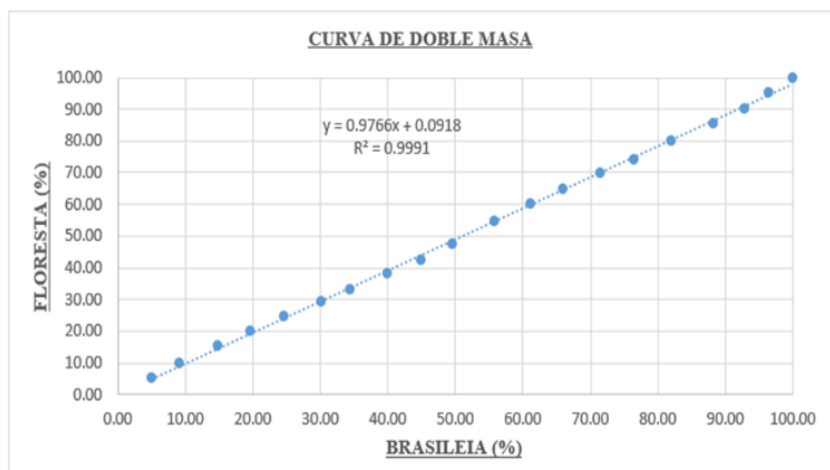
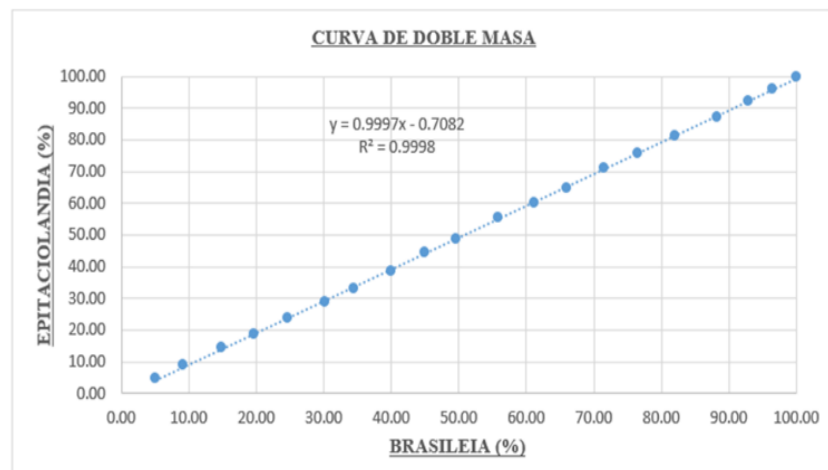
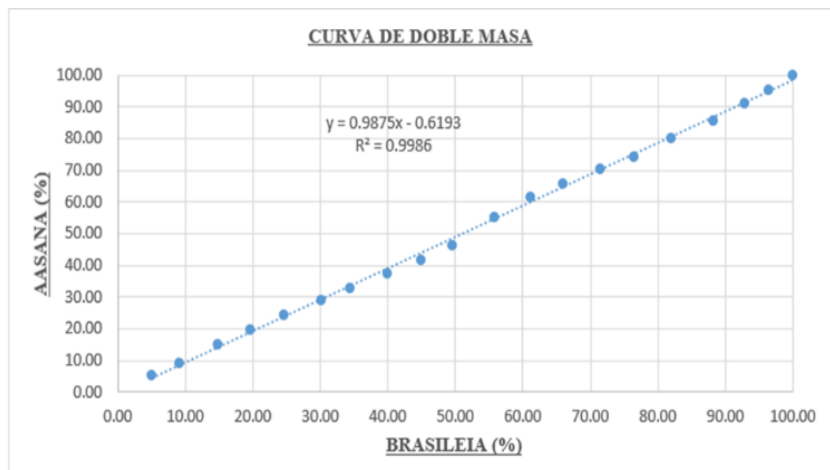
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de consistencia de datos para la estación AASANA



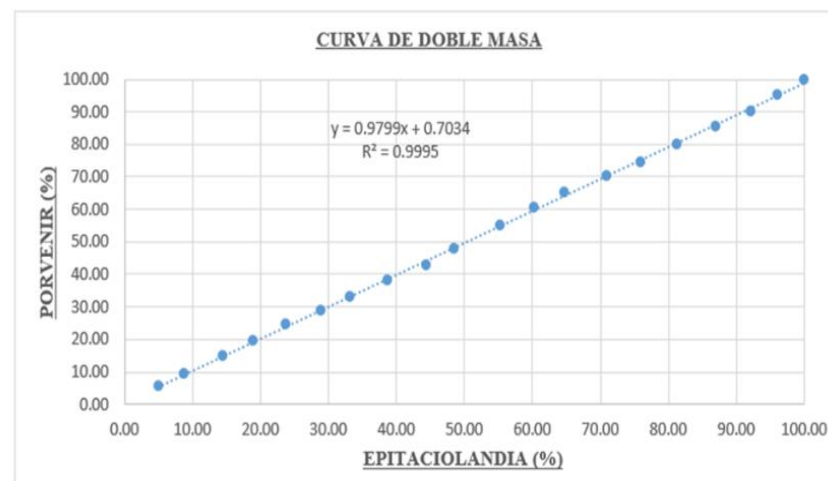
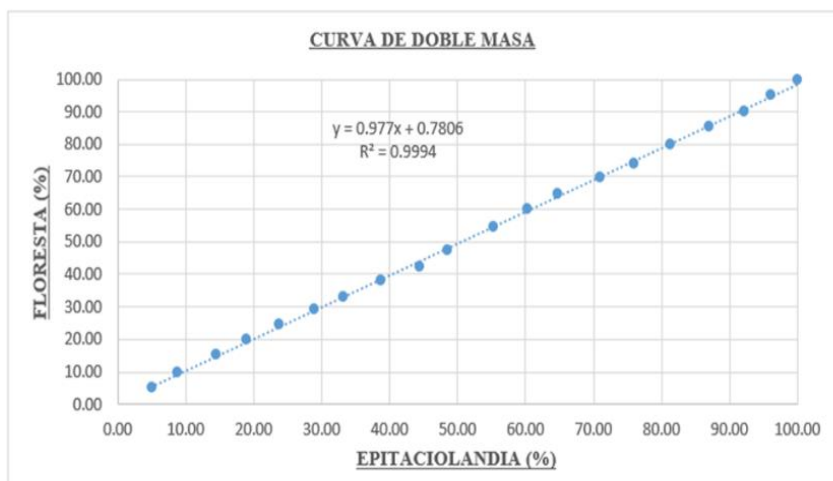
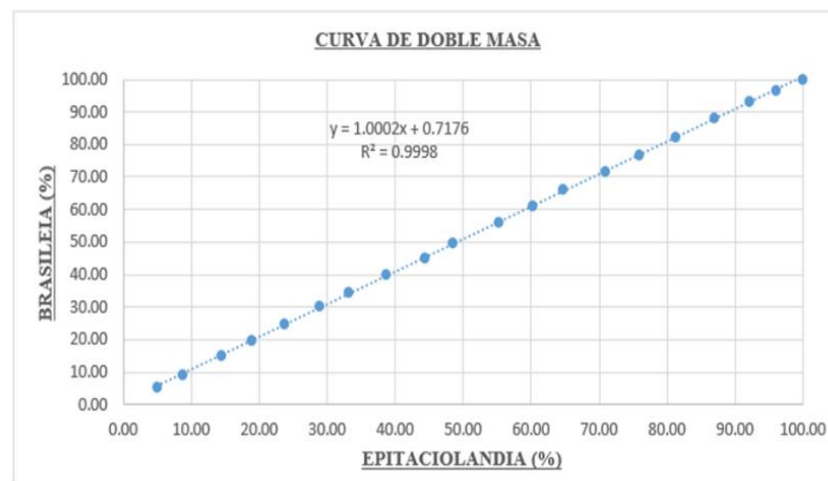
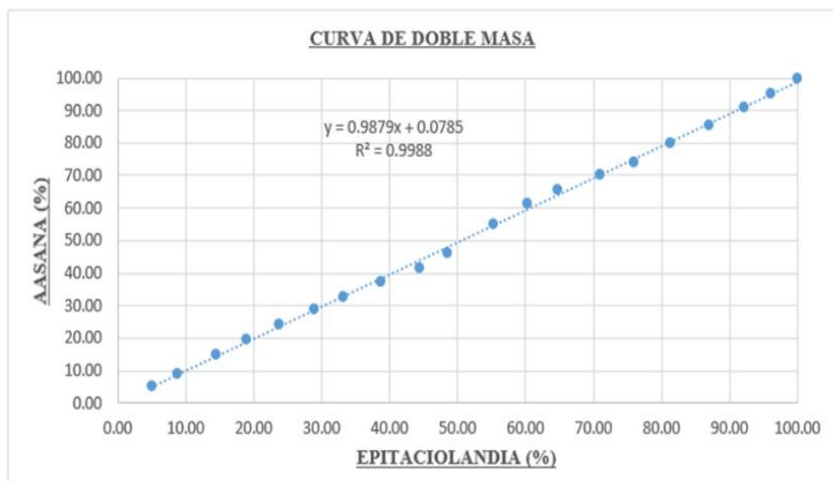
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de consistencia de datos para la estación BRASILEIA



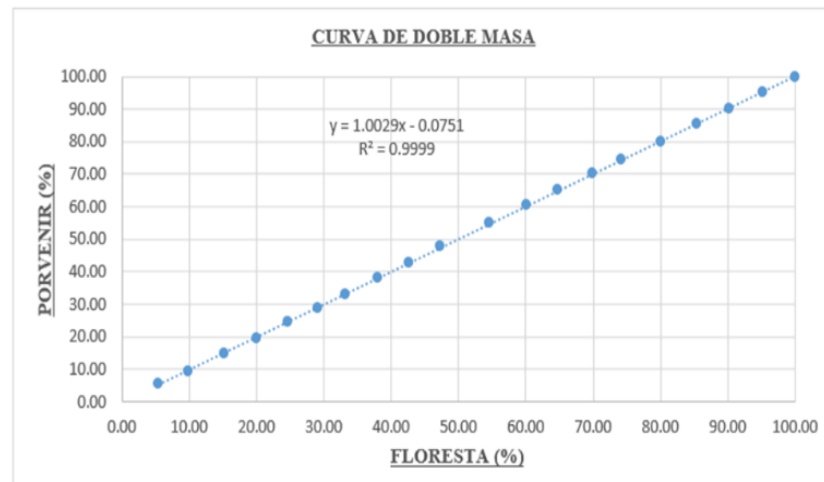
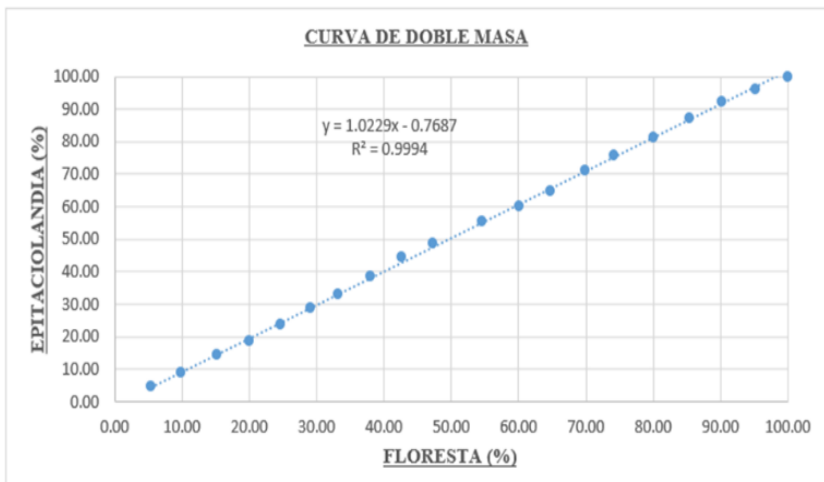
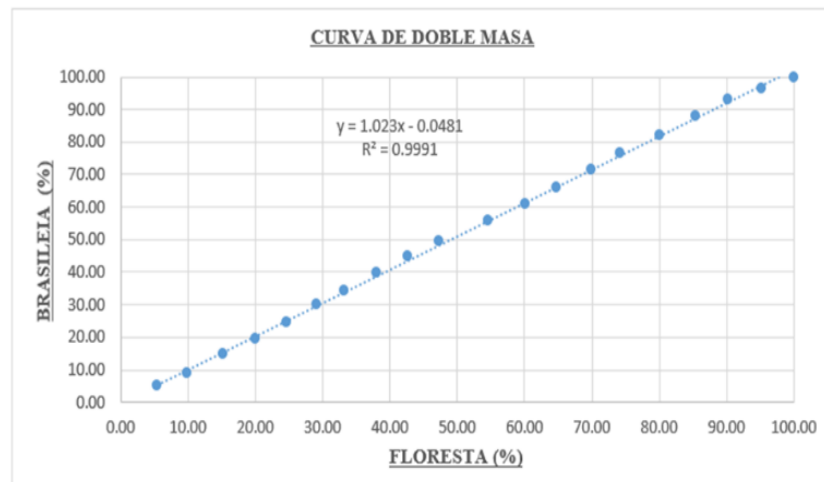
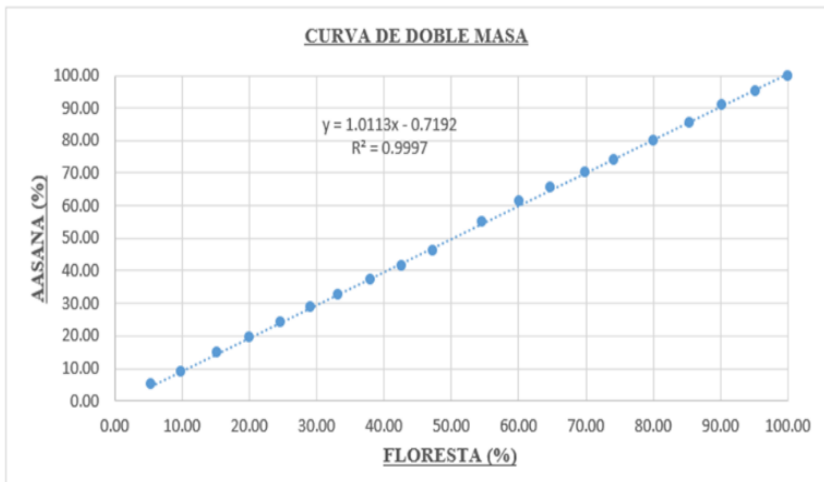
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de consistencia de datos para la estación EPITACIOLANDIA



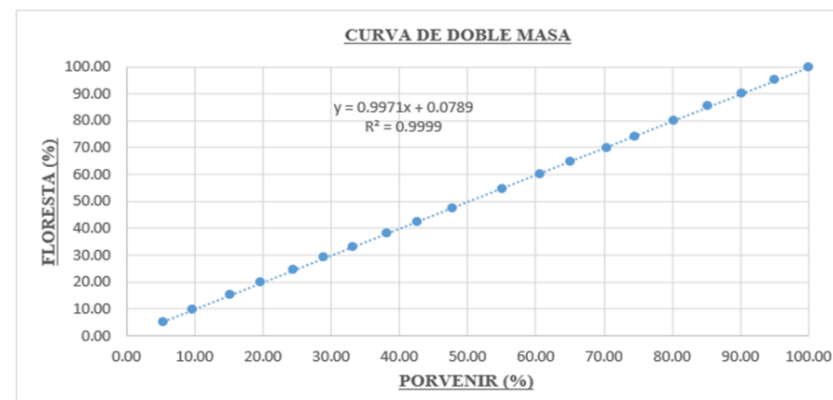
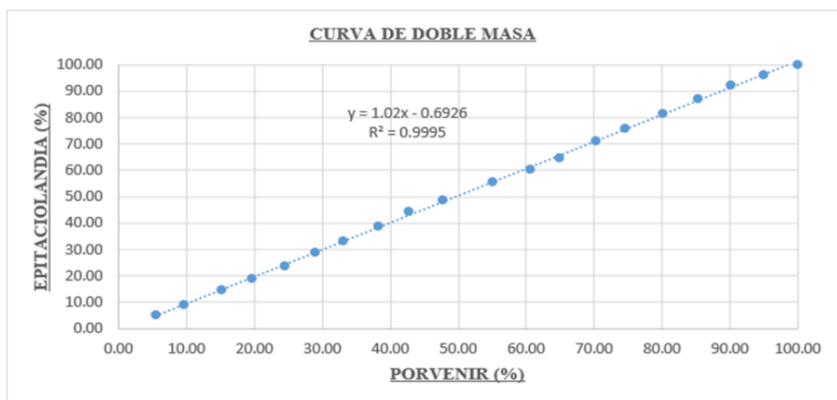
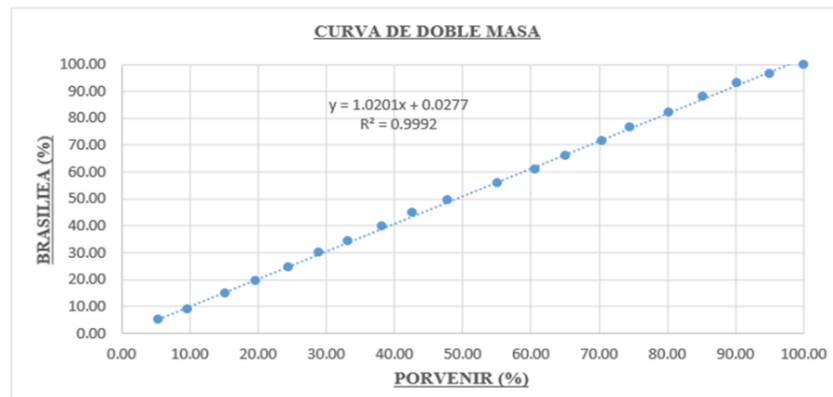
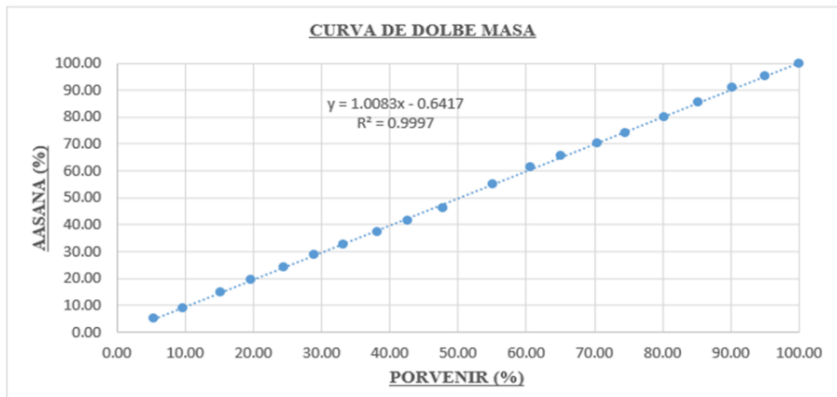
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de consistencia de datos para la estación FLORESTA



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de consistencia de datos para la estación PORVENIR



Fuente: Elaboración propia.

1.1. Desarrollo del HEC-HMS:

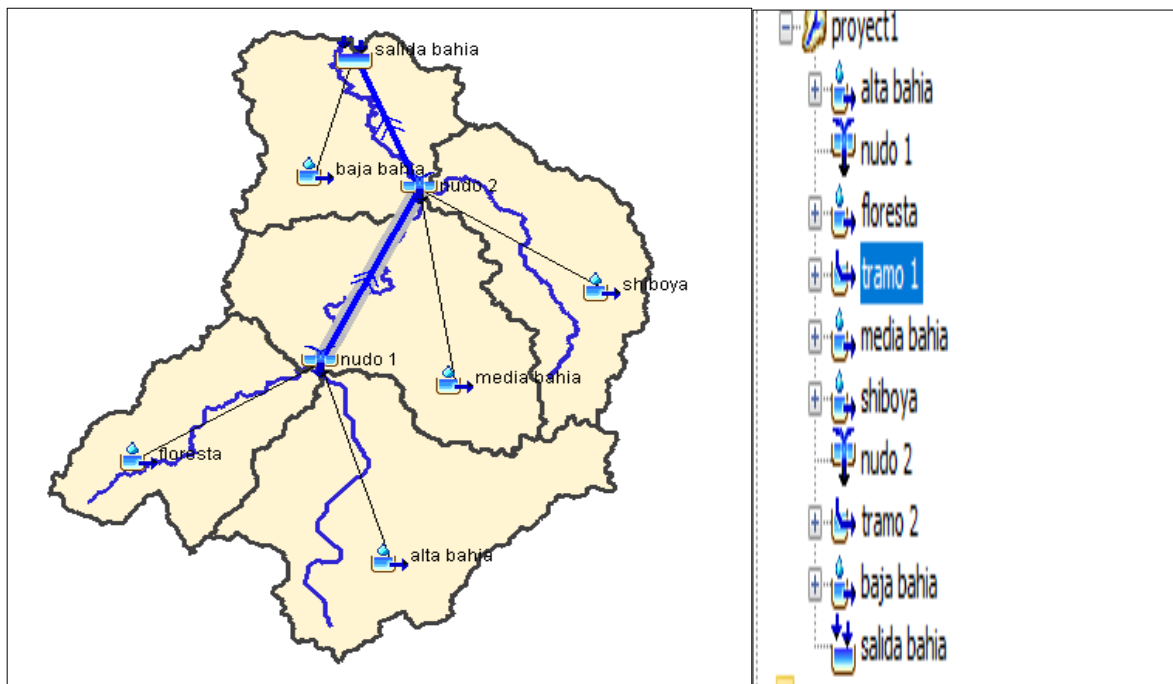
Creación de elementos hidrológicos.

Para la presente tesis se crearon cinco elementos de subcuenca, 2 elementos de unión de cauces, dos elementos de tránsito de avenida y un elemento de salida o punto de aforo.

Descripción de los elementos hidrológicos de la cuenca

La subcuenca Alta Bahia y La Subcuenca Floresta se unen formando el NUDO 1, la subcuenca Media Bahia y la Subcuenca Shiboya se unen formando el NUDO 2, en el transcurso de la subcuenca Media Bahia se forma el primer tramo hasta el Nudo 2, y del NUDO 2 hasta la salida forma el tramo 2, y como última parte seria de la subcuenca Baja Bahia hasta llegar al elemento de Salida o punto de Aforo. En la figura A1 se observan los elementos hidrológicos de la cuenca del arroyo Bahia –Pichigo.

Fig. A.1: Elementos Hidrológicos en la cuenca Bahia – Pichigo en “Hec-Hms”



Fuente: Elaboración propia

Introducción de datos para el modelo de la cuenca.

Se inició ingresando los datos correspondientes de cada subcuenca tales como descripción de subcuenca, área, también los datos de precipitación para cada periodo de retorno obtenido del hietograma mediante el método de bloque alterno (loss method), método para transformar la precipitación del hietograma a escorrentía directa (transform method), abstracción inicial (Ia), número de curva (CN), impermeabilidad y tiempo de retardo (lag time) y así obtener los caudales para cada periodo de retorno.

Fig. A.2: Subcuenca Alta Bahia ingreso de datos en “Hec-Hms”

The image shows two panels from the Hec-Hms software interface. The left panel is the 'Subbasin' configuration window, and the right panel shows a summary of the entered data.

Subbasin Configuration Panel:

- Basin Name: **project1**
- Element Name: **alta bahia**
- Description: [Empty text box]
- Downstream: **nudo 1** (dropdown menu)
- *Area (KM2): **38.77**
- Latitude Degrees: [Empty text box]
- Latitude Minutes: [Empty text box]
- Latitude Seconds: [Empty text box]
- Longitude Degrees: [Empty text box]
- Longitude Minutes: [Empty text box]
- Longitude Seconds: [Empty text box]
- Canopy Method: **--None--** (dropdown menu)
- Surface Method: **--None--** (dropdown menu)
- Loss Method: **SCS Curve Number** (dropdown menu)
- Transform Method: **SCS Unit Hydrograph** (dropdown menu)
- Baseflow Method: **--None--** (dropdown menu)

Data Summary Panel (Top):

- Basin Name: **project1**
- Element Name: **alta bahia**
- Initial Abstraction (MM): **15.17**
- *Curve Number: **77**
- *Impervious (%): **0.5**

Data Summary Panel (Bottom):

- Basin Name: **project1**
- Element Name: **alta bahia**
- Graph Type: **Standard (PRF 484)** (dropdown menu)
- *Lag Time (MIN): **72**

Fuente: Elaboración propia

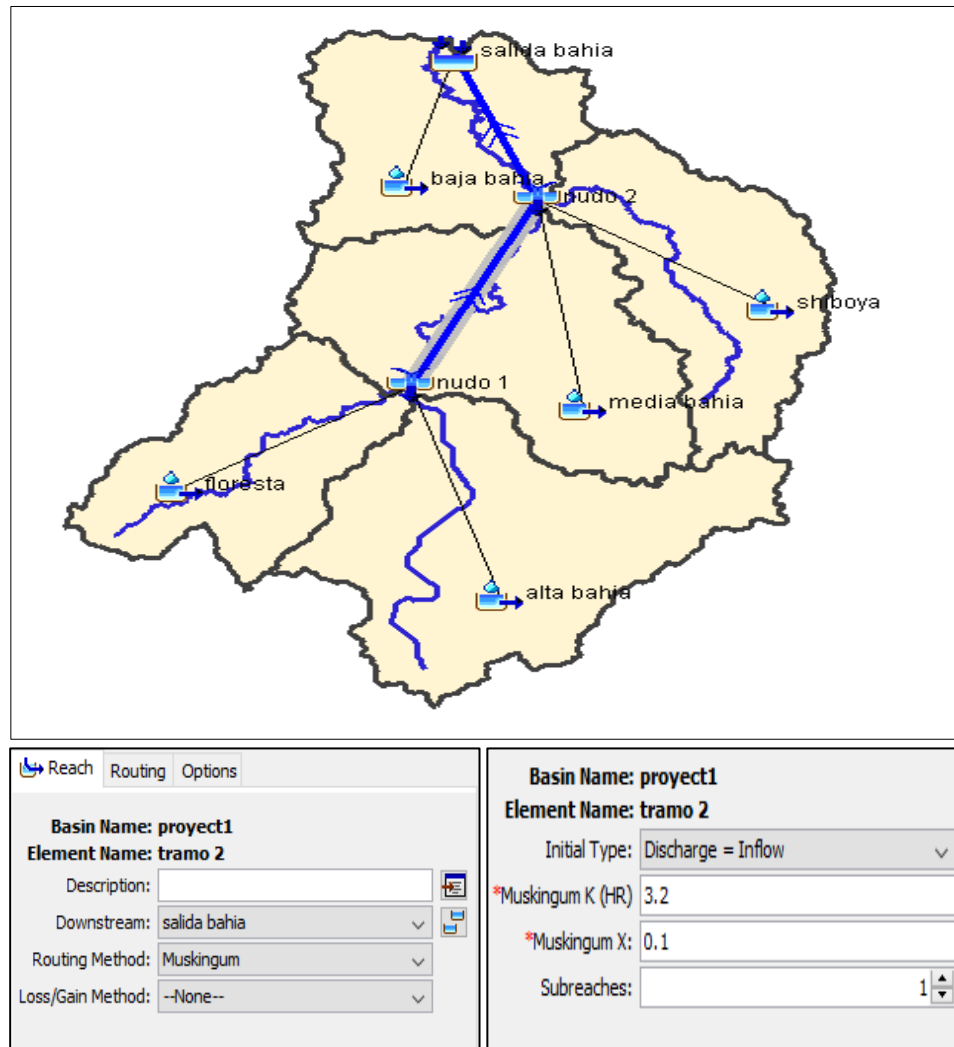
Como segunda fase se ingresó los datos para realizar el tránsito de avenidas, en la presente tesis se utilizó el método de Muskingum por su sencillez y su gran difusión en estudios hidrológicos.

En el análisis hidrológico de la presente tesis no se cuenta datos de hidrogramas de entrada y salida, Por lo tanto, los valores de parámetros K y X se obtuvieron de forma empírica (Villón Béjar, 2016, pág. 67), siendo los valores a considerar $K= 3.2$ y $X= 0.1$

La cuenca del río Mala a través de su cauce principal, presenta 4 tránsitos de avenidas. En la figura A3 se puede observar los datos ingresados para el tramo 4 (transito 4).

Fig. A.3: Transito de avenidas en el Tramo 2 en “Hec-Hms”

Fuente: Elaboración propia



Como tercera fase, se procedió a ingresar los datos de precipitación para cada periodo de retorno mediante el hietograma de 24 horas obtenido de 4 estaciones combinadas. la figura A4 muestra los datos de precipitación ingresados para la estación base que será la de “AASANA” Cobija, y la figura A5 muestra el hietograma programado para una simulación de 24 Hr-Día ingresado en el “Hec-Hms” de la estación Base ya nombrada.

Fig. A.4: Creación e ingreso de Datos de Precipitación para Tr 50 años con la estación Base “AASANA”

The figure consists of two screenshots of a software interface for creating a precipitation gage. The top screenshot shows the 'Time-Series Gage' configuration with the following fields:

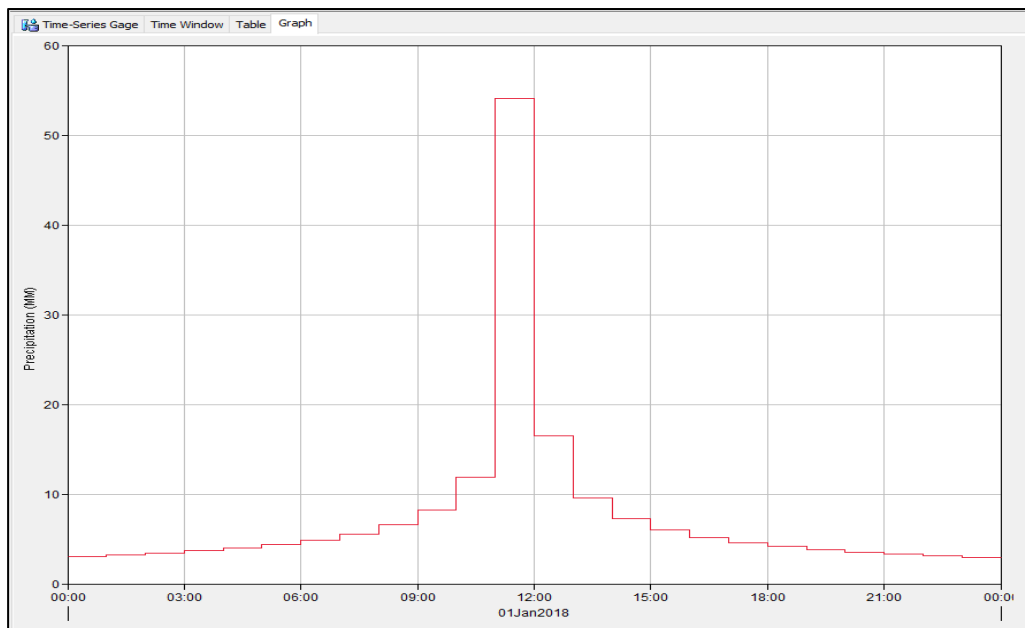
- Gage Name:** pluviometro
- Description:** ESTACION BASE AASANA
- Data Source:** Manual Entry
- Units:** Incremental Millimeters
- Time Interval:** 1 Hour

The bottom screenshot shows the 'Time Window' configuration with the following fields:

- *Start Date (ddMMMYYYY):** 01ene2018
- *Start Time (HH:mm):** 00:00
- *End Date (ddMMMYYYY):** 02ene2018
- *End Time (HH:mm):** 00:00

Fuente: Elaboración propia

Fig. A.5: Hietograma Ingresado al “Hec Hms” Para la estación Base AASANA



Fuente: Elaboración propia

Análogamente se hace lo mismo para los diferentes periodos de retorno usando los datos de la estación base. Como cuarta fase, se realizó el modelo meteorológico asociando con los registros del hietograma con la subcuenca que le corresponda. En la figura A6 se puede observar las consideraciones a tomar para el modelo meteorológico de la subcuenca Alta Bahía.

Fig. A.6: Modelo meteorológico en “Hec Hms” de la Cuenca del arroyo Bahía

Subbasin Name	Gage
alta bahia	pluviometro
baja bahia	pluviometro
floresta	pluviometro
media bahia	pluviometro
shiboya	pluviometro

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, como último paso, se procedió a realizar las especificaciones de control. Para la presente tesis se tomó en cuenta el inicio de tormenta a las 00:00am del 01/12/18 y 01:00am del 02/12/15 como fin de la tormenta (ver figura A7).

Fig. A.7: modelo meteorológico en “Hec Hms” de la Cuenca del arroyo Bahía

Name: Control 1

Description: Tr = 50 Años

*Start Date (ddMMYYYY): 01ene2018

*Start Time (HH:mm): 00:00

*End Date (ddMMYYYY): 02ene2018

*End Time (HH:mm): 00:00

Time Interval: 1 Hour

Fuente: Elaboración propia

Todos los pasos realizados anteriormente, se desarrollaron análogamente para todas las subcuencas. Asimismo, todos los pasos fueron realizados para los tiempos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Anexo B. Tablas de datos de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones en estudio

Tabla de la estación “AASANA”-Registro histórico ppt 24h

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1999	53.9	97.0	54.2	37.6	32.0	57.2	18.2	0.0	31.2	31.6	97.2	81.5
2000	45.8	38.9	49.7	13.2	38.7	17.0	32.2	29.0	17.2	117.2	176.7	35.8
2001	73.7	35.4	111.7	64.2	31.3	33.1	4.6	19.2	51.7	76.6	81.7	42.2
2002	37.6	44.1	94.4	67.2	39.9	2.2	9.3	7.6	11.6	86.8	68.3	60.2
2003	60.5	100.6	39.6	53.2	46.2	1.4	0.8	28.5	33.1	85.9	76.2	73.4
2004	55.1	117.0	39.6	19.3	36.1	48.2	13.9	29.2	28.2	65.2	73.5	77.9
2005	55.6	82.1	28.0	36.0	6.6	1.1	1.1	9.6	46.2	40.2	74.6	80.6
2006	57.9	133.9	45.7	44.6	24.4	32.7	26.4	31.2	26.2	36.2	45.3	58.2
2007	30.6	48.2	87.5	66.2	61.6	2.7	9.2	1.1	46.3	36.2	32.4	48.4
2008	60.8	104.2	26.9	76.4	3.8	2.4	17.8	60.9	28.6	80.7	61.8	55.1
2009	41.8	75.1	71.3	82.2	108.1	33.6	42.3	47.6	55.6	57.2	69.2	138.8
2010	148.7	158.9	49.0	83.0	32.2	0.6	6.9	35.0	45.8	48.8	64.8	76.1
2011	54.0	51.2	95.0	65.3	31.0	2.4	0.4	4.6	15.4	27.4	33.0	60.9
2012	53.2	66.2	52.4	73.6	40.7	15.5	19.8	15.1	51.1	45.3	68.2	32.9
2013	48.4	37.0	87.4	21.7	46.7	50.9	27.6	56.7	24.6	27.5	56.2	29.9
2014	50.2	59.5	62.8	31.5	39.1	31.8	4.0	43.9	65.2	85.2	60.1	51.5
2015	101.0	63.6	40.5	34.5	49.6	31.8	26.2	40.3	10.3	27.6	25.0	26.6
2016	46.4	65.3	51.0	18.1	39.4	3.6	37.7	29.8	59.3	44.2	66.8	23.7
2017	36.0	65.4	66.1	40.1	11.1	0.3	10.2	40.2	16.7	37.7	35.9	55.5
2018	34.2	54.0	41.6	36.6	30.3	11.4	34.0	52.0	29.1	28.2	96.8	49.4

Fuente: Datos proporcionados por la Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea “AASANA”

Tabla de la estación “Epitaciolandia”-Registro histórico ppt 24h

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1999	37.2	51.8	32.6	24.1	21.3	34.0	11.6	3.7	21.2	17.8	71.6	53.1
2000	34.4	25.8	27.2	16.5	25.6	16.1	29.3	24.5	10.1	81.8	78.5	39.1
2001	79.9	44.5	45.8	32.4	12.2	15.9	6.0	2.9	25.4	40.0	56.5	59.9
2002	69.1	33.6	46.2	70.5	27.1	5.8	20.1	42.6	8.4	62.0	62.7	40.6
2003	39.8	131.2	43.7	59.1	58.2	7.1	0.0	21.9	37.3	37.4	78.1	52.9
2004	111.7	54.1	29.6	28.9	5.5	24.8	38.7	19.8	21.6	44.1	45.4	30.1
2005	73.9	43.1	76.5	79.4	11.4	2.8	15.4	3.7	23.6	32.3	39.8	74.7
2006	56.0	85.7	50.6	32.1	24.2	11.1	13.9	55.9	22.5	53.9	55.0	68.0
2007	30.3	60.2	33.1	59.7	104.5	0.0	72.7	0.0	36.8	24.5	68.8	60.6
2008	62.7	52.9	40.3	40.9	12.3	4.0	11.4	4.5	31.3	34.0	46.5	36.4
2009	67.7	28.2	50.5	93.1	101.8	36.0	19.9	123.8	15.1	42.5	39.6	60.5
2010	77.4	58.2	45.6	78.8	41.0	9.8	6.5	14.1	53.9	23.7	70.9	58.6
2011	52.9	28.7	47.6	73.8	106.2	17.7	2.2	4.3	31.6	44.9	44.9	32.3
2012	62.1	87.0	21.9	80.8	31.0	8.6	9.8	30.6	34.5	55.1	132.9	35.1
2013	52.1	46.3	66.8	31.7	52.5	20.7	11.4	22.8	8.6	52.3	92.7	22.8
2014	48.8	69.6	86.7	51.9	52.4	12.3	2.3	24.8	23.5	39.2	102.0	85.7
2015	82.9	119.9	37.5	33.3	52.4	4.8	64.4	32.7	10.4	46.7	61.3	32.1
2016	58.0	54.5	71.4	68.3	22.2	11.8	2.3	52.7	64.9	118.6	82.2	55.9
2017	28.0	81.4	87.9	102.4	6.0	32.3	0.0	11.9	9.8	26.0	48.3	60.1
2018	96.0	21.2	31.9	20.3	17.5	32.1	24.8	105.1	20.8	22.0	100.6	30.5

Fuente: Datos proporcionados por la página web Sistema de Monitoreo Agrometeorológico “Agritempo” TRMM. 4743 (Epitaciolandia)

Tabla de la estación "Brasileia"-Registro histórico ppt 24h

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1999	35.3	36.2	25.0	18.9	19.8	30.5	9.1	4.1	16.8	17.6	62.3	53.1
2000	35.5	20.7	21.7	16.4	47.2	37.0	39.6	24.5	10.1	81.8	78.5	39.1
2001	73.1	56.9	45.0	29.8	23.7	11.2	13.6	2.3	41.8	39.2	77.9	151.7
2002	68.6	54.9	52.1	44.6	36.1	15.3	22.3	15.4	17.8	51.3	53.1	60.2
2003	58.4	100.6	41.3	35.6	13.7	13.9	3.6	38.2	32.7	27.5	76.7	37.5
2004	103.8	45.2	51.9	19.0	5.9	17.3	15.8	61.9	17.6	51.5	54.1	37.8
2005	104.5	33.2	37.7	56.5	18.4	3.2	29.2	2.2	7.3	88.8	52.7	71.3
2006	39.0	66.7	44.2	42.2	28.9	8.6	16.2	66.3	19.3	51.5	77.0	82.2
2007	34.4	70.9	33.4	22.5	119.9	3.2	53.3	1.9	29.8	43.4	50.4	40.7
2008	70.8	48.3	38.1	75.8	15.5	9.2	7.4	18.7	46.7	44.2	37.4	37.9
2009	37.4	53.1	42.8	106.0	65.9	25.2	17.5	45.8	20.7	50.9	50.8	32.6
2010	86.3	69.6	26.1	105.4	25.5	2.3	4.9	27.7	46.8	67.7	71.4	37.4
2011	44.9	35.0	49.3	53.3	56.5	28.6	1.2	5.3	38.7	30.5	82.1	50.6
2012	49.8	71.1	36.6	65.3	22.9	7.2	15.2	9.4	36.2	53.3	78.6	35.3
2013	65.5	38.8	73.5	33.8	43.3	17.7	9.3	48.5	11.8	26.4	78.6	26.6
2014	42.7	66.0	61.1	55.4	45.1	15.6	1.7	29.3	40.7	41.2	113.0	77.2
2015	169.3	54.8	38.2	37.8	58.9	7.0	52.2	83.7	19.9	36.7	78.7	51.4
2016	74.0	84.6	74.9	52.4	11.9	9.0	5.2	33.7	65.8	113.8	68.1	64.6
2017	24.4	41.7	69.7	123.3	11.1	6.6	0.0	24.0	22.4	36.6	30.0	45.4
2018	37.9	17.6	16.0	27.5	44.3	48.6	51.6	60.9	30.7	34.5	50.3	19.3

Fuente: Datos proporcionados por la página web Sistema de Monitoreo Agrometeorológico "Agriétenlo" TRMM. 4742 (Brasileia)

Tabla de la estación “Nasa Satélite Giovanni Floresta”-Registro histórico ppt 24h

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1999	94.3	56.9	44.7	34.6	83.3	50.9	9.3	1.2	30.2	57.9	49.4	55.3
2000	87.6	24.8	41.8	20.0	18.9	19.0	28.3	43.3	38.3	79.8	124.9	28.6
2001	67.3	44.6	98.1	39.4	53.2	28.0	16.8	19.7	22.5	50.3	62.1	104.6
2002	64.8	54.9	28.1	105.8	29.6	2.6	5.5	9.5	14.9	73.0	34.0	47.1
2003	90.4	80.0	51.0	21.8	26.2	16.6	1.0	8.8	24.4	34.4	32.4	30.0
2004	101.7	88.8	24.0	33.7	20.8	11.2	13.4	13.2	13.6	45.7	39.8	22.7
2005	54.1	48.9	20.9	36.0	9.7	6.7	6.7	15.0	47.8	47.9	25.8	49.8
2006	32.8	86.6	67.0	70.0	20.6	14.1	9.8	36.0	14.1	32.7	38.3	43.5
2007	31.0	92.0	33.3	48.0	33.2	15.4	25.5	3.3	23.0	27.9	64.0	70.4
2008	38.4	63.4	40.4	20.3	12.3	11.3	5.8	24.4	11.8	120.7	40.3	30.3
2009	48.4	53.9	61.3	86.3	49.4	50.2	43.6	37.5	34.6	58.8	44.0	76.6
2010	135.5	57.0	59.9	91.3	20.8	0.0	17.3	42.7	41.4	24.2	74.4	36.4
2011	32.7	22.1	53.2	56.7	22.1	14.4	1.9	11.1	18.4	41.5	66.8	37.1
2012	36.4	41.8	29.9	91.6	15.4	19.8	20.8	18.7	71.1	34.0	85.3	26.9
2013	30.2	27.2	52.0	18.5	22.7	34.1	16.4	45.3	19.4	32.1	49.0	31.2
2014	72.7	71.6	130.0	48.4	30.0	12.9	6.8	27.4	43.8	57.3	68.8	55.5
2015	104.8	68.3	35.6	35.1	55.6	14.7	24.6	99.2	9.6	23.3	33.6	49.6
2016	57.2	58.9	38.9	72.5	26.5	6.7	6.6	25.9	47.3	40.1	37.8	53.4
2017	33.8	92.3	53.4	52.5	10.8	5.0	8.3	12.6	26.5	44.9	32.7	59.3
2018	45.7	54.3	28.5	44.1	17.7	31.3	25.5	24.6	31.6	27.6	52.2	34.9

Fuente: Datos proporcionados por la página web (EARTHDATA) “Nasa Satélite Giovanni” TRMM.3B42 (Floresta)

Tabla de la estación “Nasa Satélite Giovanni Porvenir”-Registro histórico ppt 24h

AÑO ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

1999	84.3	41.5	37.4	25.9	97.8	30.8	11.7	1.7	33.7	43.6	44.1	57.9
2000	36.4	32.4	43.4	23.8	18.5	23.6	33.4	39.7	28.0	82.0	76.7	28.9
2001	67.0	39.1	107.1	25.0	38.6	35.5	19.4	19.1	16.7	40.7	43.7	61.2
2002	97.4	56.3	38.2	114.0	36.6	4.5	5.8	10.4	6.3	111.6	42.7	30.7
2003	65.1	102.9	36.2	27.2	33.7	8.4	1.5	18.4	60.8	35.4	60.5	30.7
2004	135.5	73.1	29.5	39.4	15.6	17.8	27.3	16.8	15.4	26.1	33.8	35.4
2005	94.8	48.2	43.2	52.3	10.8	9.8	2.2	17.8	58.2	46.8	33.4	49.9
2006	46.8	91.3	68.6	56.0	22.1	15.8	9.4	22.0	15.9	35.4	29.2	68.2
2007	26.9	69.7	41.2	49.3	27.0	5.1	31.4	0.0	35.3	28.2	51.9	83.6
2008	41.0	70.4	44.9	20.2	11.0	6.3	17.7	34.7	16.9	120.1	39.0	40.2
2009	41.5	57.5	53.1	84.1	58.2	63.0	31.3	42.4	33.1	94.6	121.1	66.9
2010	150.8	56.8	41.2	94.4	17.1	0.0	21.4	48.9	30.7	18.4	45.6	34.9
2011	32.1	42.6	32.6	60.4	25.7	21.9	3.1	13.2	29.3	44.0	41.7	56.2
2012	53.0	48.2	33.1	107.2	14.4	17.6	18.2	30.6	38.3	52.9	76.9	44.1
2013	32.4	44.4	60.1	33.7	22.9	31.7	14.1	40.2	17.3	45.2	47.0	25.1
2014	80.2	82.0	90.8	49.9	60.2	21.0	0.4	24.3	28.7	39.0	59.8	38.7
2015	99.7	76.6	34.7	39.9	34.9	11.6	23.3	71.2	8.2	28.4	38.5	37.0
2016	53.1	81.0	56.4	37.2	46.8	12.5	8.5	32.1	23.5	54.6	26.2	61.9
2017	50.2	97.9	47.4	60.7	6.7	8.0	12.0	14.0	14.7	24.1	36.7	75.1
2018	69.4	35.2	43.0	24.4	18.6	35.5	30.4	24.2	21.5	69.2	56.3	34.8

Fuente: Datos proporcionados por la página web (EARTHDATA) “Nasa Satélite Giovanni” TRMM.3B42 (Porvenir)

Anexo 5 Tablas de precipitación máxima de las estaciones en estudio para diferentes periodos de retorno

Estación “AASANA”

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	98.116	123.909	141.849	165.550	183.998	203.156	251.247
18 hr	X18 = 91%	89.285	112.757	129.082	150.651	167.439	184.872	228.634
12 hr	X12 = 80%	78.493	99.127	113.479	132.440	147.199	162.525	200.997
8 hr	X8 = 68%	66.719	84.258	96.457	112.574	125.119	138.146	170.848
6 hr	X6 = 61%	59.851	75.584	86.528	100.986	112.239	123.925	153.260
5 hr	X5 = 57%	55.926	70.628	80.854	94.364	104.879	115.799	143.211
4 hr	X4 = 52%	51.020	64.433	73.761	86.086	95.679	105.641	130.648
3 hr	X3 = 46%	45.133	56.998	65.250	76.153	84.639	93.452	115.573
2 hr	X2 = 39%	38.265	48.324	55.321	64.565	71.759	79.231	97.986
1 hr	X1 = 30%	29.435	37.173	42.555	49.665	55.200	60.947	75.374

Fuente: Elaboración propia

Estación “Epitaciolandia”

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	96.739	115.708	126.439	138.467	146.544	154.009	169.665
18 hr	X18 = 91%	88.032	105.294	115.060	126.005	133.355	140.148	154.396
12 hr	X12 = 80%	77.391	92.566	101.151	110.773	117.235	123.207	135.732
8 hr	X8 = 68%	65.782	78.681	85.979	94.157	99.650	104.726	115.372
6 hr	X6 = 61%	59.011	70.582	77.128	84.465	89.392	93.945	103.496
5 hr	X5 = 57%	55.141	65.954	72.070	78.926	83.530	87.785	96.709
4 hr	X4 = 52%	50.304	60.168	65.748	72.003	76.203	80.084	88.226
3 hr	X3 = 46%	44.500	53.226	58.162	63.695	67.410	70.844	78.046
2 hr	X2 = 39%	37.728	45.126	49.311	54.002	57.152	60.063	66.170
1 hr	X1 = 30%	29.022	34.712	37.932	41.540	43.963	46.203	50.900

Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Floresta

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	92.529	114.487	125.953	137.887	145.337	151.813	164.129
18 hr	X18 = 91%	84.202	104.183	114.618	125.477	132.257	138.150	149.358
12 hr	X12 = 80%	74.023	91.590	100.763	110.310	116.270	121.451	131.303
8 hr	X8 = 68%	62.920	77.851	85.648	93.763	98.829	103.233	111.608
6 hr	X6 = 61%	56.443	69.837	76.832	84.111	88.656	92.606	100.119
5 hr	X5 = 57%	52.742	65.258	71.793	78.596	82.842	86.534	93.554
4 hr	X4 = 52%	48.115	59.533	65.496	71.701	75.575	78.943	85.347
3 hr	X3 = 46%	42.563	52.664	57.939	63.428	66.855	69.834	75.499
2 hr	X2 = 39%	36.086	44.650	49.122	53.776	56.681	59.207	64.010
1 hr	X1 = 30%	27.759	34.346	37.786	41.366	43.601	45.544	49.239

Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Porvenir

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	96.962	117.606	129.223	142.166	150.803	158.740	175.233
18 hr	X18 = 91%	88.236	107.021	117.593	129.371	137.231	144.454	159.462
12 hr	X12 = 80%	77.570	94.085	103.379	113.733	120.643	126.992	140.186
8 hr	X8 = 68%	65.934	79.972	87.872	96.673	102.546	107.943	119.158
6 hr	X6 = 61%	59.147	71.740	78.826	86.721	91.990	96.831	106.892
5 hr	X5 = 57%	55.268	67.035	73.657	81.035	85.958	90.482	99.883
4 hr	X4 = 52%	50.420	61.155	67.196	73.926	78.418	82.545	91.121
3 hr	X3 = 46%	44.603	54.099	59.443	65.396	69.370	73.020	80.607
2 hr	X2 = 39%	37.815	45.866	50.397	55.445	58.813	61.909	68.341
1 hr	X1 = 30%	29.089	35.282	38.767	42.650	45.241	47.622	52.570

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6 Tablas de precipitación máxima de las estaciones en estudio para diferentes periodos de retorno

Estación “AASANA”

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma								
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	4.088	5.163	5.910	6.898	7.667	8.465	10.469
18 hr	1080	4.960	6.264	7.171	8.369	9.302	10.271	12.702
12 hr	720	6.541	8.261	9.457	11.037	12.267	13.544	16.750
8 hr	480	8.340	10.532	12.057	14.072	15.640	17.268	21.356
6 hr	360	9.975	12.597	14.421	16.831	18.707	20.654	25.543
5 hr	300	11.185	14.126	16.171	18.873	20.976	23.160	28.642
4 hr	240	12.755	16.108	18.440	21.522	23.920	26.410	32.662
3 hr	180	15.044	18.999	21.750	25.384	28.213	31.151	38.524
2 hr	120	19.133	24.162	27.660	32.282	35.880	39.615	48.993
1 hr	60	29.435	37.173	42.555	49.665	55.200	60.947	75.374

Fuente: Elaboración propia

Estación “Epitaciolandia”

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma								
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	4.031	4.821	5.268	5.769	6.106	6.417	7.069
18 hr	1080	4.891	5.850	6.392	7.000	7.409	7.786	8.578
12 hr	720	6.449	7.714	8.429	9.231	9.770	10.267	11.311
8 hr	480	8.223	9.835	10.747	11.770	12.456	13.091	14.422
6 hr	360	9.835	11.764	12.855	14.077	14.899	15.658	17.249
5 hr	300	11.028	13.191	14.414	15.785	16.706	17.557	19.342
4 hr	240	12.576	15.042	16.437	18.001	19.051	20.021	22.057
3 hr	180	14.833	17.742	19.387	21.232	22.470	23.615	26.015
2 hr	120	18.864	22.563	24.656	27.001	28.576	30.032	33.085
1 hr	60	29.022	34.712	37.932	41.540	43.963	46.203	50.900

Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Floresta

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma								
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	3.855	4.770	5.248	5.745	6.056	6.326	6.839
18 hr	1080	4.678	5.788	6.368	6.971	7.348	7.675	8.298
12 hr	720	6.169	7.632	8.397	9.192	9.689	10.121	10.942
8 hr	480	7.865	9.731	10.706	11.720	12.354	12.904	13.951
6 hr	360	9.407	11.640	12.805	14.019	14.776	15.434	16.686
5 hr	300	10.548	13.052	14.359	15.719	16.568	17.307	18.711
4 hr	240	12.029	14.883	16.374	17.925	18.894	19.736	21.337
3 hr	180	14.188	17.555	19.313	21.143	22.285	23.278	25.166
2 hr	120	18.043	22.325	24.561	26.888	28.341	29.604	32.005
1 hr	60	27.759	34.346	37.786	41.366	43.601	45.544	49.239

Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Porvenir

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma								
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	4.040	4.900	5.384	5.924	6.283	6.614	7.301
18 hr	1080	4.902	5.946	6.533	7.187	7.624	8.025	8.859
12 hr	720	6.464	7.840	8.615	9.478	10.054	10.583	11.682
8 hr	480	8.242	9.996	10.984	12.084	12.818	13.493	14.895
6 hr	360	9.858	11.957	13.138	14.454	15.332	16.139	17.815
5 hr	300	11.054	13.407	14.731	16.207	17.192	18.096	19.977
4 hr	240	12.605	15.289	16.799	18.482	19.604	20.636	22.780
3 hr	180	14.868	18.033	19.814	21.799	23.123	24.340	26.869
2 hr	120	18.908	22.933	25.199	27.722	29.407	30.954	34.170
1 hr	60	29.089	35.282	38.767	42.650	45.241	47.622	52.570

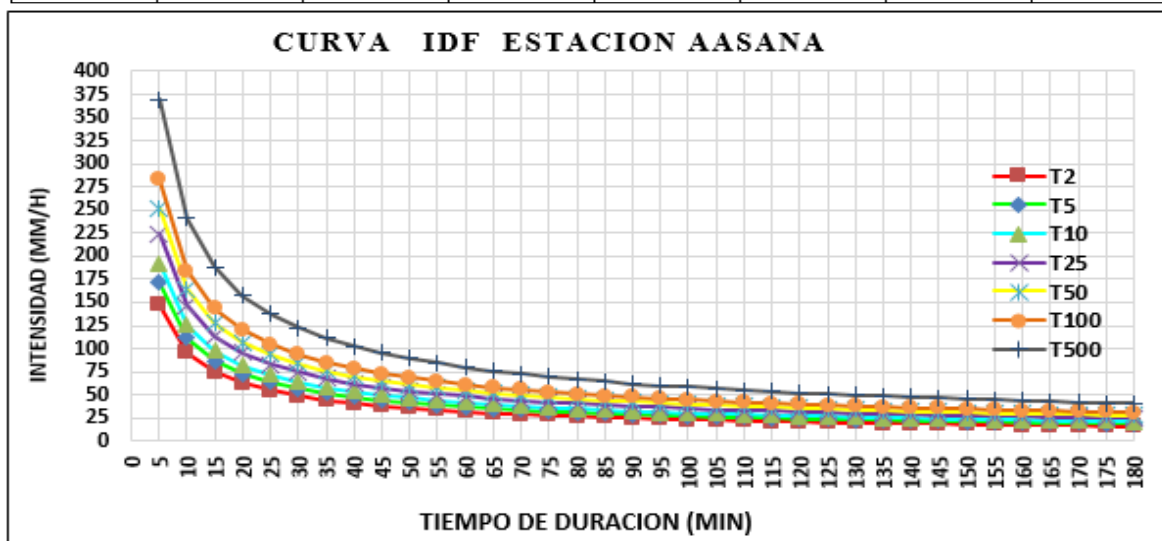
Fuente: Elaboración propia

Anexo 7 Tablas de valores y curvas IDF de las estaciones en estudio

Estación "AASANA"

$$I = \frac{353.17358 * T^{0.16693}}{t^{0.61639}}$$

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	147.03	171.33	192.35	224.14	251.64	282.50	369.58
10	95.91	111.76	125.47	146.21	164.14	184.28	241.08
15	74.70	87.05	97.72	113.88	127.84	143.53	187.77
20	62.56	72.90	81.84	95.37	107.07	120.21	157.26
25	54.52	63.53	71.33	83.12	93.31	104.76	137.05
30	48.73	56.78	63.75	74.28	83.39	93.62	122.48
35	44.31	51.63	57.97	67.55	75.83	85.14	111.38
40	40.81	47.55	53.39	62.21	69.84	78.41	102.58
45	37.95	44.22	49.65	57.85	64.95	72.92	95.40
50	35.56	41.44	46.53	54.22	60.87	68.33	89.40
55	33.54	39.08	43.87	51.12	57.39	64.44	84.30
60	31.78	37.04	41.58	48.45	54.40	61.07	79.89
65	30.25	35.25	39.58	46.12	51.78	58.13	76.05
70	28.90	33.68	37.81	44.06	49.47	55.54	72.65
75	27.70	32.28	36.24	42.23	47.41	53.22	69.63
80	26.62	31.02	34.82	40.58	45.56	51.15	66.91
85	25.64	29.88	33.55	39.09	43.89	49.27	64.46
90	24.76	28.85	32.39	37.74	42.37	47.57	62.23
95	23.94	27.90	31.32	36.50	40.98	46.01	60.19
100	23.20	27.03	30.35	35.37	39.70	44.57	58.31
105	22.51	26.23	29.45	34.32	38.53	43.25	56.59
110	21.88	25.49	28.62	33.35	37.44	42.03	54.99
115	21.28	24.80	27.84	32.45	36.43	40.90	53.50
120	20.73	24.16	27.12	31.61	35.48	39.84	52.12
125	20.22	23.56	26.45	30.82	34.60	38.85	50.82
130	19.73	23.00	25.82	30.08	33.78	37.92	49.61
135	19.28	22.47	25.22	29.39	33.00	37.05	48.47
140	18.85	21.97	24.66	28.74	32.27	36.23	47.39
145	18.45	21.50	24.14	28.13	31.58	35.45	46.38
150	18.07	21.06	23.64	27.54	30.92	34.72	45.42
155	17.71	20.63	23.17	26.99	30.31	34.02	44.51
160	17.36	20.23	22.72	26.47	29.72	33.36	43.65
165	17.04	19.85	22.29	25.97	29.16	32.74	42.83
170	16.73	19.49	21.88	25.50	28.63	32.14	42.05
175	16.43	19.15	21.50	25.05	28.12	31.57	41.30
180	16.15	18.82	21.13	24.62	27.64	31.03	40.59

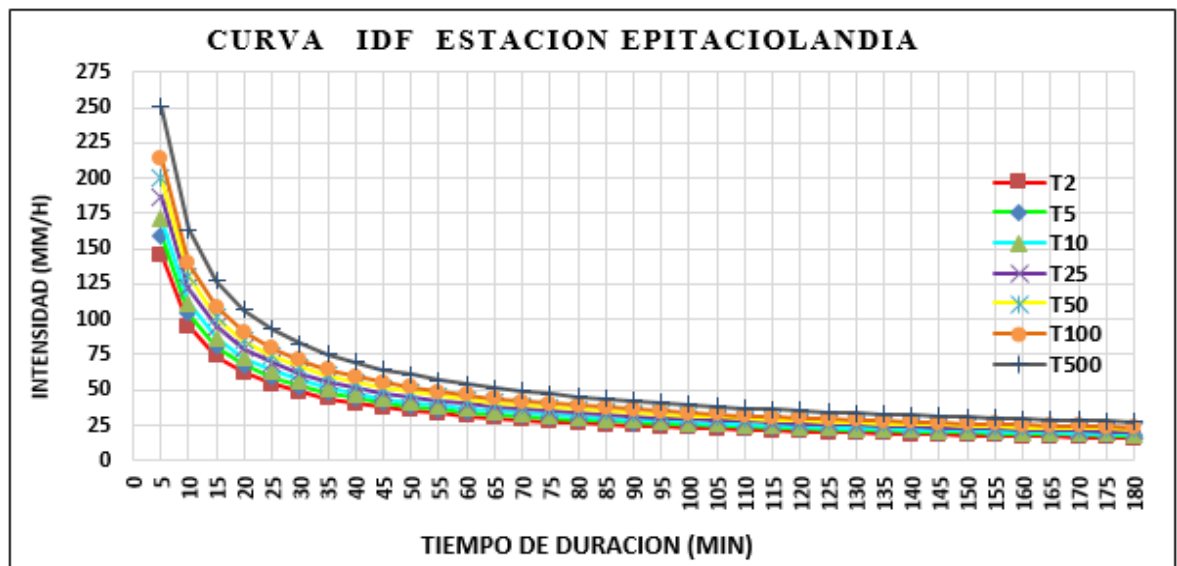


Fuente: Elaboración propia

Estación "Epitaciolandia"

$$I = \frac{367.7653 * T^{0.097915}}{t^{0.61639}}$$

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	145.95	159.65	170.86	186.90	200.03	214.08	250.61
10	95.21	104.14	111.46	121.92	130.48	139.64	163.48
15	74.15	81.11	86.81	94.96	101.62	108.76	127.33
20	62.10	67.93	72.70	79.53	85.11	91.09	106.64
25	54.12	59.20	63.36	69.31	74.17	79.38	92.93
30	48.37	52.91	56.63	61.94	66.29	70.95	83.05
35	43.98	48.11	51.49	56.33	60.28	64.51	75.53
40	40.51	44.31	47.42	51.88	55.52	59.42	69.56
45	37.67	41.21	44.10	48.24	51.63	55.26	64.69
50	35.30	38.62	41.33	45.21	48.38	51.78	60.62
55	33.29	36.41	38.97	42.63	45.62	48.83	57.16
60	31.55	34.51	36.94	40.40	43.24	46.28	54.18
65	30.03	32.85	35.16	38.46	41.16	44.05	51.57
70	28.69	31.38	33.59	36.74	39.32	42.08	49.27
75	27.50	30.08	32.19	35.21	37.68	40.33	47.21
80	26.42	28.90	30.93	33.84	36.21	38.76	45.37
85	25.46	27.84	29.80	32.60	34.89	37.34	43.71
90	24.57	26.88	28.77	31.47	33.68	36.04	42.20
95	23.77	26.00	27.83	30.44	32.58	34.86	40.81
100	23.03	25.19	26.96	29.49	31.56	33.78	39.54
105	22.35	24.44	26.16	28.62	30.63	32.78	38.37
110	21.72	23.75	25.42	27.81	29.76	31.85	37.29
115	21.13	23.11	24.73	27.06	28.96	30.99	36.28
120	20.58	22.51	24.09	26.36	28.21	30.19	35.34
125	20.07	21.95	23.50	25.70	27.51	29.44	34.46
130	19.59	21.43	22.93	25.09	26.85	28.73	33.64
135	19.14	20.94	22.41	24.51	26.23	28.07	32.86
140	18.72	20.47	21.91	23.97	25.65	27.45	32.14
145	18.32	20.03	21.44	23.45	25.10	26.86	31.45
150	17.94	19.62	21.00	22.97	24.58	26.31	30.80
155	17.58	19.23	20.58	22.51	24.09	25.78	30.18
160	17.24	18.85	20.18	22.07	23.62	25.28	29.60
165	16.91	18.50	19.80	21.66	23.18	24.81	29.04
170	16.60	18.16	19.44	21.26	22.76	24.35	28.51
175	16.31	17.84	19.09	20.89	22.35	23.92	28.01
180	16.03	17.53	18.77	20.53	21.97	23.51	27.52

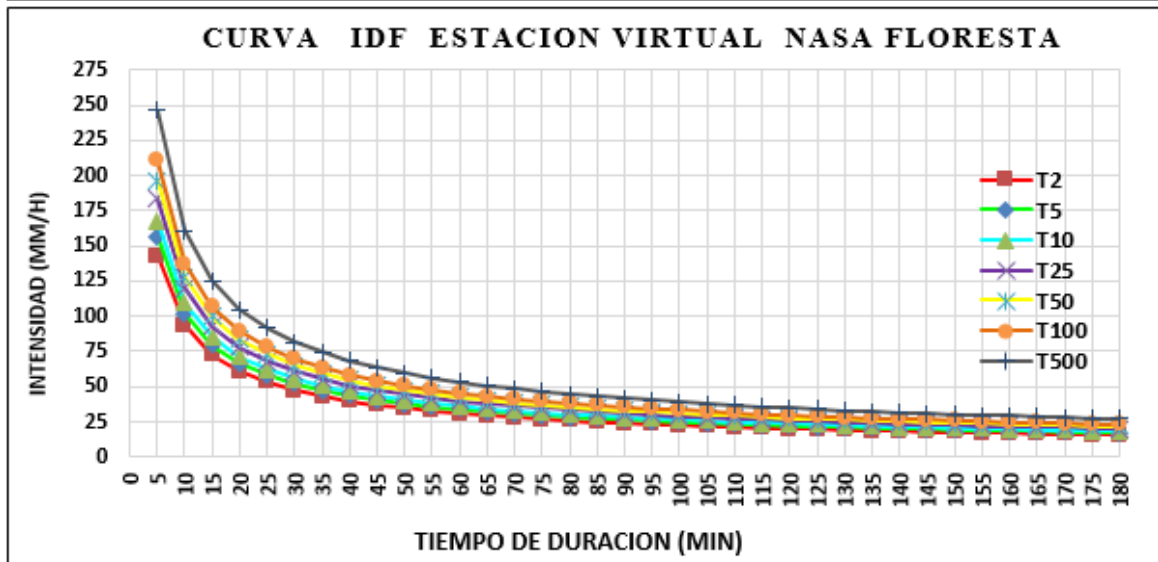


Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Floresta

$$I = \frac{361.1098 * T^{0.098310}}{t^{0.61639}}$$

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	143.35	156.86	167.92	183.75	196.71	210.58	246.68
10	93.51	102.32	109.54	119.86	128.32	137.36	160.91
15	72.83	79.69	85.31	93.36	99.94	106.99	125.33
20	61.00	66.74	71.45	78.19	83.70	89.60	104.96
25	53.16	58.17	62.27	68.14	72.94	78.09	91.48
30	47.51	51.98	55.65	60.90	65.19	69.79	81.75
35	43.20	47.27	50.61	55.38	59.28	63.46	74.34
40	39.79	43.54	46.61	51.00	54.60	58.45	68.47
45	37.00	40.49	43.34	47.43	50.77	54.36	63.67
50	34.67	37.94	40.62	44.45	47.58	50.94	59.67
55	32.70	35.78	38.30	41.91	44.87	48.03	56.27
60	30.99	33.91	36.30	39.72	42.52	45.52	53.33
65	29.50	32.28	34.55	37.81	40.48	43.33	50.76
70	28.18	30.84	33.01	36.12	38.67	41.40	48.49
75	27.01	29.55	31.64	34.62	37.06	39.67	46.47
80	25.95	28.40	30.40	33.27	35.61	38.13	44.66
85	25.00	27.36	29.29	32.05	34.31	36.73	43.02
90	24.14	26.41	28.27	30.94	33.12	35.46	41.53
95	23.34	25.55	27.35	29.92	32.03	34.29	40.17
100	22.62	24.75	26.50	28.99	31.04	33.23	38.92
105	21.95	24.02	25.71	28.13	30.12	32.24	37.77
110	21.33	23.34	24.98	27.34	29.27	31.33	36.70
115	20.75	22.71	24.31	26.60	28.48	30.48	35.71
120	20.21	22.12	23.68	25.91	27.74	29.69	34.79
125	19.71	21.57	23.09	25.27	27.05	28.96	33.92
130	19.24	21.05	22.54	24.66	26.40	28.27	33.11
135	18.80	20.57	22.02	24.10	25.80	27.62	32.35
140	18.38	20.11	21.53	23.56	25.22	27.00	31.63
145	17.99	19.68	21.07	23.06	24.68	26.43	30.96
150	17.62	19.28	20.64	22.58	24.17	25.88	30.32
155	17.26	18.89	20.22	22.13	23.69	25.36	29.71
160	16.93	18.53	19.83	21.70	23.23	24.87	29.13
165	16.61	18.18	19.46	21.29	22.79	24.40	28.59
170	16.31	17.85	19.10	20.91	22.38	23.96	28.06
175	16.02	17.53	18.77	20.53	21.98	23.53	27.57
180	15.74	17.23	18.44	20.18	21.60	23.13	27.09

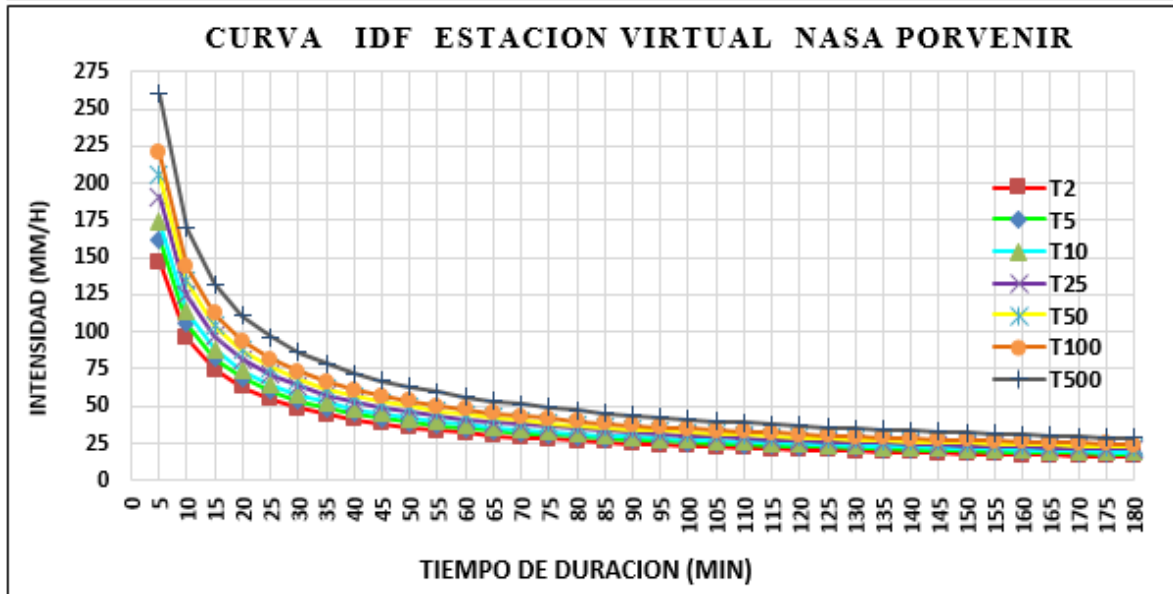


Fuente: Elaboración propia

/Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Porvenir

$$I = \frac{370.1395 * T^{0.102920}}{t^{0.61639}}$$

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	147.40	161.98	173.96	191.16	205.30	220.48	260.20
10	96.15	105.66	113.47	124.70	133.92	143.82	169.73
15	74.89	82.30	88.38	97.12	104.30	112.02	132.20
20	62.72	68.92	74.02	81.34	87.35	93.81	110.71
25	54.66	60.07	64.51	70.89	76.13	81.76	96.49
30	48.85	53.68	57.65	63.35	68.04	73.07	86.23
35	44.42	48.82	52.43	57.61	61.87	66.45	78.42
40	40.91	44.96	48.28	53.06	56.98	61.20	72.22
45	38.05	41.81	44.90	49.34	52.99	56.91	67.16
50	35.66	39.18	42.08	46.24	49.66	53.33	62.94
55	33.62	36.95	39.68	43.60	46.83	50.29	59.35
60	31.87	35.02	37.61	41.33	44.38	47.66	56.25
65	30.33	33.33	35.80	39.34	42.24	45.37	53.54
70	28.98	31.84	34.20	37.58	40.36	43.34	51.15
75	27.77	30.52	32.77	36.01	38.68	41.54	49.02
80	26.69	29.33	31.50	34.61	37.17	39.92	47.11
85	25.71	28.25	30.34	33.34	35.81	38.45	45.38
90	24.82	27.27	29.29	32.19	34.57	37.12	43.81
95	24.01	26.38	28.33	31.13	33.43	35.91	42.37
100	23.26	25.56	27.45	30.16	32.39	34.79	41.06
105	22.57	24.80	26.63	29.27	31.43	33.76	39.84
110	21.93	24.10	25.88	28.44	30.54	32.80	38.71
115	21.34	23.45	25.18	27.67	29.72	31.92	37.67
120	20.79	22.84	24.53	26.96	28.95	31.09	36.69
125	20.27	22.27	23.92	26.29	28.23	30.32	35.78
130	19.79	21.74	23.35	25.66	27.56	29.59	34.93
135	19.33	21.24	22.81	25.07	26.92	28.91	34.12
140	18.90	20.77	22.31	24.51	26.33	28.27	33.37
145	18.50	20.33	21.83	23.99	25.76	27.67	32.65
150	18.11	19.91	21.38	23.49	25.23	27.10	31.98
155	17.75	19.51	20.95	23.02	24.72	26.55	31.34
160	17.41	19.13	20.54	22.58	24.25	26.04	30.73
165	17.08	18.77	20.16	22.15	23.79	25.55	30.15
170	16.77	18.43	19.79	21.75	23.36	25.08	29.60
175	16.47	18.10	19.44	21.36	22.94	24.64	29.08
180	16.19	17.79	19.11	21.00	22.55	24.22	28.58

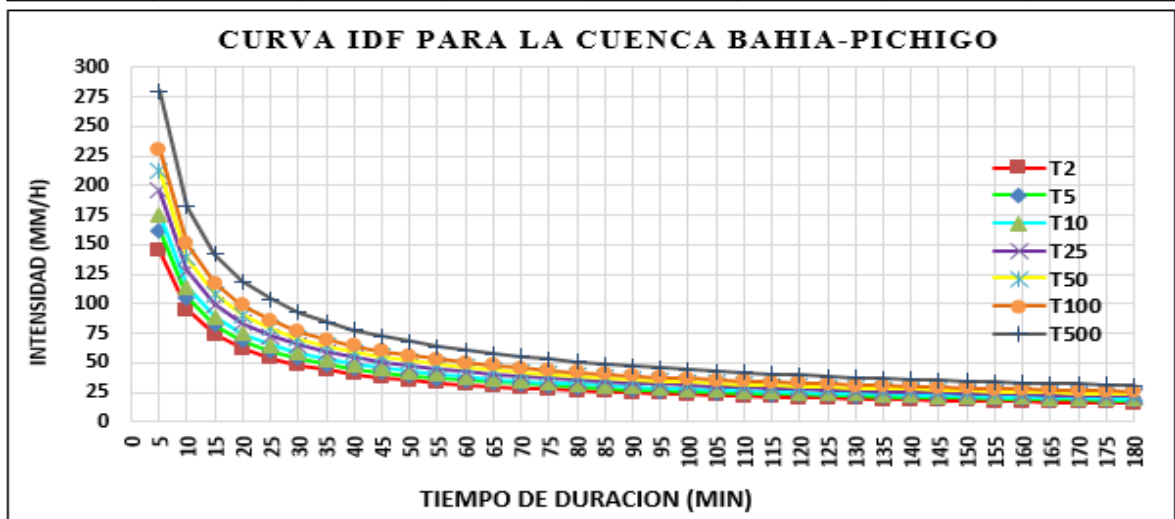


Fuente: Elaboración propia

Estación Base Curva I-D-F para la cuenca bahía-distribuida mediante Thiessen

$$I = \frac{360.3202 * T^{0.118944}}{t^{0.61639}}$$

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	145.10	161.80	175.71	195.94	212.78	231.07	279.82
10	94.65	105.55	114.62	127.81	138.80	150.73	182.53
15	73.72	82.21	89.27	99.55	108.10	117.40	142.16
20	61.74	68.85	74.76	83.37	90.54	98.32	119.06
25	53.81	60.00	65.16	72.66	78.90	85.69	103.76
30	48.09	53.62	58.23	64.94	70.52	76.58	92.73
35	43.73	48.76	52.95	59.05	64.13	69.64	84.33
40	40.27	44.91	48.77	54.38	59.06	64.13	77.67
45	37.45	41.76	45.35	50.58	54.92	59.64	72.23
50	35.10	39.14	42.50	47.40	51.47	55.89	67.69
55	33.09	36.91	40.08	44.69	48.53	52.70	63.82
60	31.37	34.98	37.98	42.36	46.00	49.95	60.49
65	29.86	33.29	36.16	40.32	43.78	47.55	57.58
70	28.52	31.81	34.54	38.52	41.83	45.42	55.01
75	27.34	30.48	33.10	36.92	40.09	43.53	52.72
80	26.27	29.29	31.81	35.48	38.52	41.83	50.66
85	25.31	28.22	30.65	34.17	37.11	40.30	48.80
90	24.43	27.24	29.58	32.99	35.83	38.91	47.11
95	23.63	26.35	28.61	31.91	34.65	37.63	45.57
100	22.89	25.53	27.72	30.92	33.57	36.46	44.15
105	22.22	24.77	26.90	30.00	32.58	35.38	42.84
110	21.59	24.07	26.14	29.15	31.66	34.38	41.63
115	21.00	23.42	25.44	28.36	30.80	33.45	40.51
120	20.46	22.82	24.78	27.63	30.00	32.58	39.46
125	19.95	22.25	24.16	26.94	29.26	31.77	38.48
130	19.48	21.72	23.58	26.30	28.56	31.01	37.56
135	19.03	21.22	23.04	25.70	27.90	30.30	36.69
140	18.61	20.75	22.53	25.13	27.29	29.63	35.88
145	18.21	20.30	22.05	24.59	26.70	29.00	35.11
150	17.83	19.88	21.59	24.08	26.15	28.40	34.39
155	17.47	19.49	21.16	23.60	25.63	27.83	33.70
160	17.14	19.11	20.75	23.14	25.13	27.29	33.05
165	16.81	18.75	20.36	22.71	24.66	26.78	32.43
170	16.51	18.41	19.99	22.29	24.21	26.29	31.83
175	16.21	18.08	19.64	21.90	23.78	25.82	31.27
180	15.94	17.77	19.30	21.52	23.37	25.38	30.73

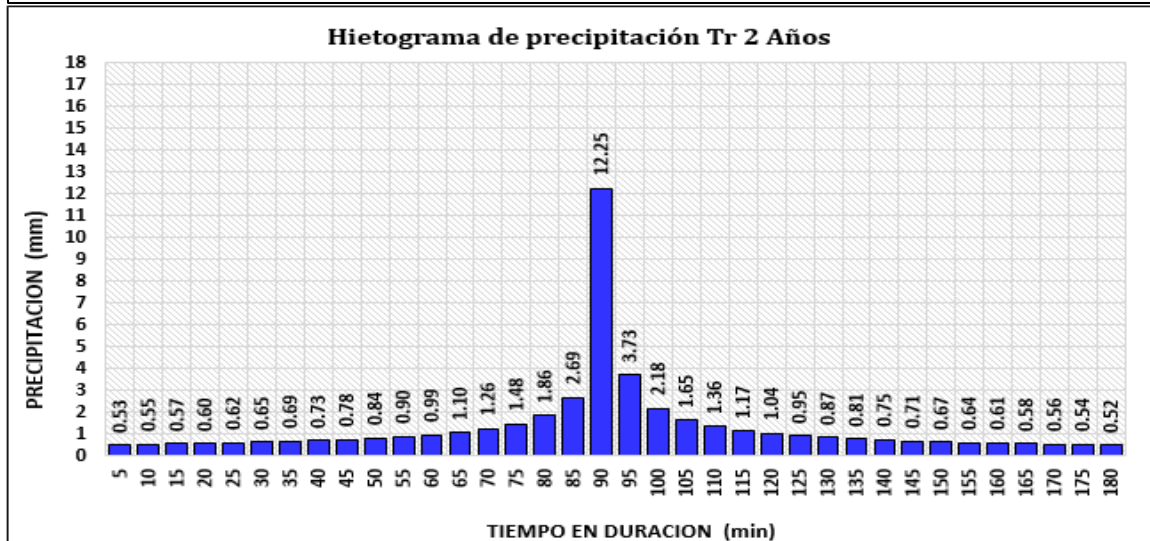


Fuente: Elaboración propia

Anexo 8 Hietograma de diseño de precipitación por método de bloques alternos de las estaciones en estudio

Estación “AASANA”

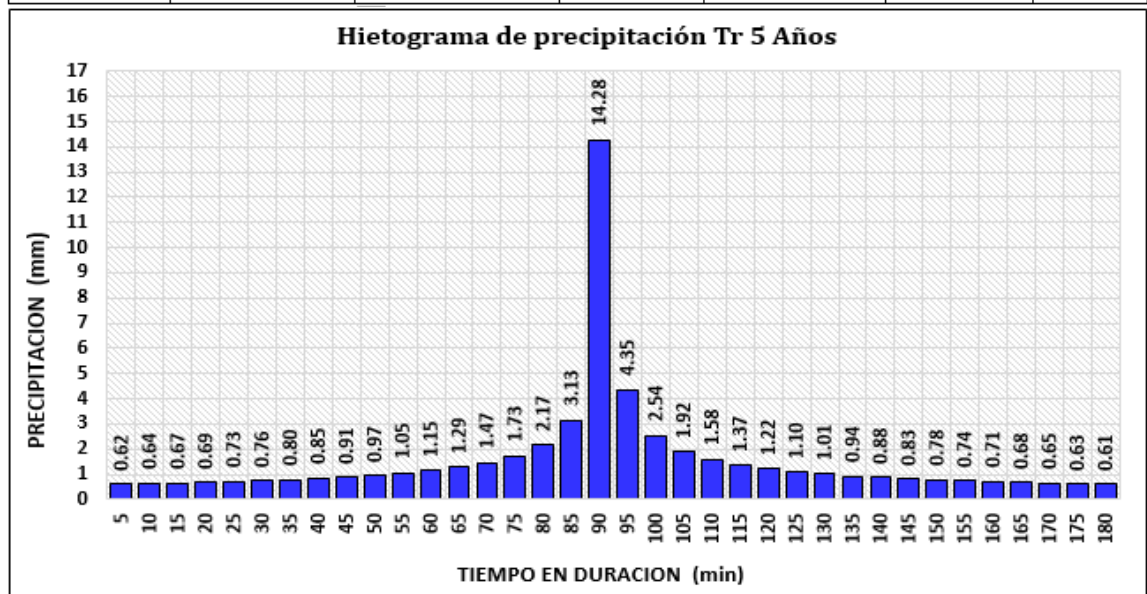
<i>Hietograma Para Periodo Retorno 2 Años</i>						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	147.03	12.25	12.25	147.03	0.53	6.36
10	95.91	15.98	3.73	44.79	0.55	6.60
15	74.70	18.67	2.69	32.28	0.57	6.86
20	62.56	20.85	2.18	26.15	0.60	7.15
25	54.52	22.72	1.86	22.36	0.62	7.48
30	48.73	24.36	1.65	19.75	0.65	7.85
35	44.31	25.85	1.48	17.81	0.69	8.28
40	40.81	27.21	1.36	16.30	0.73	8.77
45	37.95	28.46	1.26	15.09	0.78	9.34
50	35.56	29.64	1.17	14.09	0.84	10.02
55	33.54	30.74	1.10	13.24	0.90	10.85
60	31.78	31.78	1.04	12.52	0.99	11.89
65	30.25	32.78	0.99	11.89	1.10	13.24
70	28.90	33.72	0.95	11.34	1.26	15.09
75	27.70	34.62	0.90	10.85	1.48	17.81
80	26.62	35.49	0.87	10.42	1.86	22.36
85	25.64	36.33	0.84	10.02	2.69	32.28
90	24.76	37.13	0.81	9.66	12.25	147.03
95	23.94	37.91	0.78	9.34	3.73	44.79
100	23.20	38.66	0.75	9.04	2.18	26.15
105	22.51	39.40	0.73	8.77	1.65	19.75
110	21.88	40.10	0.71	8.51	1.36	16.30
115	21.28	40.79	0.69	8.28	1.17	14.09
120	20.73	41.47	0.67	8.06	1.04	12.52
125	20.22	42.12	0.65	7.85	0.95	11.34
130	19.73	42.76	0.64	7.66	0.87	10.42
135	19.28	43.38	0.62	7.48	0.81	9.66
140	18.85	43.99	0.61	7.31	0.75	9.04
145	18.45	44.59	0.60	7.15	0.71	8.51
150	18.07	45.17	0.58	7.00	0.67	8.06
155	17.71	45.74	0.57	6.86	0.64	7.66
160	17.36	46.30	0.56	6.73	0.61	7.31
165	17.04	46.85	0.55	6.60	0.58	7.00
170	16.73	47.39	0.54	6.48	0.56	6.73
175	16.43	47.92	0.53	6.36	0.54	6.48
180	16.15	48.44	0.52	6.25	0.52	6.25



Fuente: Elaboración propia

Estación "AASANA"

Hietograma Para Periodo Retorno 5 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	171.33	14.28	14.28	171.33	0.62	7.41
10	111.76	18.63	4.35	52.19	0.64	7.69
15	87.05	21.76	3.13	37.62	0.67	8.00
20	72.90	24.30	2.54	30.47	0.69	8.34
25	63.53	26.47	2.17	26.06	0.73	8.72
30	56.78	28.39	1.92	23.01	0.76	9.15
35	51.63	30.12	1.73	20.75	0.80	9.64
40	47.55	31.70	1.58	19.00	0.85	10.21
45	44.22	33.17	1.47	17.58	0.91	10.88
50	41.44	34.54	1.37	16.42	0.97	11.68
55	39.08	35.82	1.29	15.43	1.05	12.65
60	37.04	37.04	1.22	14.59	1.15	13.86
65	35.25	38.19	1.15	13.86	1.29	15.43
70	33.68	39.29	1.10	13.22	1.47	17.58
75	32.28	40.35	1.05	12.65	1.73	20.75
80	31.02	41.36	1.01	12.14	2.17	26.06
85	29.88	42.33	0.97	11.68	3.13	37.62
90	28.85	43.27	0.94	11.26	4.35	52.19
95	27.90	44.18	0.91	10.88	5.88	72.90
100	27.03	45.06	0.88	10.53	7.69	102.19
105	26.23	45.91	0.85	10.21	9.64	138.63
110	25.49	46.73	0.83	9.92	11.68	183.33
115	24.80	47.54	0.80	9.64	13.86	237.19
120	24.16	48.32	0.78	9.39	16.06	300.25
125	23.56	49.08	0.76	9.15	18.34	372.59
130	23.00	49.83	0.74	8.93	20.69	454.18
135	22.47	50.55	0.73	8.72	23.11	545.09
140	21.97	51.26	0.71	8.52	25.60	645.29
145	21.50	51.96	0.69	8.34	28.16	754.75
150	21.06	52.64	0.68	8.16	30.79	873.44
155	20.63	53.30	0.67	8.00	33.49	1001.33
160	20.23	53.96	0.65	7.84	36.25	1138.58
165	19.85	54.60	0.64	7.69	39.06	1285.19
170	19.49	55.23	0.63	7.55	41.93	1441.12
175	19.15	55.84	0.62	7.41	44.86	1606.28
180	18.82	56.45	0.61	7.28	47.84	1780.62

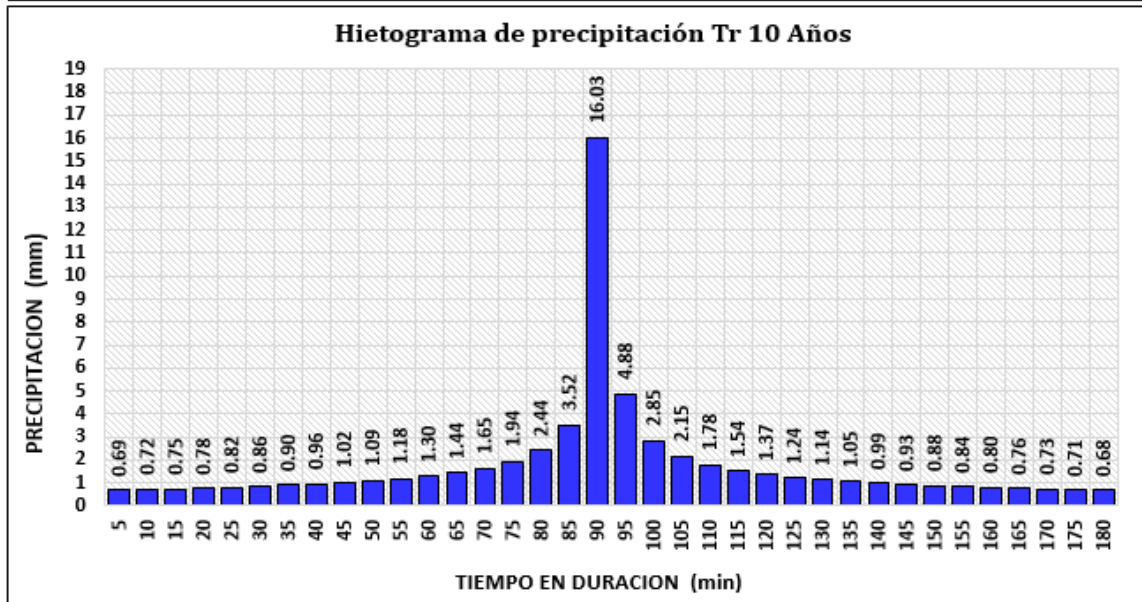


Fuente: Elaboración propia

Estación "AASANA"

Hietograma Para Periodo Retorno 10 Años

Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	192.35	16.03	16.03	192.35	0.69	8.32
10	125.47	20.91	4.88	58.59	0.72	8.63
15	97.72	24.43	3.52	42.23	0.75	8.98
20	81.84	27.28	2.85	34.21	0.78	9.36
25	71.33	29.72	2.44	29.26	0.82	9.79
30	63.75	31.87	2.15	25.84	0.86	10.27
35	57.97	33.81	1.94	23.30	0.90	10.83
40	53.39	35.59	1.78	21.33	0.96	11.47
45	49.65	37.24	1.65	19.74	1.02	12.22
50	46.53	38.77	1.54	18.43	1.09	13.11
55	43.87	40.22	1.44	17.33	1.18	14.20
60	41.58	41.58	1.37	16.38	1.30	15.56
65	39.58	42.88	1.30	15.56	1.44	17.33
70	37.81	44.11	1.24	14.84	1.65	19.74
75	36.24	45.30	1.18	14.20	1.94	23.30
80	34.82	46.43	1.14	13.63	2.44	29.26
85	33.55	47.53	1.09	13.11	3.52	42.23
90	32.39	48.58	1.05	12.64	16.03	192.35
95	31.32	49.60	1.02	12.22	4.88	58.59
100	30.35	50.58	0.99	11.83	2.85	34.21
105	29.45	51.54	0.96	11.47	2.15	25.84
110	28.62	52.47	0.93	11.14	1.78	21.33
115	27.84	53.37	0.90	10.83	1.54	18.43
120	27.12	54.25	0.88	10.54	1.37	16.38
125	26.45	55.10	0.86	10.27	1.24	14.84
130	25.82	55.94	0.84	10.02	1.14	13.63
135	25.22	56.75	0.82	9.79	1.05	12.64
140	24.66	57.55	0.80	9.57	0.99	11.83
145	24.14	58.33	0.78	9.36	0.93	11.14
150	23.64	59.10	0.76	9.16	0.88	10.54
155	23.17	59.84	0.75	8.98	0.84	10.02
160	22.72	60.58	0.73	8.80	0.80	9.57
165	22.29	61.30	0.72	8.63	0.76	9.16
170	21.88	62.00	0.71	8.47	0.73	8.80
175	21.50	62.70	0.69	8.32	0.71	8.47
180	21.13	63.38	0.68	8.17	0.68	8.17

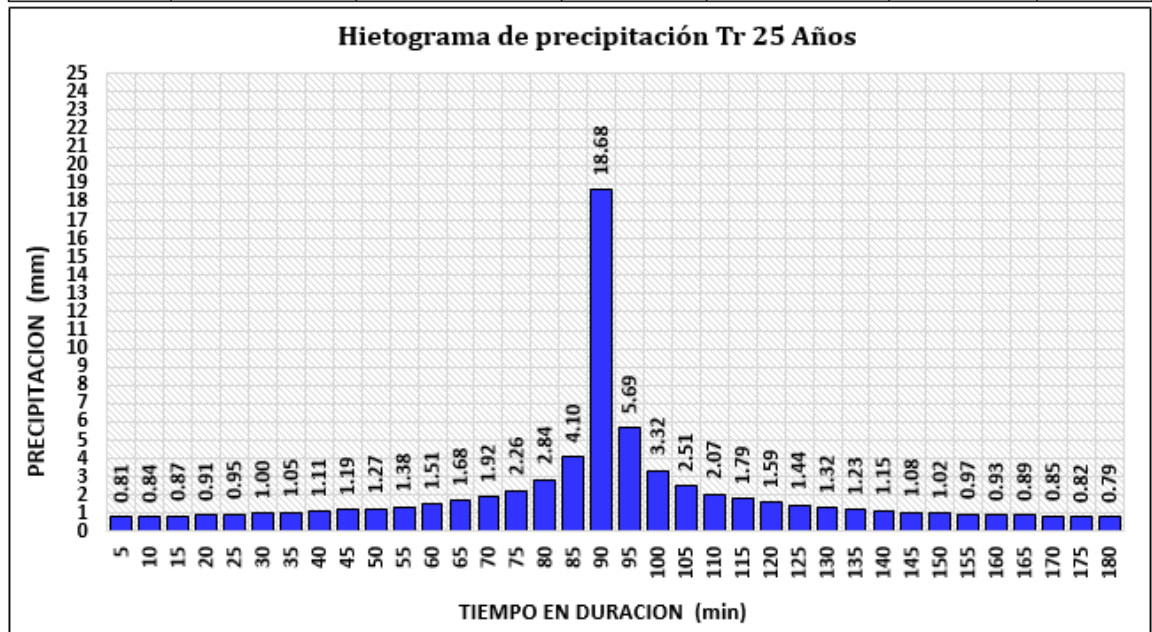


Fuente: Elaboración propia

Estación "AASANA"

Hietograma Para Periodo Retorno 25 Años

Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	224.14	18.68	18.68	224.14	0.81	9.69
10	146.21	24.37	5.69	68.27	0.84	10.06
15	113.88	28.47	4.10	49.21	0.87	10.46
20	95.37	31.79	3.32	39.86	0.91	10.91
25	83.12	34.63	2.84	34.09	0.95	11.41
30	74.28	37.14	2.51	30.11	1.00	11.97
35	67.55	39.40	2.26	27.15	1.05	12.62
40	62.21	41.47	2.07	24.85	1.11	13.36
45	57.85	43.39	1.92	23.00	1.19	14.24
50	54.22	45.18	1.79	21.48	1.27	15.28
55	51.12	46.86	1.68	20.19	1.38	16.54
60	48.45	48.45	1.59	19.09	1.51	18.13
65	46.12	49.96	1.51	18.13	1.68	20.19
70	44.06	51.41	1.44	17.29	1.92	23.00
75	42.23	52.78	1.38	16.54	2.26	27.15
80	40.58	54.11	1.32	15.88	2.84	34.09
85	39.09	55.38	1.27	15.28	4.10	49.21
90	37.74	56.61	1.23	14.73	18.68	224.14
95	36.50	57.79	1.19	14.24	5.69	68.27
100	35.37	58.94	1.15	13.78	3.32	39.86
105	34.32	60.06	1.11	13.36	2.51	30.11
110	33.35	61.14	1.08	12.98	2.07	24.85
115	32.45	62.19	1.05	12.62	1.79	21.48
120	31.61	63.21	1.02	12.28	1.59	19.09
125	30.82	64.21	1.00	11.97	1.44	17.29
130	30.08	65.18	0.97	11.68	1.32	15.88
135	29.39	66.13	0.95	11.41	1.23	14.73
140	28.74	67.06	0.93	11.15	1.15	13.78
145	28.13	67.97	0.91	10.91	1.08	12.98
150	27.54	68.86	0.89	10.68	1.02	12.28
155	26.99	69.73	0.87	10.46	0.97	11.68
160	26.47	70.59	0.85	10.25	0.93	11.15
165	25.97	71.43	0.84	10.06	0.89	10.68
170	25.50	72.25	0.82	9.87	0.85	10.25
175	25.05	73.06	0.81	9.69	0.82	9.87
180	24.62	73.85	0.79	9.53	0.79	9.53

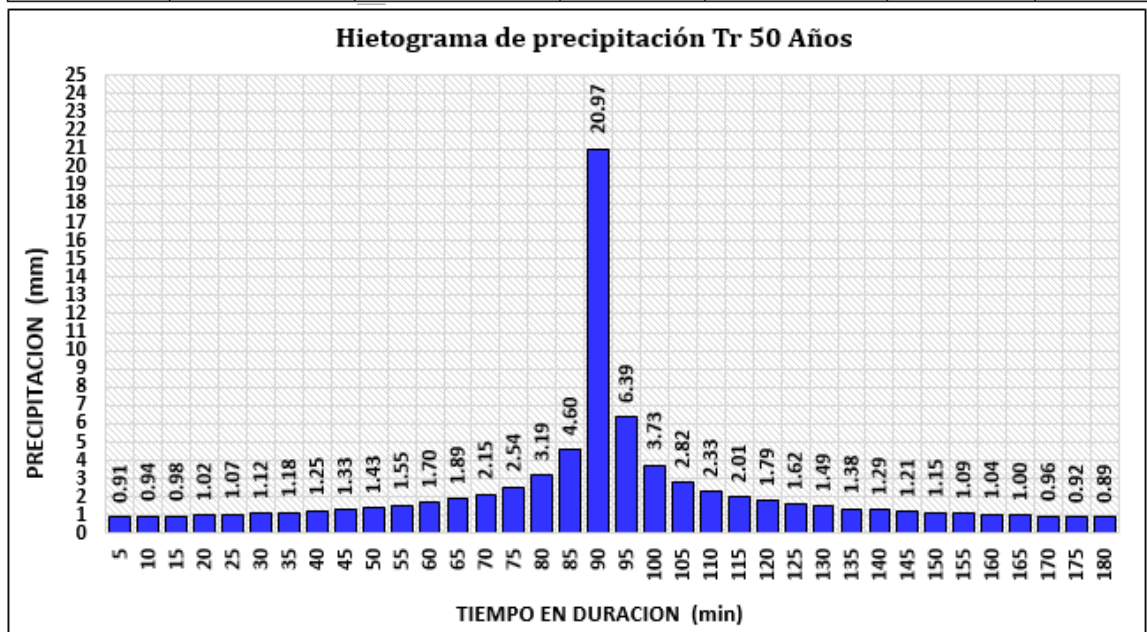


Fuente: Elaboración propia

Estación “AASANA”

Hietograma Para Periodo Retorno 50 Años

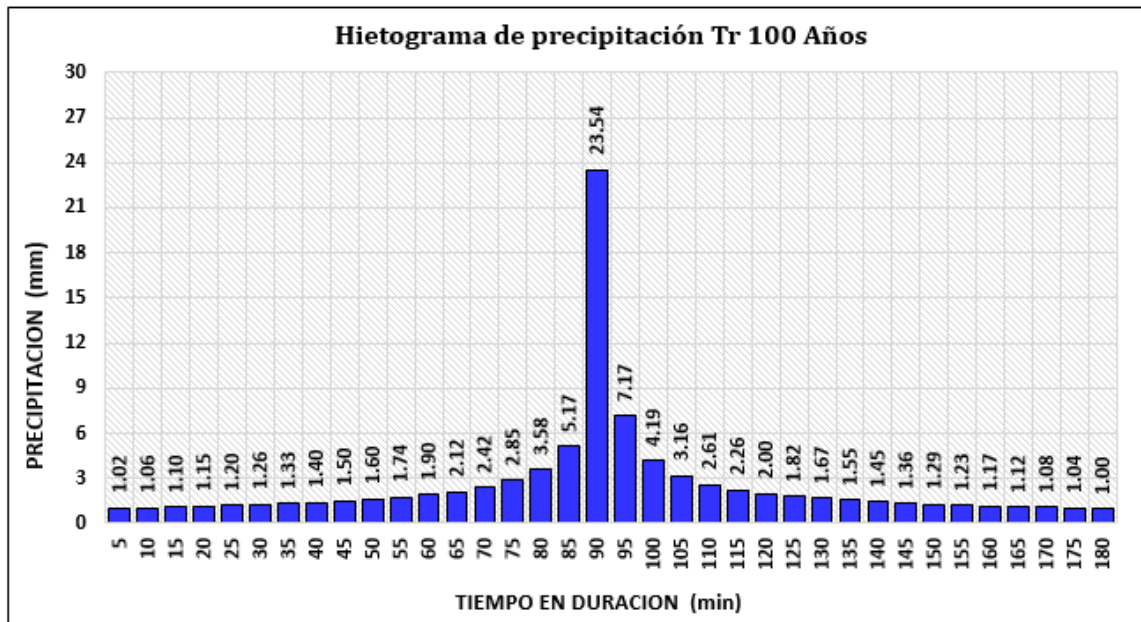
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	251.64	20.97	20.97	251.64	0.91	10.88
10	164.14	27.36	6.39	76.65	0.94	11.29
15	127.84	31.96	4.60	55.25	0.98	11.74
20	107.07	35.69	3.73	44.75	1.02	12.24
25	93.31	38.88	3.19	38.28	1.07	12.81
30	83.39	41.70	2.82	33.80	1.12	13.44
35	75.83	44.24	2.54	30.48	1.18	14.17
40	69.84	46.56	2.33	27.90	1.25	15.00
45	64.95	48.71	2.15	25.82	1.33	15.98
50	60.87	50.72	2.01	24.11	1.43	17.15
55	57.39	52.61	1.89	22.67	1.55	18.57
60	54.40	54.40	1.79	21.43	1.70	20.35
65	51.78	56.09	1.70	20.35	1.89	22.67
70	49.47	57.71	1.62	19.41	2.15	25.82
75	47.41	59.26	1.55	18.57	2.54	30.48
80	45.56	60.74	1.49	17.83	3.19	38.28
85	43.89	62.17	1.43	17.15	4.60	55.25
90	42.37	63.55	1.38	16.54	20.97	251.64
95	40.98	64.88	1.33	15.98	6.39	76.65
100	39.70	66.17	1.29	15.47	3.73	44.75
105	38.53	67.42	1.25	15.00	2.82	33.80
110	37.44	68.64	1.21	14.57	2.33	27.90
115	36.43	69.82	1.18	14.17	2.01	24.11
120	35.48	70.97	1.15	13.79	1.79	21.43
125	34.60	72.09	1.12	13.44	1.62	19.41
130	33.78	73.18	1.09	13.11	1.49	17.83
135	33.00	74.25	1.07	12.81	1.38	16.54
140	32.27	75.29	1.04	12.52	1.29	15.47
145	31.58	76.31	1.02	12.24	1.21	14.57
150	30.92	77.31	1.00	11.99	1.15	13.79
155	30.31	78.29	0.98	11.74	1.09	13.11
160	29.72	79.25	0.96	11.51	1.04	12.52
165	29.16	80.19	0.94	11.29	1.00	11.99
170	28.63	81.11	0.92	11.08	0.96	11.51
175	28.12	82.02	0.91	10.88	0.92	11.08
180	27.64	82.91	0.89	10.69	0.89	10.69



Fuente: Elaboración propia

Estación "AASANA"

Hietograma Para Periodo Retorno 100 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	282.50	23.54	23.54	282.50	1.02	12.22
10	184.28	30.71	7.17	86.05	1.06	12.68
15	143.53	35.88	5.17	62.02	1.10	13.18
20	120.21	40.07	4.19	50.24	1.15	13.75
25	104.76	43.65	3.58	42.97	1.20	14.38
30	93.62	46.81	3.16	37.95	1.26	15.09
35	85.14	49.66	2.85	34.22	1.33	15.90
40	78.41	52.27	2.61	31.32	1.40	16.84
45	72.92	54.69	2.42	28.99	1.50	17.94
50	68.33	56.95	2.26	27.07	1.60	19.26
55	64.44	59.07	2.12	25.45	1.74	20.85
60	61.07	61.07	2.00	24.06	1.90	22.85
65	58.13	62.98	1.90	22.85	2.12	25.45
70	55.54	64.79	1.82	21.79	2.42	28.99
75	53.22	66.53	1.74	20.85	2.85	34.22
80	51.15	68.20	1.67	20.01	3.58	42.97
85	49.27	69.80	1.60	19.26	5.17	62.02
90	47.57	71.35	1.55	18.57	23.54	282.50
95	46.01	72.84	1.50	17.94	7.17	86.05
100	44.57	74.29	1.45	17.37	4.19	50.24
105	43.25	75.69	1.40	16.84	3.16	37.95
110	42.03	77.06	1.36	16.36	2.61	31.32
115	40.90	78.38	1.33	15.90	2.26	27.07
120	39.84	79.67	1.29	15.48	2.00	24.06
125	38.85	80.93	1.26	15.09	1.82	21.79
130	37.92	82.16	1.23	14.72	1.67	20.01
135	37.05	83.36	1.20	14.38	1.55	18.57
140	36.23	84.53	1.17	14.05	1.45	17.37
145	35.45	85.67	1.15	13.75	1.36	16.36
150	34.72	86.79	1.12	13.46	1.29	15.48
155	34.02	87.89	1.10	13.18	1.23	14.72
160	33.36	88.97	1.08	12.92	1.17	14.05
165	32.74	90.03	1.06	12.68	1.12	13.46
170	32.14	91.06	1.04	12.44	1.08	12.92
175	31.57	92.08	1.02	12.22	1.04	12.44
180	31.03	93.08	1.00	12.01	1.00	12.01

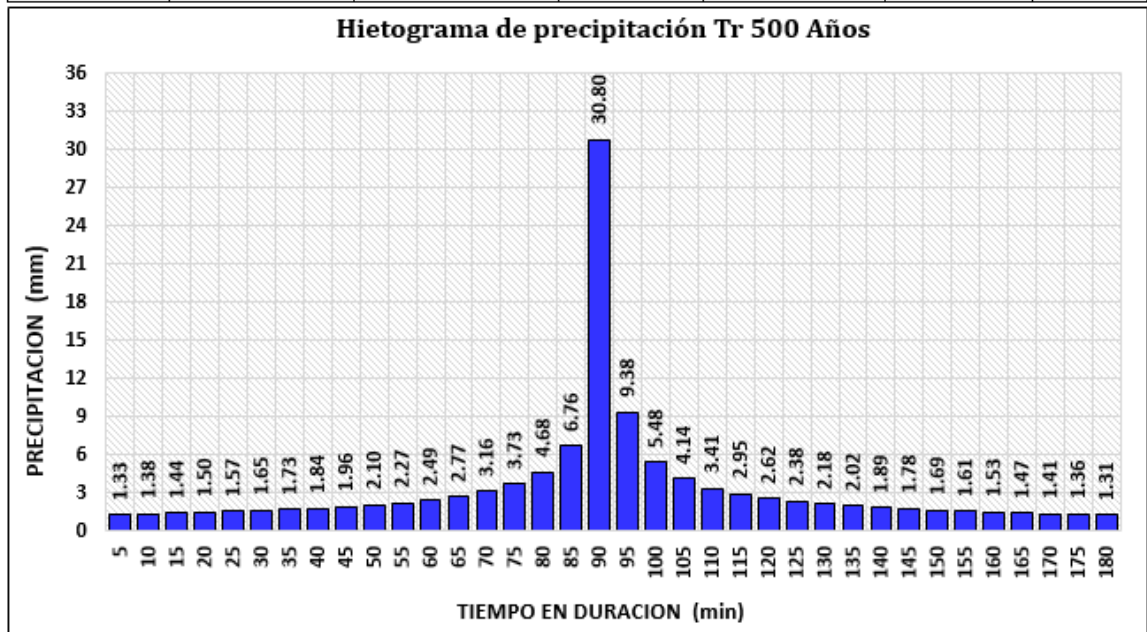


Fuente: Elaboración propia

Estación “AASANA”

Hietograma Para Periodo Retorno 500 Años

Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	369.58	30.80	30.80	369.58	1.33	15.99
10	241.08	40.18	9.38	112.58	1.38	16.59
15	187.77	46.94	6.76	81.14	1.44	17.25
20	157.26	52.42	5.48	65.73	1.50	17.98
25	137.05	57.10	4.68	56.22	1.57	18.81
30	122.48	61.24	4.14	49.64	1.65	19.74
35	111.38	64.97	3.73	44.77	1.73	20.81
40	102.58	68.39	3.41	40.98	1.84	22.03
45	95.40	71.55	3.16	37.93	1.96	23.47
50	89.40	74.50	2.95	35.41	2.10	25.19
55	84.30	77.27	2.77	33.29	2.27	27.28
60	79.89	79.89	2.62	31.47	2.49	29.90
65	76.05	82.39	2.49	29.90	2.77	33.29
70	72.65	84.76	2.38	28.51	3.16	37.93
75	69.63	87.03	2.27	27.28	3.73	44.77
80	66.91	89.22	2.18	26.18	4.68	56.22
85	64.46	91.32	2.10	25.19	6.76	81.14
90	62.23	93.34	2.02	24.29	30.80	369.58
95	60.19	95.30	1.96	23.47	9.38	112.58
100	58.31	97.19	1.89	22.72	5.48	65.73
105	56.59	99.03	1.84	22.03	4.14	49.64
110	54.99	100.81	1.78	21.40	3.41	40.98
115	53.50	102.54	1.73	20.81	2.95	35.41
120	52.12	104.23	1.69	20.25	2.62	31.47
125	50.82	105.88	1.65	19.74	2.38	28.51
130	49.61	107.48	1.61	19.26	2.18	26.18
135	48.47	109.05	1.57	18.81	2.02	24.29
140	47.39	110.58	1.53	18.38	1.89	22.72
145	46.38	112.08	1.50	17.98	1.78	21.40
150	45.42	113.55	1.47	17.61	1.69	20.25
155	44.51	114.98	1.44	17.25	1.61	19.26
160	43.65	116.39	1.41	16.91	1.53	18.38
165	42.83	117.77	1.38	16.59	1.47	17.61
170	42.05	119.13	1.36	16.28	1.41	16.91
175	41.30	120.46	1.33	15.99	1.36	16.28
180	40.59	121.77	1.31	15.71	1.31	15.71

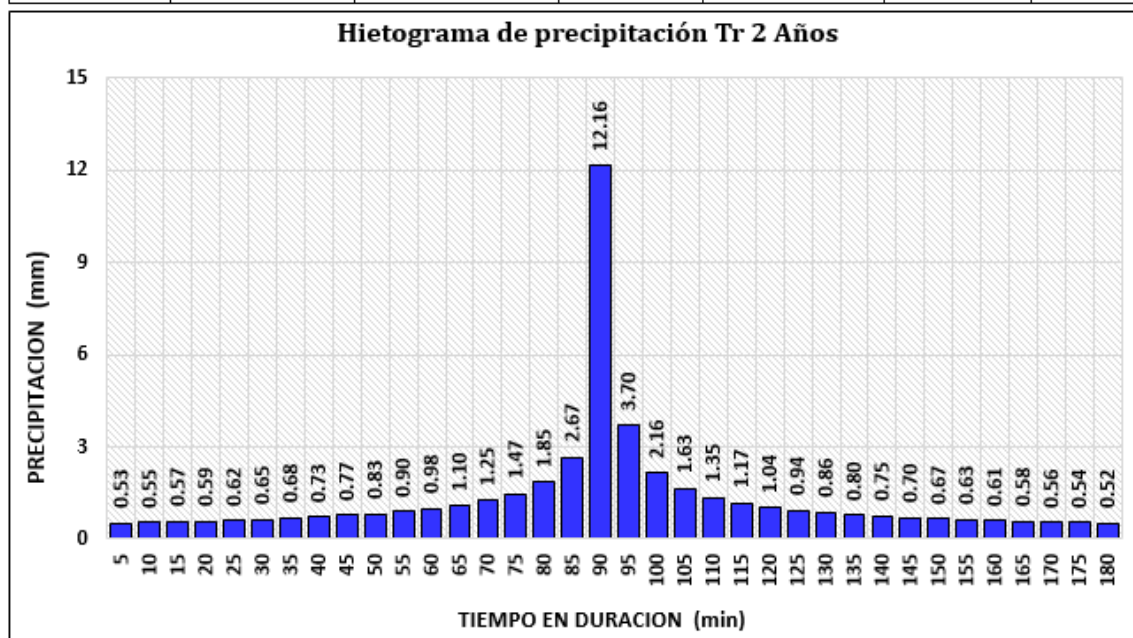


Fuente: Elaboración propio

Estación “Epitaciolandia”

Hietograma Para Periodo Retorno 2 Años

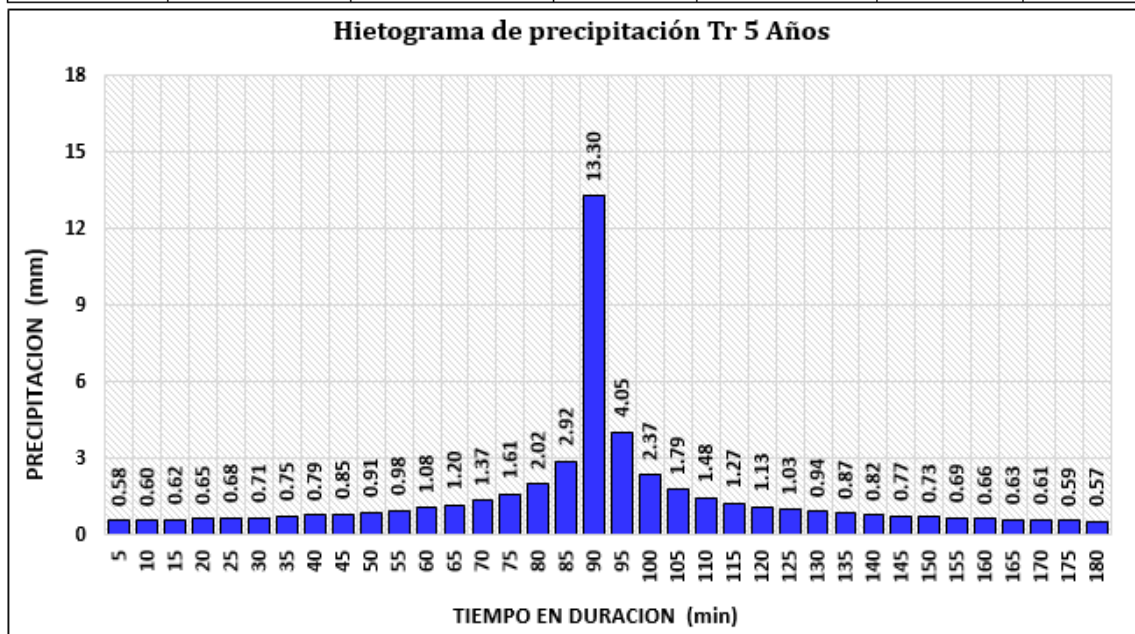
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	145.95	12.16	12.16	145.95	0.53	6.31
10	95.21	15.87	3.70	44.46	0.55	6.55
15	74.15	18.54	2.67	32.04	0.57	6.81
20	62.10	20.70	2.16	25.96	0.59	7.10
25	54.12	22.55	1.85	22.20	0.62	7.43
30	48.37	24.18	1.63	19.60	0.65	7.80
35	43.98	25.66	1.47	17.68	0.68	8.22
40	40.51	27.01	1.35	16.18	0.73	8.70
45	37.67	28.25	1.25	14.98	0.77	9.27
50	35.30	29.42	1.17	13.98	0.83	9.95
55	33.29	30.52	1.10	13.15	0.90	10.77
60	31.55	31.55	1.04	12.43	0.98	11.81
65	30.03	32.54	0.98	11.81	1.10	13.15
70	28.69	33.47	0.94	11.26	1.25	14.98
75	27.50	34.37	0.90	10.77	1.47	17.68
80	26.42	35.23	0.86	10.34	1.85	22.20
85	25.46	36.06	0.83	9.95	2.67	32.04
90	24.57	36.86	0.80	9.59	12.16	145.95
95	23.77	37.63	0.77	9.27	3.70	44.46
100	23.03	38.38	0.75	8.97	2.16	25.96
105	22.35	39.11	0.73	8.70	1.63	19.60
110	21.72	39.81	0.70	8.45	1.35	16.18
115	21.13	40.50	0.68	8.22	1.17	13.98
120	20.58	41.16	0.67	8.00	1.04	12.43
125	20.07	41.81	0.65	7.80	0.94	11.26
130	19.59	42.45	0.63	7.61	0.86	10.34
135	19.14	43.06	0.62	7.43	0.80	9.59
140	18.72	43.67	0.61	7.26	0.75	8.97
145	18.32	44.26	0.59	7.10	0.70	8.45
150	17.94	44.84	0.58	6.95	0.67	8.00
155	17.58	45.41	0.57	6.81	0.63	7.61
160	17.24	45.96	0.56	6.68	0.61	7.26
165	16.91	46.51	0.55	6.55	0.58	6.95
170	16.60	47.05	0.54	6.43	0.56	6.68
175	16.31	47.57	0.53	6.31	0.54	6.43
180	16.03	48.09	0.52	6.20	0.52	6.20



Fuente: Elaboración propio

Estación "Epitaciolandia"

Hietograma Para Periodo Retorno 5 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	159.65	13.30	13.30	159.65	0.58	6.91
10	104.14	17.36	4.05	48.63	0.60	7.16
15	81.11	20.28	2.92	35.05	0.62	7.45
20	67.93	22.64	2.37	28.39	0.65	7.77
25	59.20	24.67	2.02	24.28	0.68	8.13
30	52.91	26.45	1.79	21.44	0.71	8.53
35	48.11	28.07	1.61	19.34	0.75	8.99
40	44.31	29.54	1.48	17.70	0.79	9.52
45	41.21	30.91	1.37	16.38	0.85	10.14
50	38.62	32.18	1.27	15.30	0.91	10.88
55	36.41	33.38	1.20	14.38	0.98	11.78
60	34.51	34.51	1.13	13.60	1.08	12.91
65	32.85	35.59	1.08	12.91	1.20	14.38
70	31.38	36.62	1.03	12.32	1.37	16.38
75	30.08	37.60	0.98	11.78	1.61	19.34
80	28.90	38.54	0.94	11.31	2.02	24.28
85	27.84	39.45	0.91	10.88	2.92	35.05
90	26.88	40.32	0.87	10.49	13.30	159.65
95	26.00	41.17	0.85	10.14	4.05	48.63
100	25.19	41.98	0.82	9.82	2.37	28.39
105	24.44	42.78	0.79	9.52	1.79	21.44
110	23.75	43.55	0.77	9.24	1.48	17.70
115	23.11	44.30	0.75	8.99	1.27	15.30
120	22.51	45.03	0.73	8.75	1.13	13.60
125	21.95	45.74	0.71	8.53	1.03	12.32
130	21.43	46.43	0.69	8.32	0.94	11.31
135	20.94	47.11	0.68	8.13	0.87	10.49
140	20.47	47.77	0.66	7.94	0.82	9.82
145	20.03	48.42	0.65	7.77	0.77	9.24
150	19.62	49.05	0.63	7.61	0.73	8.75
155	19.23	49.67	0.62	7.45	0.69	8.32
160	18.85	50.28	0.61	7.30	0.66	7.94
165	18.50	50.88	0.60	7.16	0.63	7.61
170	18.16	51.46	0.59	7.03	0.61	7.30
175	17.84	52.04	0.58	6.91	0.59	7.03
180	17.53	52.60	0.57	6.78	0.57	6.78

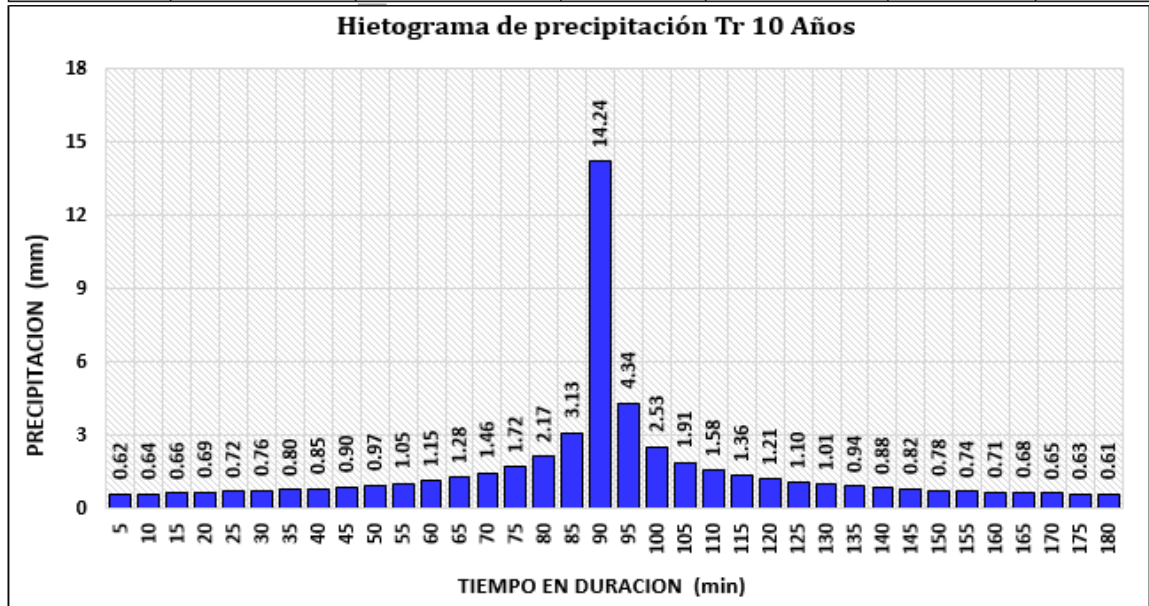


Fuente: Elaboración propio

Estación “Epitaciolandia”

Hietograma Para Periodo Retorno 10 Años

Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	170.86	14.24	14.24	170.86	0.62	7.39
10	111.46	18.58	4.34	52.05	0.64	7.67
15	86.81	21.70	3.13	37.51	0.66	7.97
20	72.70	24.23	2.53	30.39	0.69	8.31
25	63.36	26.40	2.17	25.99	0.72	8.70
30	56.63	28.31	1.91	22.95	0.76	9.13
35	51.49	30.04	1.72	20.70	0.80	9.62
40	47.42	31.62	1.58	18.94	0.85	10.19
45	44.10	33.08	1.46	17.54	0.90	10.85
50	41.33	34.44	1.36	16.37	0.97	11.65
55	38.97	35.72	1.28	15.39	1.05	12.61
60	36.94	36.94	1.21	14.55	1.15	13.82
65	35.16	38.09	1.15	13.82	1.28	15.39
70	33.59	39.19	1.10	13.18	1.46	17.54
75	32.19	40.24	1.05	12.61	1.72	20.70
80	30.93	41.25	1.01	12.10	2.17	25.99
85	29.80	42.22	0.97	11.65	3.13	37.51
90	28.77	43.15	0.94	11.23	14.24	170.86
95	27.83	44.06	0.90	10.85	4.34	52.05
100	26.96	44.93	0.88	10.51	2.53	30.39
105	26.16	45.78	0.85	10.19	1.91	22.95
110	25.42	46.61	0.82	9.89	1.58	18.94
115	24.73	47.41	0.80	9.62	1.36	16.37
120	24.09	48.19	0.78	9.36	1.21	14.55
125	23.50	48.95	0.76	9.13	1.10	13.18
130	22.93	49.69	0.74	8.90	1.01	12.10
135	22.41	50.42	0.72	8.70	0.94	11.23
140	21.91	51.12	0.71	8.50	0.88	10.51
145	21.44	51.82	0.69	8.31	0.82	9.89
150	21.00	52.49	0.68	8.14	0.78	9.36
155	20.58	53.16	0.66	7.97	0.74	8.90
160	20.18	53.81	0.65	7.82	0.71	8.50
165	19.80	54.45	0.64	7.67	0.68	8.14
170	19.44	55.08	0.63	7.53	0.65	7.82
175	19.09	55.69	0.62	7.39	0.63	7.53
180	18.77	56.30	0.61	7.26	0.61	7.26

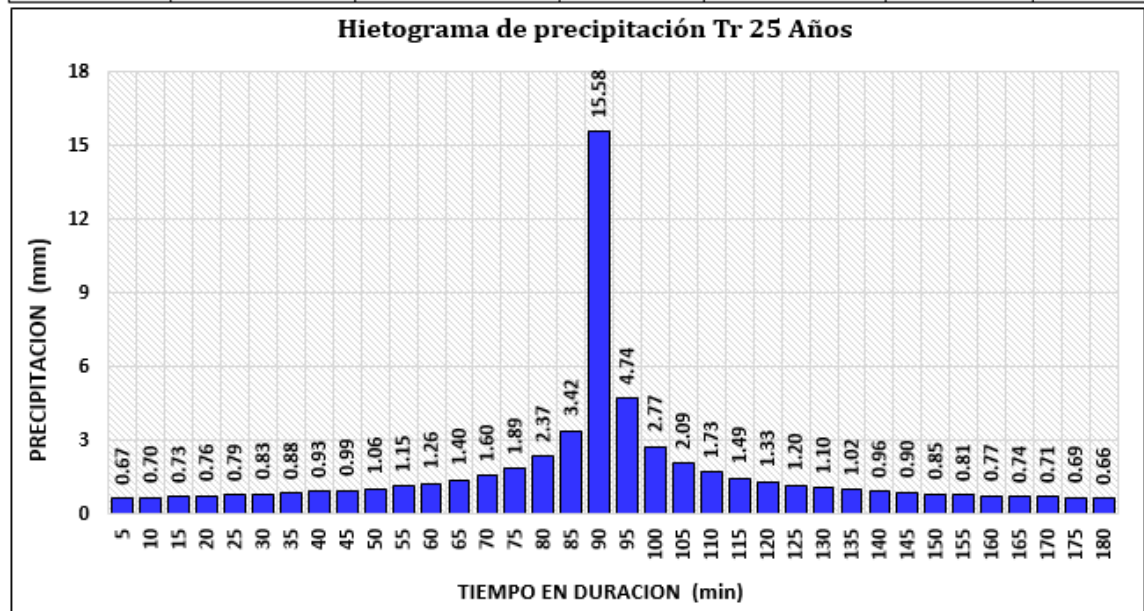


Fuente: Elaboración propio

Estación "Epitaciolandia"

Hietograma Para Periodo Retorno 25 Años

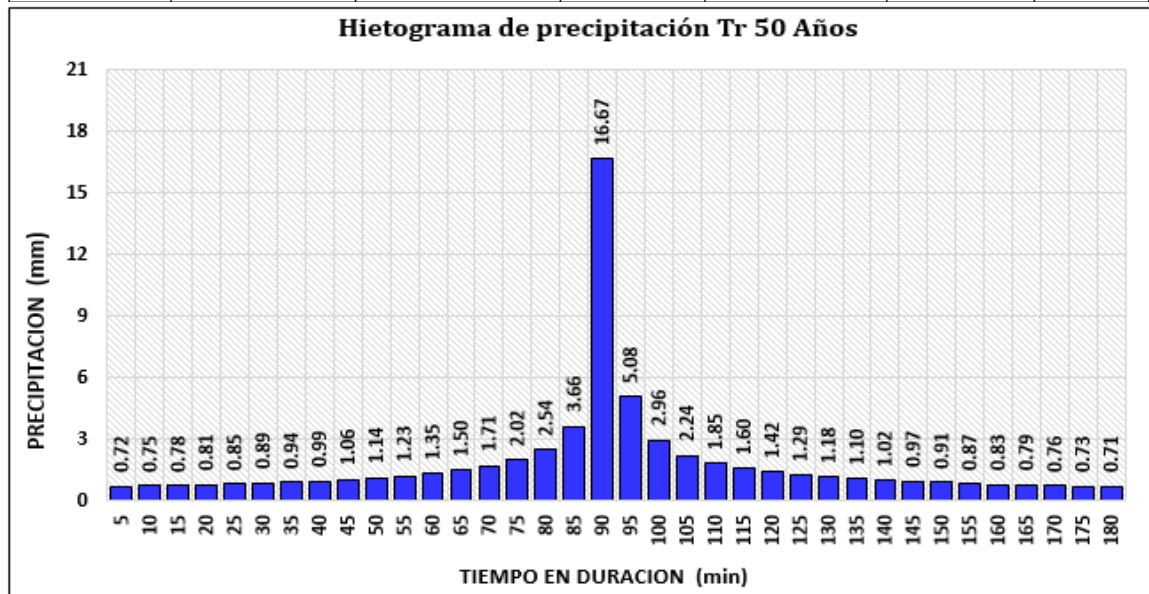
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	186.90	15.58	15.58	186.90	0.67	8.08
10	121.92	20.32	4.74	56.93	0.70	8.39
15	94.96	23.74	3.42	41.04	0.73	8.72
20	79.53	26.51	2.77	33.24	0.76	9.09
25	69.31	28.88	2.37	28.43	0.79	9.51
30	61.94	30.97	2.09	25.10	0.83	9.98
35	56.33	32.86	1.89	22.64	0.88	10.52
40	51.88	34.58	1.73	20.72	0.93	11.14
45	48.24	36.18	1.60	19.18	0.99	11.87
50	45.21	37.67	1.49	17.91	1.06	12.74
55	42.63	39.08	1.40	16.84	1.15	13.80
60	40.40	40.40	1.33	15.92	1.26	15.12
65	38.46	41.66	1.26	15.12	1.40	16.84
70	36.74	42.87	1.20	14.42	1.60	19.18
75	35.21	44.01	1.15	13.80	1.89	22.64
80	33.84	45.12	1.10	13.24	2.37	28.43
85	32.60	46.18	1.06	12.74	3.42	41.04
90	31.47	47.20	1.02	12.29	15.58	186.90
95	30.44	48.19	0.99	11.87	4.74	56.93
100	29.49	49.15	0.96	11.49	2.77	33.24
105	28.62	50.08	0.93	11.14	2.09	25.10
110	27.81	50.98	0.90	10.82	1.73	20.72
115	27.06	51.86	0.88	10.52	1.49	17.91
120	26.36	52.71	0.85	10.24	1.33	15.92
125	25.70	53.54	0.83	9.98	1.20	14.42
130	25.09	54.35	0.81	9.74	1.10	13.24
135	24.51	55.15	0.79	9.51	1.02	12.29
140	23.97	55.92	0.77	9.30	0.96	11.49
145	23.45	56.68	0.76	9.09	0.90	10.82
150	22.97	57.42	0.74	8.90	0.85	10.24
155	22.51	58.15	0.73	8.72	0.81	9.74
160	22.07	58.86	0.71	8.55	0.77	9.30
165	21.66	59.56	0.70	8.39	0.74	8.90
170	21.26	60.25	0.69	8.23	0.71	8.55
175	20.89	60.92	0.67	8.08	0.69	8.23
180	20.53	61.58	0.66	7.94	0.66	7.94



Fuente: Elaboración propio

Estación “Epitaciolandia”

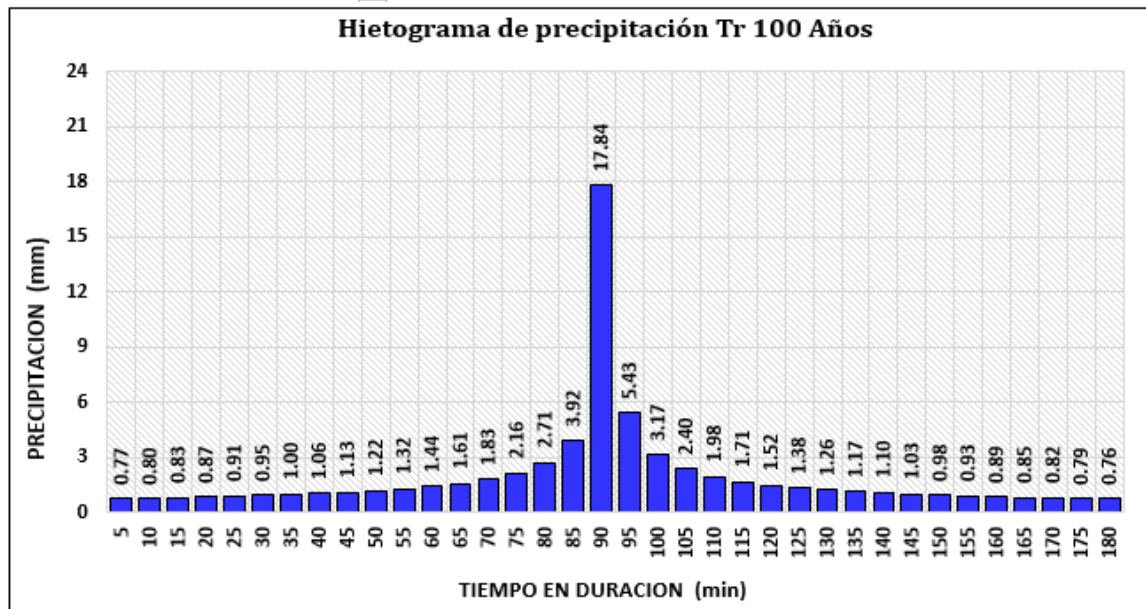
<i>Hietograma Para Periodo Retorno 50 Años</i>						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	200.03	16.67	16.67	200.03	0.72	8.65
10	130.48	21.75	5.08	60.93	0.75	8.98
15	101.62	25.41	3.66	43.92	0.78	9.33
20	85.11	28.37	2.96	35.57	0.81	9.73
25	74.17	30.91	2.54	30.43	0.85	10.18
30	66.29	33.15	2.24	26.87	0.89	10.68
35	60.28	35.16	2.02	24.23	0.94	11.26
40	55.52	37.01	1.85	22.18	0.99	11.93
45	51.63	38.72	1.71	20.53	1.06	12.70
50	48.38	40.32	1.60	19.17	1.14	13.63
55	45.62	41.82	1.50	18.02	1.23	14.76
60	43.24	43.24	1.42	17.03	1.35	16.18
65	41.16	44.59	1.35	16.18	1.50	18.02
70	39.32	45.88	1.29	15.43	1.71	20.53
75	37.68	47.11	1.23	14.76	2.02	24.23
80	36.21	48.29	1.18	14.17	2.54	30.43
85	34.89	49.42	1.14	13.63	3.66	43.92
90	33.68	50.52	1.10	13.15	16.67	200.03
95	32.58	51.58	1.06	12.70	5.08	60.93
100	31.56	52.60	1.02	12.30	2.96	35.57
105	30.63	53.60	0.99	11.93	2.24	26.87
110	29.76	54.56	0.97	11.58	1.85	22.18
115	28.96	55.50	0.94	11.26	1.60	19.17
120	28.21	56.41	0.91	10.96	1.42	17.03
125	27.51	57.30	0.89	10.68	1.29	15.43
130	26.85	58.17	0.87	10.42	1.18	14.17
135	26.23	59.02	0.85	10.18	1.10	13.15
140	25.65	59.85	0.83	9.95	1.02	12.30
145	25.10	60.66	0.81	9.73	0.97	11.58
150	24.58	61.45	0.79	9.53	0.91	10.96
155	24.09	62.23	0.78	9.33	0.87	10.42
160	23.62	62.99	0.76	9.15	0.83	9.95
165	23.18	63.74	0.75	8.98	0.79	9.53
170	22.76	64.48	0.73	8.81	0.76	9.15
175	22.35	65.20	0.72	8.65	0.73	8.81
180	21.97	65.91	0.71	8.50	0.71	8.50



Fuente: Elaboración propio

Estación “Epitaciolandia”

Hietograma Para Periodo Retorno 100 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	214.08	17.84	17.84	214.08	0.77	9.26
10	139.64	23.27	5.43	65.21	0.80	9.61
15	108.76	27.19	3.92	47.00	0.83	9.99
20	91.09	30.36	3.17	38.07	0.87	10.42
25	79.38	33.08	2.71	32.56	0.91	10.89
30	70.95	35.47	2.40	28.75	0.95	11.43
35	64.51	37.63	2.16	25.93	1.00	12.05
40	59.42	39.61	1.98	23.74	1.06	12.76
45	55.26	41.44	1.83	21.97	1.13	13.60
50	51.78	43.15	1.71	20.51	1.22	14.59
55	48.83	44.76	1.61	19.28	1.32	15.80
60	46.28	46.28	1.52	18.23	1.44	17.32
65	44.05	47.72	1.44	17.32	1.61	19.28
70	42.08	49.10	1.38	16.51	1.83	21.97
75	40.33	50.41	1.32	15.80	2.16	25.93
80	38.76	51.68	1.26	15.16	2.71	32.56
85	37.34	52.89	1.22	14.59	3.92	47.00
90	36.04	54.07	1.17	14.07	17.84	214.08
95	34.86	55.20	1.13	13.60	5.43	65.21
100	33.78	56.30	1.10	13.16	3.17	38.07
105	32.78	57.36	1.06	12.76	2.40	28.75
110	31.85	58.39	1.03	12.39	1.98	23.74
115	30.99	59.40	1.00	12.05	1.71	20.51
120	30.19	60.37	0.98	11.73	1.52	18.23
125	29.44	61.33	0.95	11.43	1.38	16.51
130	28.73	62.26	0.93	11.16	1.26	15.16
135	28.07	63.16	0.91	10.89	1.17	14.07
140	27.45	64.05	0.89	10.65	1.10	13.16
145	26.86	64.92	0.87	10.42	1.03	12.39
150	26.31	65.77	0.85	10.20	0.98	11.73
155	25.78	66.60	0.83	9.99	0.93	11.16
160	25.28	67.42	0.82	9.79	0.89	10.65
165	24.81	68.22	0.80	9.61	0.85	10.20
170	24.35	69.01	0.79	9.43	0.82	9.79
175	23.92	69.78	0.77	9.26	0.79	9.43
180	23.51	70.53	0.76	9.10	0.76	9.10

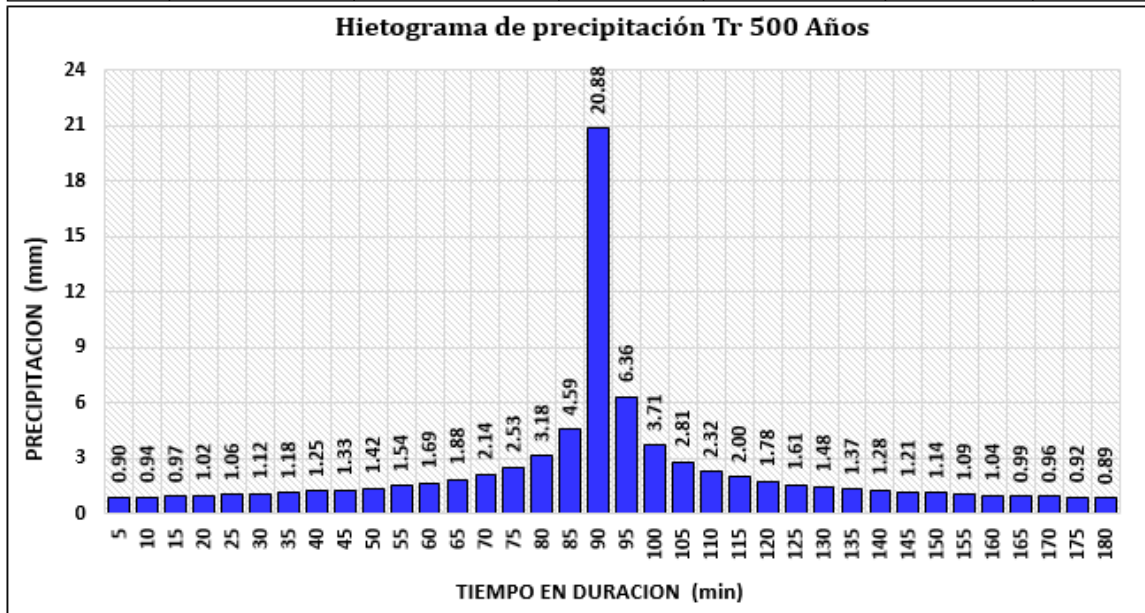


Fuente: Elaboración propia

Estación “Epitaciolandia”

Hietograma Para Periodo Retorno 500 Años

Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	250.61	20.88	20.88	250.61	0.90	10.84
10	163.48	27.25	6.36	76.34	0.94	11.25
15	127.33	31.83	4.59	55.02	0.97	11.70
20	106.64	35.55	3.71	44.57	1.02	12.19
25	92.93	38.72	3.18	38.12	1.06	12.75
30	83.05	41.53	2.81	33.66	1.12	13.39
35	75.53	44.06	2.53	30.36	1.18	14.11
40	69.56	46.37	2.32	27.79	1.25	14.94
45	64.69	48.52	2.14	25.72	1.33	15.92
50	60.62	50.52	2.00	24.01	1.42	17.08
55	57.16	52.40	1.88	22.57	1.54	18.50
60	54.18	54.18	1.78	21.34	1.69	20.27
65	51.57	55.87	1.69	20.27	1.88	22.57
70	49.27	57.48	1.61	19.33	2.14	25.72
75	47.21	59.02	1.54	18.50	2.53	30.36
80	45.37	60.50	1.48	17.75	3.18	38.12
85	43.71	61.92	1.42	17.08	4.59	55.02
90	42.20	63.29	1.37	16.47	20.88	250.61
95	40.81	64.62	1.33	15.92	6.36	76.34
100	39.54	65.90	1.28	15.41	3.71	44.57
105	38.37	67.15	1.25	14.94	2.81	33.66
110	37.29	68.36	1.21	14.51	2.32	27.79
115	36.28	69.53	1.18	14.11	2.00	24.01
120	35.34	70.68	1.14	13.73	1.78	21.34
125	34.46	71.79	1.12	13.39	1.61	19.33
130	33.64	72.88	1.09	13.06	1.48	17.75
135	32.86	73.95	1.06	12.75	1.37	16.47
140	32.14	74.99	1.04	12.47	1.28	15.41
145	31.45	76.00	1.02	12.19	1.21	14.51
150	30.80	77.00	0.99	11.94	1.14	13.73
155	30.18	77.97	0.97	11.70	1.09	13.06
160	29.60	78.93	0.96	11.47	1.04	12.47
165	29.04	79.86	0.94	11.25	0.99	11.94
170	28.51	80.78	0.92	11.04	0.96	11.47
175	28.01	81.69	0.90	10.84	0.92	11.04
180	27.52	82.57	0.89	10.65	0.89	10.65

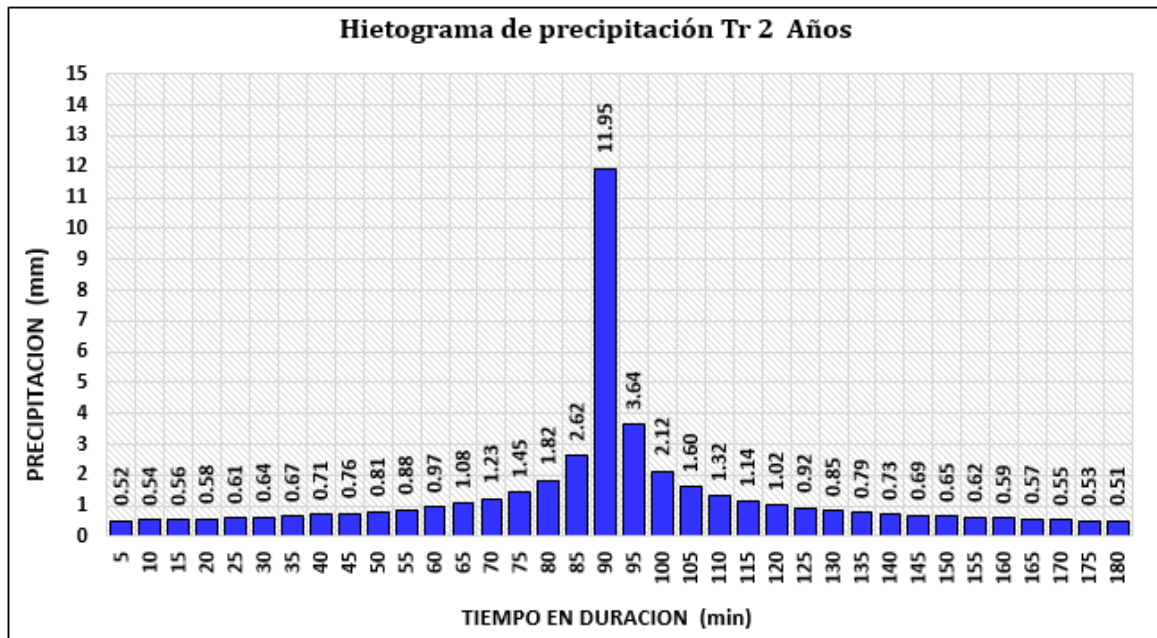


Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Floresta

Hietograma Para Periodo Retorno 2 Años

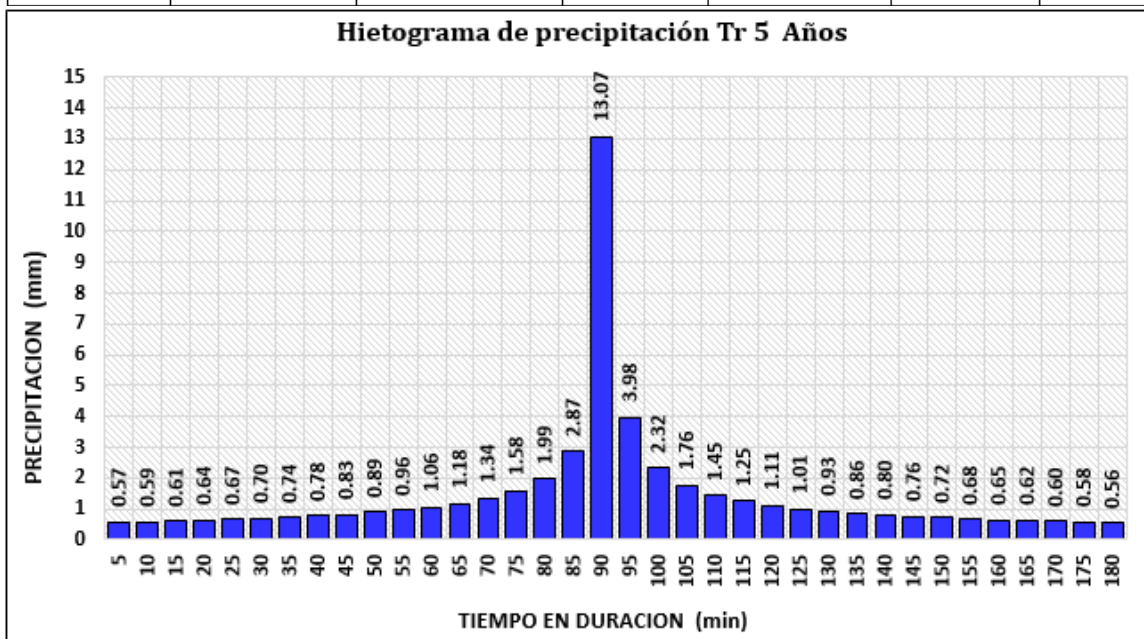
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	143.35	11.95	11.95	143.35	0.52	6.20
10	93.51	15.58	3.64	43.67	0.54	6.43
15	72.83	18.21	2.62	31.47	0.56	6.69
20	61.00	20.33	2.12	25.49	0.58	6.98
25	53.16	22.15	1.82	21.80	0.61	7.30
30	47.51	23.75	1.60	19.25	0.64	7.66
35	43.20	25.20	1.45	17.36	0.67	8.07
40	39.79	26.52	1.32	15.89	0.71	8.55
45	37.00	27.75	1.23	14.71	0.76	9.10
50	34.67	28.90	1.14	13.74	0.81	9.77
55	32.70	29.97	1.08	12.91	0.88	10.58
60	30.99	30.99	1.02	12.21	0.97	11.60
65	29.50	31.96	0.97	11.60	1.08	12.91
70	28.18	32.88	0.92	11.06	1.23	14.71
75	27.01	33.76	0.88	10.58	1.45	17.36
80	25.95	34.60	0.85	10.15	1.82	21.80
85	25.00	35.42	0.81	9.77	2.62	31.47
90	24.14	36.20	0.79	9.42	11.95	143.35
95	23.34	36.96	0.76	9.10	3.64	43.67
100	22.62	37.70	0.73	8.81	2.12	25.49
105	21.95	38.41	0.71	8.55	1.60	19.25
110	21.33	39.10	0.69	8.30	1.32	15.89
115	20.75	39.77	0.67	8.07	1.14	13.74
120	20.21	40.43	0.65	7.86	1.02	12.21
125	19.71	41.07	0.64	7.66	0.92	11.06
130	19.24	41.69	0.62	7.47	0.85	10.15
135	18.80	42.30	0.61	7.30	0.79	9.42
140	18.38	42.89	0.59	7.13	0.73	8.81
145	17.99	43.47	0.58	6.98	0.69	8.30
150	17.62	44.04	0.57	6.83	0.65	7.86
155	17.26	44.60	0.56	6.69	0.62	7.47
160	16.93	45.15	0.55	6.56	0.59	7.13
165	16.61	45.68	0.54	6.43	0.57	6.83
170	16.31	46.21	0.53	6.31	0.55	6.56
175	16.02	46.72	0.52	6.20	0.53	6.31
180	15.74	47.23	0.51	6.09	0.51	6.09



Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Floresta

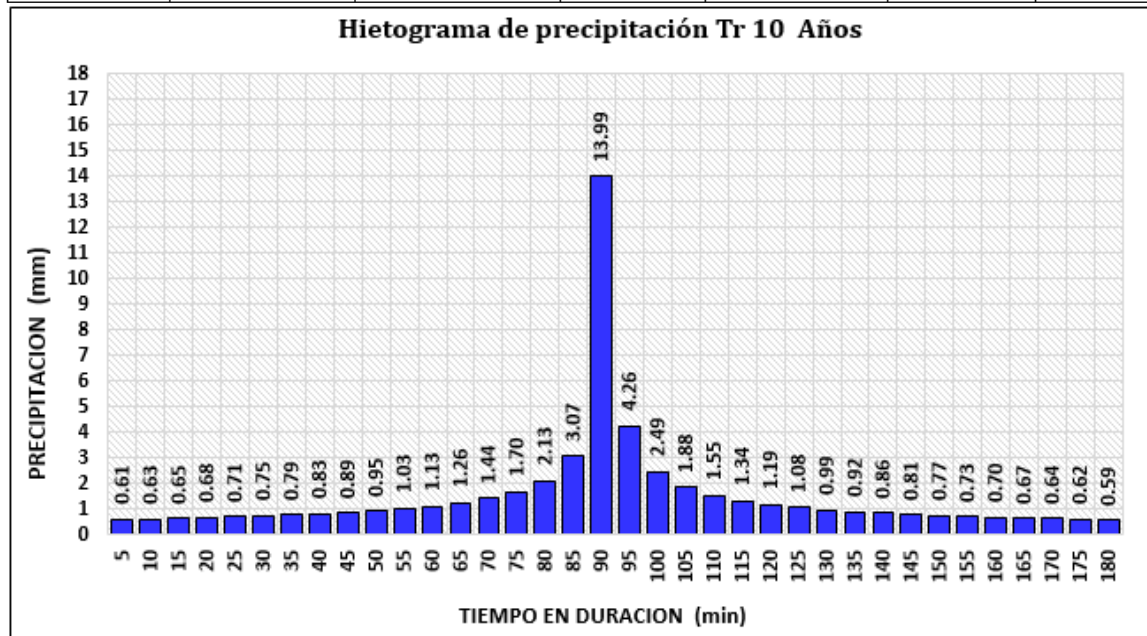
Hietograma Para Periodo Retorno 5 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	156.86	13.07	13.07	156.86	0.57	6.78
10	102.32	17.05	3.98	47.78	0.59	7.04
15	79.69	19.92	2.87	34.44	0.61	7.32
20	66.74	22.25	2.32	27.90	0.64	7.63
25	58.17	24.24	1.99	23.86	0.67	7.98
30	51.98	25.99	1.76	21.07	0.70	8.38
35	47.27	27.58	1.58	19.00	0.74	8.83
40	43.54	29.03	1.45	17.39	0.78	9.35
45	40.49	30.37	1.34	16.10	0.83	9.96
50	37.94	31.62	1.25	15.03	0.89	10.69
55	35.78	32.80	1.18	14.13	0.96	11.58
60	33.91	33.91	1.11	13.36	1.06	12.69
65	32.28	34.97	1.06	12.69	1.18	14.13
70	30.84	35.98	1.01	12.10	1.34	16.10
75	29.55	36.94	0.96	11.58	1.58	19.00
80	28.40	37.87	0.93	11.11	1.99	23.86
85	27.36	38.76	0.89	10.69	2.87	34.44
90	26.41	39.62	0.86	10.31	13.07	156.86
95	25.55	40.45	0.83	9.96	3.98	47.78
100	24.75	41.25	0.80	9.64	2.32	27.90
105	24.02	42.03	0.78	9.35	1.76	21.07
110	23.34	42.79	0.76	9.08	1.45	17.39
115	22.71	43.52	0.74	8.83	1.25	15.03
120	22.12	44.24	0.72	8.60	1.11	13.36
125	21.57	44.94	0.70	8.38	1.01	12.10
130	21.05	45.62	0.68	8.17	0.93	11.11
135	20.57	46.28	0.67	7.98	0.86	10.31
140	20.11	46.93	0.65	7.80	0.80	9.64
145	19.68	47.57	0.64	7.63	0.76	9.08
150	19.28	48.19	0.62	7.47	0.72	8.60
155	18.89	48.80	0.61	7.32	0.68	8.17
160	18.53	49.40	0.60	7.18	0.65	7.80
165	18.18	49.99	0.59	7.04	0.62	7.47
170	17.85	50.56	0.58	6.91	0.60	7.18
175	17.53	51.13	0.57	6.78	0.58	6.91
180	17.23	51.68	0.56	6.67	0.56	6.67



Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giopvanni" TRMM.3B42 Floresta

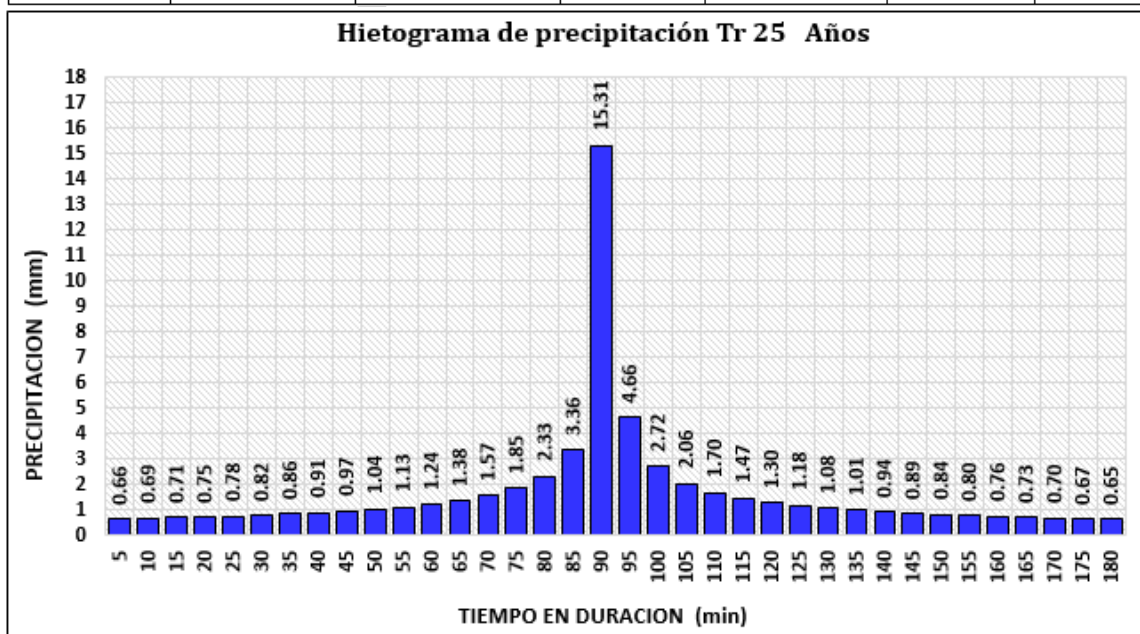
Hietograma Para Periodo Retorno 10 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	167.92	13.99	13.99	167.92	0.61	7.26
10	109.54	18.26	4.26	51.15	0.63	7.54
15	85.31	21.33	3.07	36.87	0.65	7.84
20	71.45	23.82	2.49	29.86	0.68	8.17
25	62.27	25.95	2.13	25.54	0.71	8.55
30	55.65	27.83	1.88	22.56	0.75	8.97
35	50.61	29.52	1.70	20.34	0.79	9.45
40	46.61	31.07	1.55	18.62	0.83	10.01
45	43.34	32.51	1.44	17.23	0.89	10.67
50	40.62	33.85	1.34	16.09	0.95	11.45
55	38.30	35.11	1.26	15.13	1.03	12.39
60	36.30	36.30	1.19	14.30	1.13	13.58
65	34.55	37.43	1.13	13.58	1.26	15.13
70	33.01	38.51	1.08	12.95	1.44	17.23
75	31.64	39.55	1.03	12.39	1.70	20.34
80	30.40	40.54	0.99	11.90	2.13	25.54
85	29.29	41.49	0.95	11.45	3.07	36.87
90	28.27	42.41	0.92	11.04	13.99	167.92
95	27.35	43.30	0.89	10.67	4.26	51.15
100	26.50	44.16	0.86	10.33	2.49	29.86
105	25.71	44.99	0.83	10.01	1.88	22.56
110	24.98	45.80	0.81	9.72	1.55	18.62
115	24.31	46.59	0.79	9.45	1.34	16.09
120	23.68	47.36	0.77	9.20	1.19	14.30
125	23.09	48.11	0.75	8.97	1.08	12.95
130	22.54	48.84	0.73	8.75	0.99	11.90
135	22.02	49.55	0.71	8.55	0.92	11.04
140	21.53	50.24	0.70	8.35	0.86	10.33
145	21.07	50.92	0.68	8.17	0.81	9.72
150	20.64	51.59	0.67	8.00	0.77	9.20
155	20.22	52.24	0.65	7.84	0.73	8.75
160	19.83	52.88	0.64	7.68	0.70	8.35
165	19.46	53.51	0.63	7.54	0.67	8.00
170	19.10	54.13	0.62	7.40	0.64	7.68
175	18.77	54.73	0.61	7.26	0.62	7.40
180	18.44	55.33	0.59	7.14	0.59	7.14



Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Floresta

Hietograma Para Periodo Retorno 25 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	183.75	15.31	15.31	183.75	0.66	7.95
10	119.86	19.98	4.66	55.97	0.69	8.25
15	93.36	23.34	3.36	40.34	0.71	8.58
20	78.19	26.06	2.72	32.68	0.75	8.94
25	68.14	28.39	2.33	27.95	0.78	9.35
30	60.90	30.45	2.06	24.68	0.82	9.82
35	55.38	32.30	1.85	22.26	0.86	10.34
40	51.00	34.00	1.70	20.37	0.91	10.96
45	47.43	35.57	1.57	18.86	0.97	11.67
50	44.45	37.04	1.47	17.61	1.04	12.52
55	41.91	38.42	1.38	16.55	1.13	13.56
60	39.72	39.72	1.30	15.65	1.24	14.86
65	37.81	40.96	1.24	14.86	1.38	16.55
70	36.12	42.14	1.18	14.17	1.57	18.86
75	34.62	43.27	1.13	13.56	1.85	22.26
80	33.27	44.36	1.08	13.02	2.33	27.95
85	32.05	45.40	1.04	12.52	3.36	40.34
90	30.94	46.41	1.01	12.08	15.31	183.75
95	29.92	47.38	0.97	11.67	4.66	55.97
100	28.99	48.32	0.94	11.30	2.72	32.68
105	28.13	49.24	0.91	10.96	2.06	24.68
110	27.34	50.12	0.89	10.64	1.70	20.37
115	26.60	50.98	0.86	10.34	1.47	17.61
120	25.91	51.82	0.84	10.07	1.30	15.65
125	25.27	52.64	0.82	9.82	1.18	14.17
130	24.66	53.44	0.80	9.58	1.08	13.02
135	24.10	54.22	0.78	9.35	1.01	12.08
140	23.56	54.98	0.76	9.14	0.94	11.30
145	23.06	55.72	0.75	8.94	0.89	10.64
150	22.58	56.45	0.73	8.75	0.84	10.07
155	22.13	57.17	0.71	8.58	0.80	9.58
160	21.70	57.87	0.70	8.41	0.76	9.14
165	21.29	58.56	0.69	8.25	0.73	8.75
170	20.91	59.23	0.67	8.09	0.70	8.41
175	20.53	59.89	0.66	7.95	0.67	8.09
180	20.18	60.54	0.65	7.81	0.65	7.81

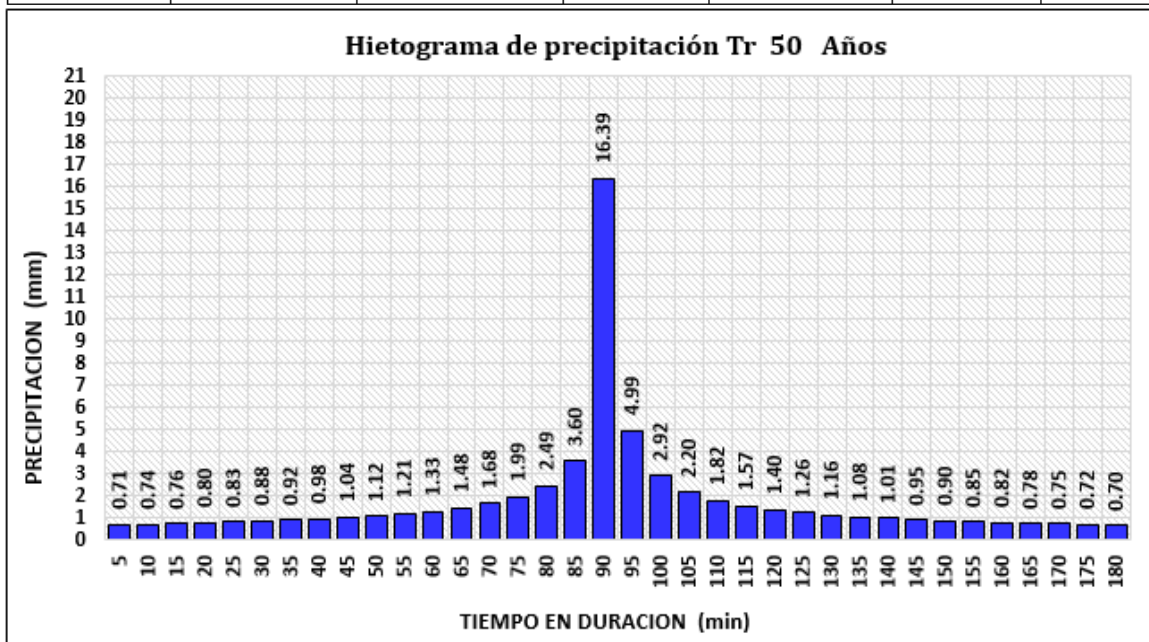


Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Floresta

Hietograma Para Periodo Retorno 50 Años

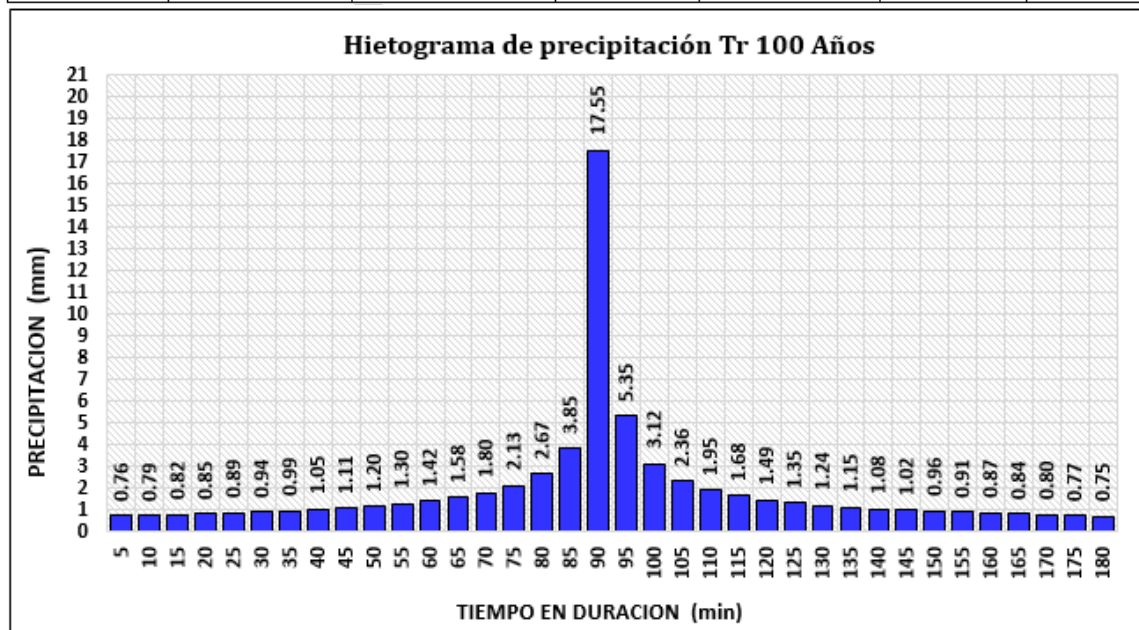
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	196.71	16.39	16.39	196.71	0.71	8.51
10	128.32	21.39	4.99	59.92	0.74	8.83
15	99.94	24.98	3.60	43.19	0.76	9.18
20	83.70	27.90	2.92	34.98	0.80	9.57
25	72.94	30.39	2.49	29.92	0.83	10.01
30	65.19	32.60	2.20	26.42	0.88	10.51
35	59.28	34.58	1.99	23.83	0.92	11.07
40	54.60	36.40	1.82	21.81	0.98	11.73
45	50.77	38.08	1.68	20.19	1.04	12.49
50	47.58	39.65	1.57	18.85	1.12	13.41
55	44.87	41.13	1.48	17.72	1.21	14.52
60	42.52	42.52	1.40	16.75	1.33	15.91
65	40.48	43.85	1.33	15.91	1.48	17.72
70	38.67	45.11	1.26	15.17	1.68	20.19
75	37.06	46.32	1.21	14.52	1.99	23.83
80	35.61	47.49	1.16	13.93	2.49	29.92
85	34.31	48.60	1.12	13.41	3.60	43.19
90	33.12	49.68	1.08	12.93	16.39	196.71
95	32.03	50.72	1.04	12.49	4.99	59.92
100	31.04	51.73	1.01	12.10	2.92	34.98
105	30.12	52.71	0.98	11.73	2.20	26.42
110	29.27	53.66	0.95	11.39	1.82	21.81
115	28.48	54.58	0.92	11.07	1.57	18.85
120	27.74	55.48	0.90	10.78	1.40	16.75
125	27.05	56.35	0.88	10.51	1.26	15.17
130	26.40	57.21	0.85	10.25	1.16	13.93
135	25.80	58.04	0.83	10.01	1.08	12.93
140	25.22	58.86	0.82	9.79	1.01	12.10
145	24.68	59.65	0.80	9.57	0.95	11.39
150	24.17	60.44	0.78	9.37	0.90	10.78
155	23.69	61.20	0.76	9.18	0.85	10.25
160	23.23	61.95	0.75	9.00	0.82	9.79
165	22.79	62.69	0.74	8.83	0.78	9.37
170	22.38	63.41	0.72	8.66	0.75	9.00
175	21.98	64.12	0.71	8.51	0.72	8.66
180	21.60	64.81	0.70	8.36	0.70	8.36



Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Floresta

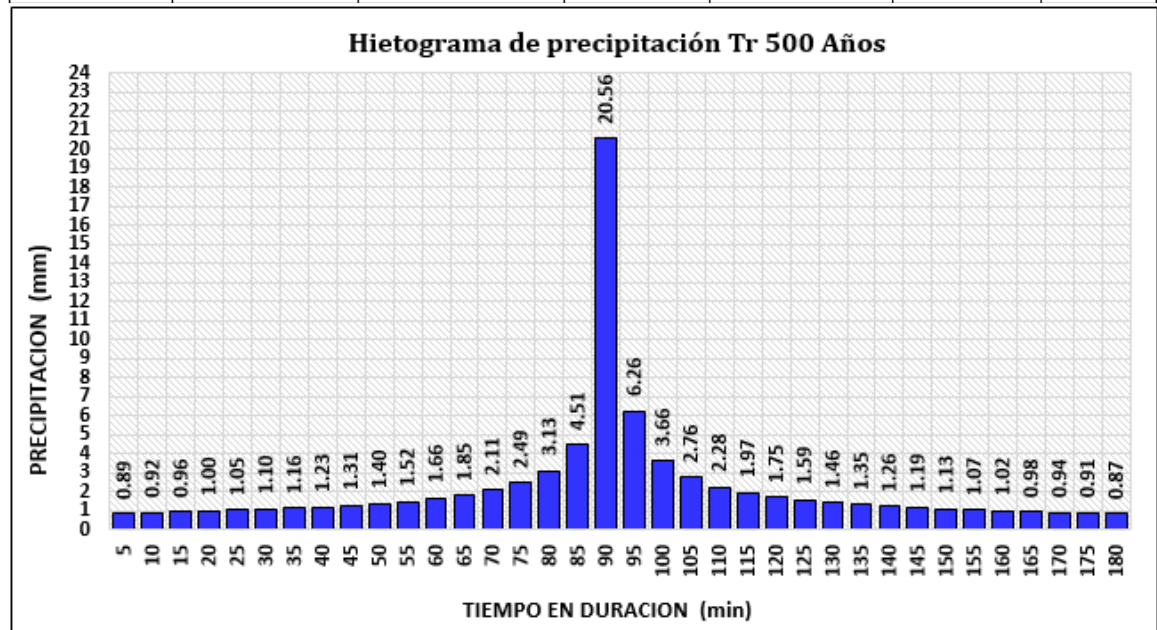
Hietograma Para Periodo Retorno 100 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	210.58	17.55	17.55	210.58	0.76	9.11
10	137.36	22.89	5.35	64.14	0.79	9.45
15	106.99	26.75	3.85	46.23	0.82	9.83
20	89.60	29.87	3.12	37.45	0.85	10.25
25	78.09	32.54	2.67	32.03	0.89	10.72
30	69.79	34.89	2.36	28.29	0.94	11.25
35	63.46	37.02	2.13	25.51	0.99	11.85
40	58.45	38.97	1.95	23.35	1.05	12.55
45	54.36	40.77	1.80	21.61	1.11	13.38
50	50.94	42.45	1.68	20.18	1.20	14.35
55	48.03	44.03	1.58	18.97	1.30	15.54
60	45.52	45.52	1.49	17.93	1.42	17.03
65	43.33	46.94	1.42	17.03	1.58	18.97
70	41.40	48.30	1.35	16.24	1.80	21.61
75	39.67	49.59	1.30	15.54	2.13	25.51
80	38.13	50.83	1.24	14.92	2.67	32.03
85	36.73	52.03	1.20	14.35	3.85	46.23
90	35.46	53.18	1.15	13.84	17.55	210.58
95	34.29	54.30	1.11	13.38	5.35	64.14
100	33.23	55.38	1.08	12.95	3.12	37.45
105	32.24	56.42	1.05	12.55	2.36	28.29
110	31.33	57.44	1.02	12.19	1.95	23.35
115	30.48	58.43	0.99	11.85	1.68	20.18
120	29.69	59.39	0.96	11.54	1.49	17.93
125	28.96	60.33	0.94	11.25	1.35	16.24
130	28.27	61.24	0.91	10.97	1.24	14.92
135	27.62	62.13	0.89	10.72	1.15	13.84
140	27.00	63.01	0.87	10.48	1.08	12.95
145	26.43	63.86	0.85	10.25	1.02	12.19
150	25.88	64.70	0.84	10.03	0.96	11.54
155	25.36	65.52	0.82	9.83	0.91	10.97
160	24.87	66.32	0.80	9.63	0.87	10.48
165	24.40	67.11	0.79	9.45	0.84	10.03
170	23.96	67.88	0.77	9.28	0.80	9.63
175	23.53	68.64	0.76	9.11	0.77	9.28
180	23.13	69.38	0.75	8.95	0.75	8.95



Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Floresta

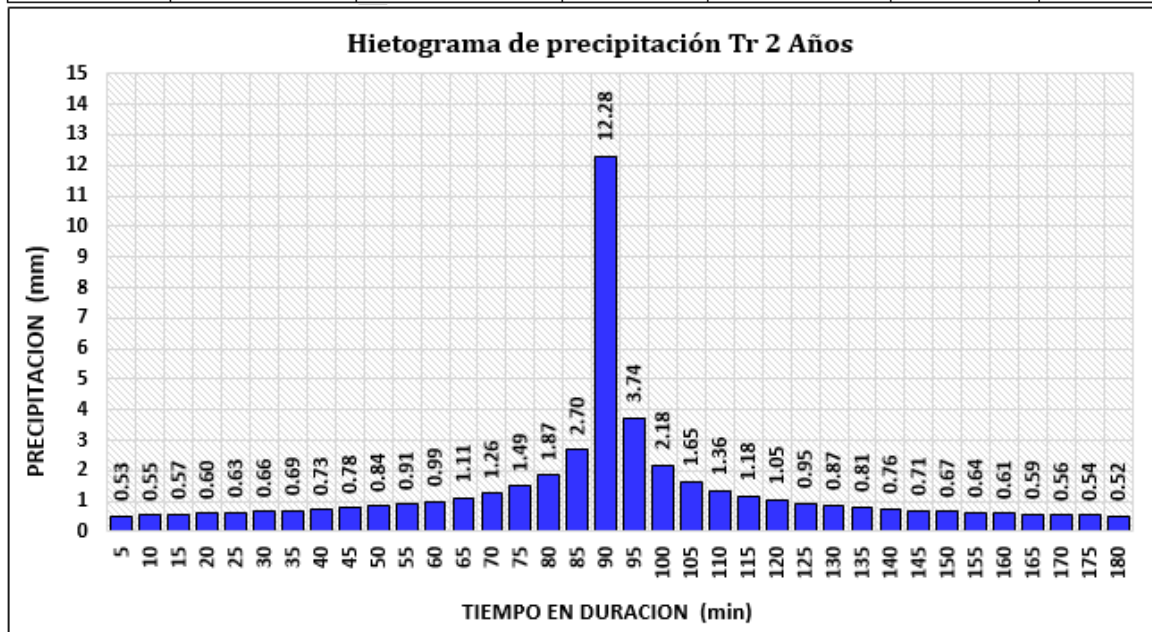
Hietograma Para Periodo Retorno 500 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	246.68	20.56	20.56	246.68	0.89	10.67
10	160.91	26.82	6.26	75.14	0.92	11.07
15	125.33	31.33	4.51	54.16	0.96	11.51
20	104.96	34.99	3.66	43.87	1.00	12.00
25	91.48	38.11	3.13	37.52	1.05	12.55
30	81.75	40.88	2.76	33.13	1.10	13.18
35	74.34	43.37	2.49	29.88	1.16	13.89
40	68.47	45.65	2.28	27.35	1.23	14.71
45	63.67	47.75	2.11	25.32	1.31	15.67
50	59.67	49.72	1.97	23.64	1.40	16.81
55	56.27	51.58	1.85	22.22	1.52	18.21
60	53.33	53.33	1.75	21.01	1.66	19.95
65	50.76	54.99	1.66	19.95	1.85	22.22
70	48.49	56.58	1.59	19.03	2.11	25.32
75	46.47	58.09	1.52	18.21	2.49	29.88
80	44.66	59.55	1.46	17.47	3.13	37.52
85	43.02	60.95	1.40	16.81	4.51	54.16
90	41.53	62.30	1.35	16.21	20.56	246.68
95	40.17	63.61	1.31	15.67	6.26	75.14
100	38.92	64.87	1.26	15.17	3.66	43.87
105	37.77	66.10	1.23	14.71	2.76	33.13
110	36.70	67.29	1.19	14.28	2.28	27.35
115	35.71	68.44	1.16	13.89	1.97	23.64
120	34.79	69.57	1.13	13.52	1.75	21.01
125	33.92	70.67	1.10	13.18	1.59	19.03
130	33.11	71.74	1.07	12.86	1.46	17.47
135	32.35	72.79	1.05	12.55	1.35	16.21
140	31.63	73.81	1.02	12.27	1.26	15.17
145	30.96	74.81	1.00	12.00	1.19	14.28
150	30.32	75.79	0.98	11.75	1.13	13.52
155	29.71	76.75	0.96	11.51	1.07	12.86
160	29.13	77.69	0.94	11.29	1.02	12.27
165	28.59	78.61	0.92	11.07	0.98	11.75
170	28.06	79.52	0.91	10.87	0.94	11.29
175	27.57	80.41	0.89	10.67	0.91	10.87
180	27.09	81.28	0.87	10.48	0.87	10.48



Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Porvenir

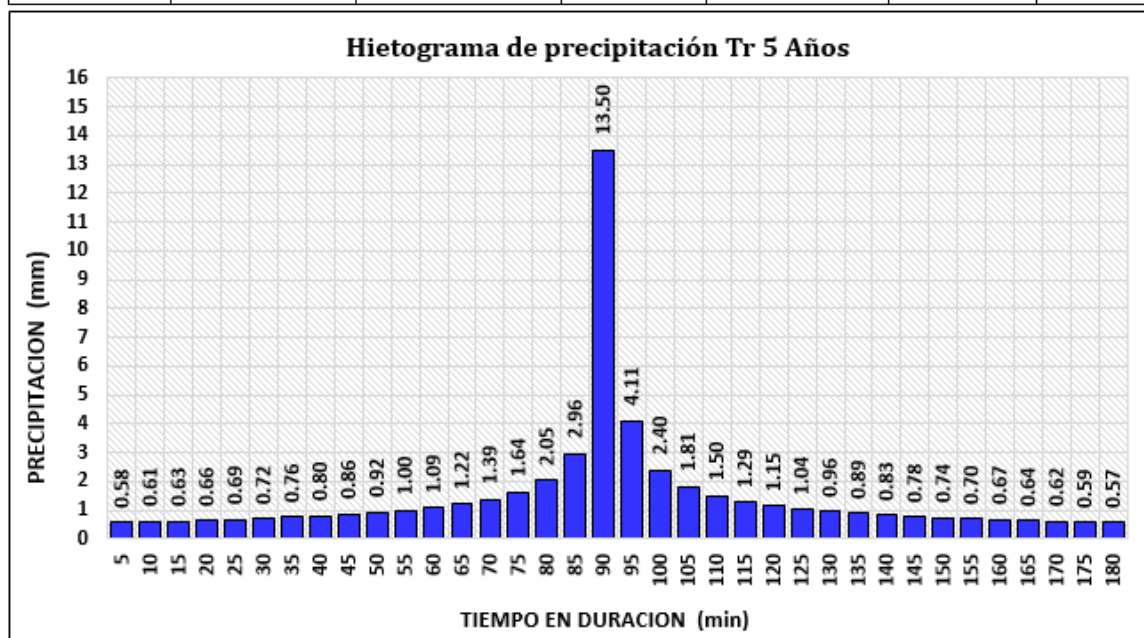
Hietograma Para Periodo Retorno 2 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	147.40	12.28	12.28	147.40	0.53	6.38
10	96.15	16.03	3.74	44.90	0.55	6.61
15	74.89	18.72	2.70	32.36	0.57	6.88
20	62.72	20.91	2.18	26.21	0.60	7.17
25	54.66	22.78	1.87	22.42	0.63	7.50
30	48.85	24.43	1.65	19.80	0.66	7.87
35	44.42	25.91	1.49	17.86	0.69	8.30
40	40.91	27.28	1.36	16.34	0.73	8.79
45	38.05	28.54	1.26	15.13	0.78	9.36
50	35.66	29.71	1.18	14.12	0.84	10.05
55	33.62	30.82	1.11	13.28	0.91	10.88
60	31.87	31.87	1.05	12.55	0.99	11.92
65	30.33	32.86	0.99	11.92	1.11	13.28
70	28.98	33.81	0.95	11.37	1.26	15.13
75	27.77	34.71	0.91	10.88	1.49	17.86
80	26.69	35.58	0.87	10.44	1.87	22.42
85	25.71	36.42	0.84	10.05	2.70	32.36
90	24.82	37.23	0.81	9.69	12.28	147.40
95	24.01	38.01	0.78	9.36	3.74	44.90
100	23.26	38.76	0.76	9.06	2.18	26.21
105	22.57	39.50	0.73	8.79	1.65	19.80
110	21.93	40.21	0.71	8.53	1.36	16.34
115	21.34	40.90	0.69	8.30	1.18	14.12
120	20.79	41.57	0.67	8.08	1.05	12.55
125	20.27	42.23	0.66	7.87	0.95	11.37
130	19.79	42.87	0.64	7.68	0.87	10.44
135	19.33	43.49	0.63	7.50	0.81	9.69
140	18.90	44.10	0.61	7.33	0.76	9.06
145	18.50	44.70	0.60	7.17	0.71	8.53
150	18.11	45.29	0.59	7.02	0.67	8.08
155	17.75	45.86	0.57	6.88	0.64	7.68
160	17.41	46.42	0.56	6.74	0.61	7.33
165	17.08	46.97	0.55	6.61	0.59	7.02
170	16.77	47.51	0.54	6.49	0.56	6.74
175	16.47	48.05	0.53	6.38	0.54	6.49
180	16.19	48.57	0.52	6.26	0.52	6.26



Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Porvenir

Hietograma Para Periodo Retorno 5 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	161.98	13.50	13.50	161.98	0.58	7.01
10	105.66	17.61	4.11	49.34	0.61	7.27
15	82.30	20.57	2.96	35.56	0.63	7.56
20	68.92	22.97	2.40	28.81	0.66	7.88
25	60.07	25.03	2.05	24.64	0.69	8.24
30	53.68	26.84	1.81	21.76	0.72	8.65
35	48.82	28.48	1.64	19.62	0.76	9.12
40	44.96	29.97	1.50	17.96	0.80	9.66
45	41.81	31.36	1.39	16.62	0.86	10.29
50	39.18	32.65	1.29	15.52	0.92	11.04
55	36.95	33.87	1.22	14.59	1.00	11.96
60	35.02	35.02	1.15	13.79	1.09	13.10
65	33.33	36.11	1.09	13.10	1.22	14.59
70	31.84	37.15	1.04	12.50	1.39	16.62
75	30.52	38.15	1.00	11.96	1.64	19.62
80	29.33	39.10	0.96	11.47	2.05	24.64
85	28.25	40.02	0.92	11.04	2.96	35.56
90	27.27	40.91	0.89	10.65	13.50	161.98
95	26.38	41.77	0.86	10.29	4.11	49.34
100	25.56	42.60	0.83	9.96	2.40	28.81
105	24.80	43.40	0.80	9.66	1.81	21.76
110	24.10	44.18	0.78	9.38	1.50	17.96
115	23.45	44.94	0.76	9.12	1.29	15.52
120	22.84	45.68	0.74	8.88	1.15	13.79
125	22.27	46.40	0.72	8.65	1.04	12.50
130	21.74	47.11	0.70	8.44	0.96	11.47
135	21.24	47.79	0.69	8.24	0.89	10.65
140	20.77	48.47	0.67	8.06	0.83	9.96
145	20.33	49.12	0.66	7.88	0.78	9.38
150	19.91	49.77	0.64	7.72	0.74	8.88
155	19.51	50.40	0.63	7.56	0.70	8.44
160	19.13	51.01	0.62	7.41	0.67	8.06
165	18.77	51.62	0.61	7.27	0.64	7.72
170	18.43	52.21	0.59	7.13	0.62	7.41
175	18.10	52.80	0.58	7.01	0.59	7.13
180	17.79	53.37	0.57	6.88	0.57	6.88

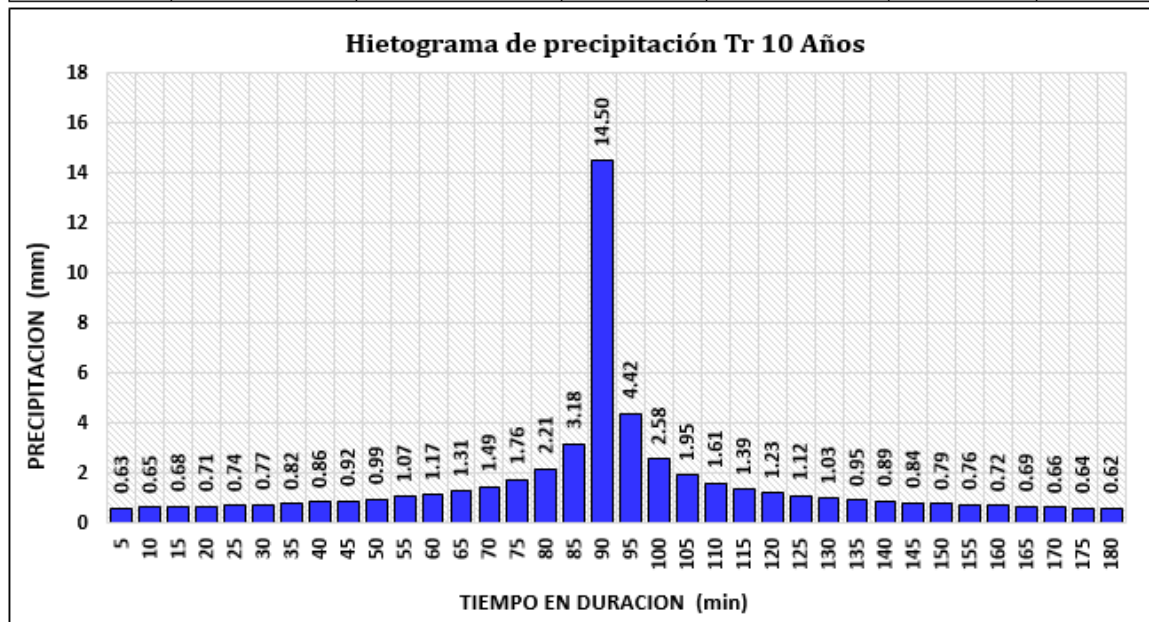


Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Porvenir

Hietograma Para Periodo Retorno 10 Años

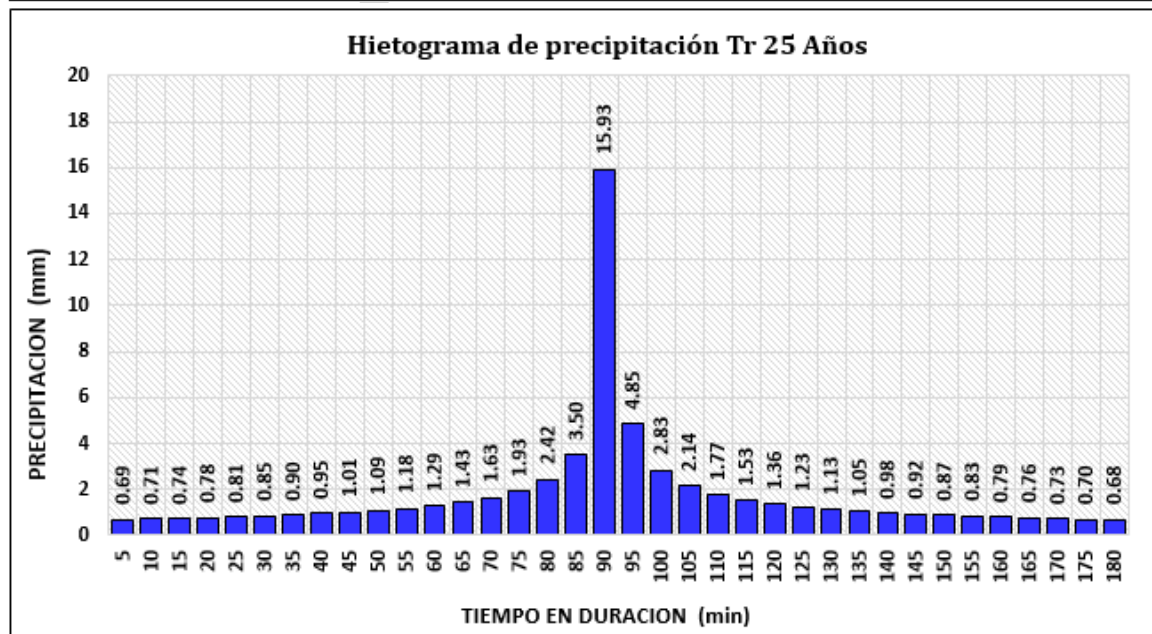
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	173.96	14.50	14.50	173.96	0.63	7.52
10	113.47	18.91	4.42	52.99	0.65	7.81
15	88.38	22.10	3.18	38.19	0.68	8.12
20	74.02	24.67	2.58	30.94	0.71	8.46
25	64.51	26.88	2.21	26.46	0.74	8.85
30	57.65	28.83	1.95	23.37	0.77	9.29
35	52.43	30.58	1.76	21.07	0.82	9.79
40	48.28	32.19	1.61	19.29	0.86	10.37
45	44.90	33.68	1.49	17.85	0.92	11.05
50	42.08	35.07	1.39	16.67	0.99	11.86
55	39.68	36.37	1.31	15.67	1.07	12.84
60	37.61	37.61	1.23	14.81	1.17	14.07
65	35.80	38.78	1.17	14.07	1.31	15.67
70	34.20	39.90	1.12	13.42	1.49	17.85
75	32.77	40.97	1.07	12.84	1.76	21.07
80	31.50	41.99	1.03	12.32	2.21	26.46
85	30.34	42.98	0.99	11.86	3.18	38.19
90	29.29	43.93	0.95	11.43	4.42	173.96
95	28.33	44.86	0.92	11.05	4.42	52.99
100	27.45	45.75	0.89	10.70	2.58	30.94
105	26.63	46.61	0.86	10.37	1.95	23.37
110	25.88	47.45	0.84	10.07	1.61	19.29
115	25.18	48.27	0.82	9.79	1.39	16.67
120	24.53	49.06	0.79	9.53	1.23	14.81
125	23.92	49.84	0.77	9.29	1.12	13.42
130	23.35	50.59	0.76	9.07	1.03	12.32
135	22.81	51.33	0.74	8.85	0.95	11.43
140	22.31	52.05	0.72	8.65	0.89	10.70
145	21.83	52.76	0.71	8.46	0.84	10.07
150	21.38	53.45	0.69	8.29	0.79	9.53
155	20.95	54.12	0.68	8.12	0.76	9.07
160	20.54	54.79	0.66	7.96	0.72	8.65
165	20.16	55.44	0.65	7.81	0.69	8.29
170	19.79	56.07	0.64	7.66	0.66	7.96
175	19.44	56.70	0.63	7.52	0.64	7.66
180	19.11	57.32	0.62	7.39	0.62	7.39



Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Porvenir

Hietograma Para Periodo Retorno 25 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	191.16	15.93	15.93	191.16	0.69	8.27
10	124.70	20.78	4.85	58.23	0.71	8.58
15	97.12	24.28	3.50	41.97	0.74	8.92
20	81.34	27.11	2.83	34.00	0.78	9.30
25	70.89	29.54	2.42	29.08	0.81	9.73
30	63.35	31.68	2.14	25.68	0.85	10.21
35	57.61	33.61	1.93	23.16	0.90	10.76
40	53.06	35.37	1.77	21.20	0.95	11.40
45	49.34	37.01	1.63	19.62	1.01	12.14
50	46.24	38.53	1.53	18.32	1.09	13.03
55	43.60	39.97	1.43	17.22	1.18	14.11
60	41.33	41.33	1.36	16.28	1.29	15.46
65	39.34	42.61	1.29	15.46	1.43	17.22
70	37.58	43.84	1.23	14.75	1.63	19.62
75	36.01	45.02	1.18	14.11	1.93	23.16
80	34.61	46.15	1.13	13.54	2.42	29.08
85	33.34	47.23	1.09	13.03	3.50	41.97
90	32.19	48.28	1.05	12.57	15.93	191.16
95	31.13	49.29	1.01	12.14	4.85	58.23
100	30.16	50.27	0.98	11.75	2.83	34.00
105	29.27	51.22	0.95	11.40	2.14	25.68
110	28.44	52.14	0.92	11.07	1.77	21.20
115	27.67	53.04	0.90	10.76	1.53	18.32
120	26.96	53.91	0.87	10.48	1.36	16.28
125	26.29	54.76	0.85	10.21	1.23	14.75
130	25.66	55.59	0.83	9.96	1.13	13.54
135	25.07	56.40	0.81	9.73	1.05	12.57
140	24.51	57.20	0.79	9.51	0.98	11.75
145	23.99	57.97	0.78	9.30	0.92	11.07
150	23.49	58.73	0.76	9.11	0.87	10.48
155	23.02	59.47	0.74	8.92	0.83	9.96
160	22.58	60.20	0.73	8.75	0.79	9.51
165	22.15	60.92	0.71	8.58	0.76	9.11
170	21.75	61.62	0.70	8.42	0.73	8.75
175	21.36	62.31	0.69	8.27	0.70	8.42
180	21.00	62.99	0.68	8.12	0.68	8.12

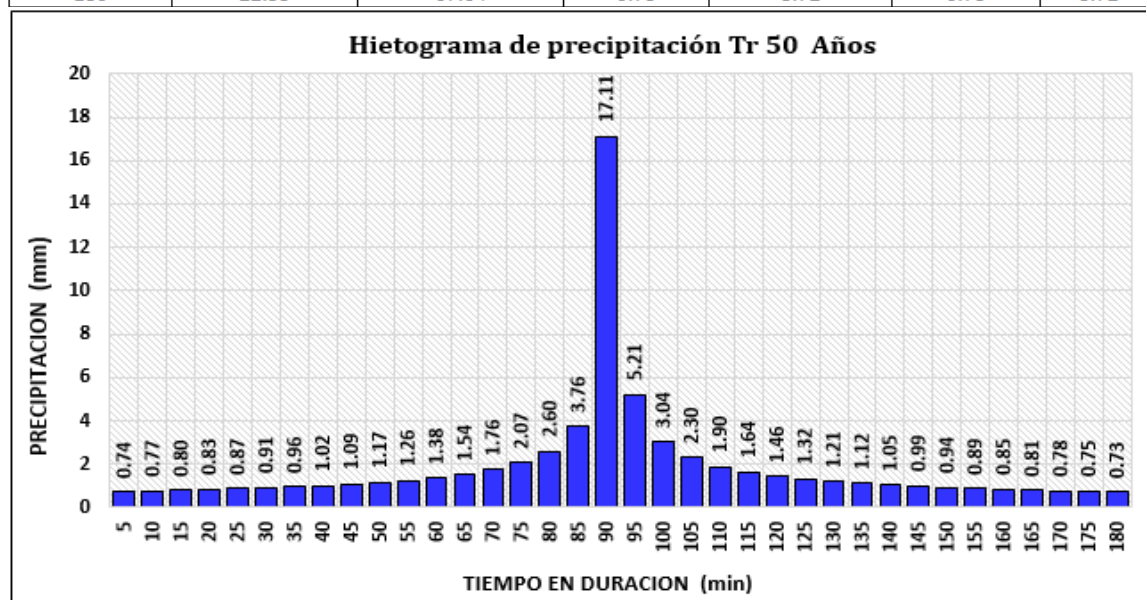


Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Porvenir

Hietograma Para Periodo Retorno 50 Años

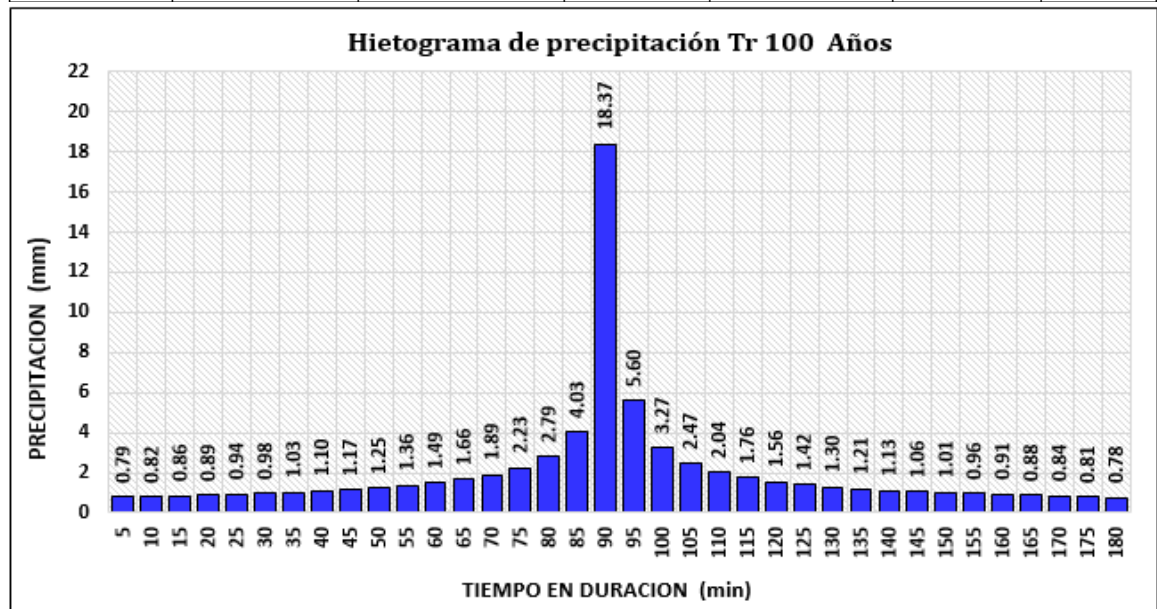
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	205.30	17.11	17.11	205.30	0.74	8.88
10	133.92	22.32	5.21	62.54	0.77	9.21
15	104.30	26.08	3.76	45.07	0.80	9.58
20	87.35	29.12	3.04	36.51	0.83	9.99
25	76.13	31.72	2.60	31.23	0.87	10.45
30	68.04	34.02	2.30	27.58	0.91	10.97
35	61.87	36.09	2.07	24.87	0.96	11.56
40	56.98	37.99	1.90	22.76	1.02	12.24
45	52.99	39.74	1.76	21.07	1.09	13.04
50	49.66	41.38	1.64	19.67	1.17	13.99
55	46.83	42.92	1.54	18.49	1.26	15.15
60	44.38	44.38	1.46	17.48	1.38	16.61
65	42.24	45.76	1.38	16.61	1.54	18.49
70	40.36	47.08	1.32	15.84	1.76	21.07
75	38.68	48.35	1.26	15.15	2.07	24.87
80	37.17	49.56	1.21	14.54	2.60	31.23
85	35.81	50.73	1.17	13.99	3.76	45.07
90	34.57	51.85	1.12	13.49	5.21	205.30
95	33.43	52.94	1.09	13.04	5.21	62.54
100	32.39	53.99	1.05	12.62	3.04	36.51
105	31.43	55.01	1.02	12.24	2.30	27.58
110	30.54	56.00	0.99	11.89	1.90	22.76
115	29.72	56.96	0.96	11.56	1.64	19.67
120	28.95	57.90	0.94	11.25	1.46	17.48
125	28.23	58.81	0.91	10.97	1.32	15.84
130	27.56	59.70	0.89	10.70	1.21	14.54
135	26.92	60.58	0.87	10.45	1.12	13.49
140	26.33	61.43	0.85	10.21	1.05	12.62
145	25.76	62.26	0.83	9.99	0.99	11.89
150	25.23	63.07	0.81	9.78	0.94	11.25
155	24.72	63.87	0.80	9.58	0.89	10.70
160	24.25	64.66	0.78	9.39	0.85	10.21
165	23.79	65.42	0.77	9.21	0.81	9.78
170	23.36	66.18	0.75	9.04	0.78	9.39
175	22.94	66.92	0.74	8.88	0.75	9.04
180	22.55	67.64	0.73	8.72	0.73	8.72



Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Porvenir

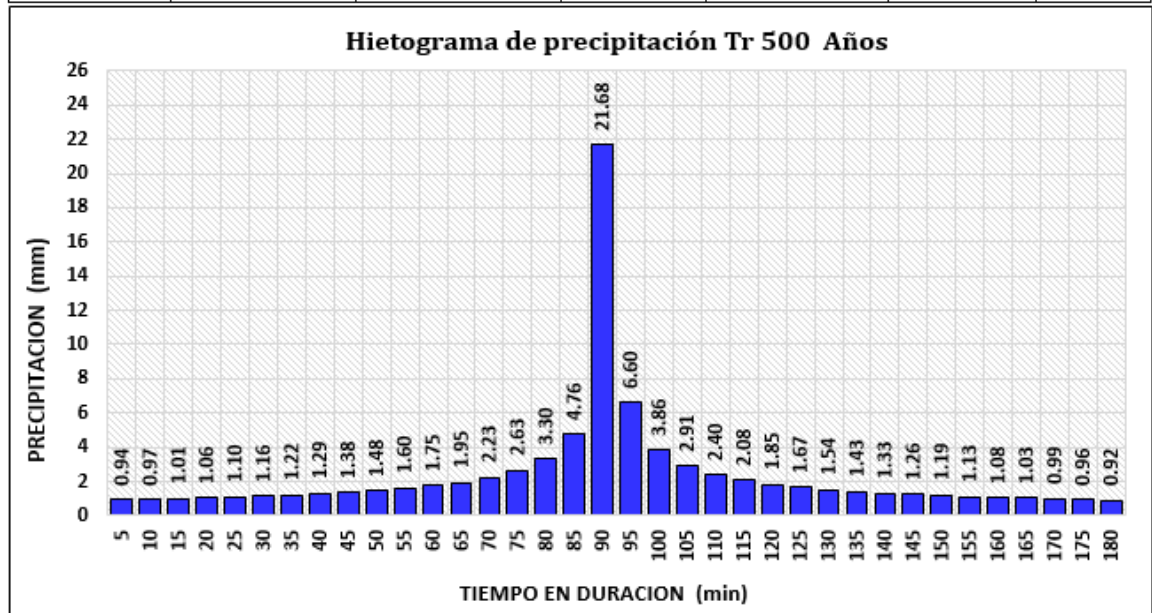
Hietograma Para Periodo Retorno 100 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	220.48	18.37	18.37	220.48	0.79	9.54
10	143.82	23.97	5.60	67.16	0.82	9.89
15	112.02	28.00	4.03	48.41	0.86	10.29
20	93.81	31.27	3.27	39.21	0.89	10.73
25	81.76	34.07	2.79	33.54	0.94	11.22
30	73.07	36.53	2.47	29.62	0.98	11.78
35	66.45	38.76	2.23	26.71	1.03	12.41
40	61.20	40.80	2.04	24.45	1.10	13.14
45	56.91	42.68	1.89	22.63	1.17	14.00
50	53.33	44.44	1.76	21.13	1.25	15.03
55	50.29	46.10	1.66	19.86	1.36	16.27
60	47.66	47.66	1.56	18.78	1.49	17.83
65	45.37	49.15	1.49	17.83	1.66	19.86
70	43.34	50.57	1.42	17.01	1.89	22.63
75	41.54	51.92	1.36	16.27	2.23	26.71
80	39.92	53.22	1.30	15.62	2.79	33.54
85	38.45	54.48	1.25	15.03	4.03	48.41
90	37.12	55.68	1.21	14.49	18.37	220.48
95	35.91	56.85	1.17	14.00	5.60	67.16
100	34.79	57.98	1.13	13.56	3.27	39.21
105	33.76	59.08	1.10	13.14	2.47	29.62
110	32.80	60.14	1.06	12.76	2.04	24.45
115	31.92	61.17	1.03	12.41	1.76	21.13
120	31.09	62.18	1.01	12.08	1.56	18.78
125	30.32	63.16	0.98	11.78	1.42	17.01
130	29.59	64.12	0.96	11.49	1.30	15.62
135	28.91	65.05	0.94	11.22	1.21	14.49
140	28.27	65.97	0.91	10.97	1.13	13.56
145	27.67	66.86	0.89	10.73	1.06	12.76
150	27.10	67.74	0.88	10.50	1.01	12.08
155	26.55	68.60	0.86	10.29	0.96	11.49
160	26.04	69.44	0.84	10.09	0.91	10.97
165	25.55	70.26	0.82	9.89	0.88	10.50
170	25.08	71.07	0.81	9.71	0.84	10.09
175	24.64	71.86	0.79	9.54	0.81	9.71
180	24.22	72.65	0.78	9.37	0.78	9.37



Fuente: Elaboración propia

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Porvenir

Hietograma Para Periodo Retorno 500 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	260.20	21.68	21.68	260.20	0.94	11.25
10	169.73	28.29	6.60	79.26	0.97	11.68
15	132.20	33.05	4.76	57.13	1.01	12.14
20	110.71	36.90	3.86	46.27	1.06	12.66
25	96.49	40.20	3.30	39.58	1.10	13.24
30	86.23	43.12	2.91	34.95	1.16	13.90
35	78.42	45.74	2.63	31.52	1.22	14.65
40	72.22	48.15	2.40	28.85	1.29	15.51
45	67.16	50.37	2.23	26.70	1.38	16.53
50	62.94	52.45	2.08	24.93	1.48	17.73
55	59.35	54.40	1.95	23.44	1.60	19.21
60	56.25	56.25	1.85	22.16	1.75	21.05
65	53.54	58.00	1.75	21.05	1.95	23.44
70	51.15	59.68	1.67	20.07	2.23	26.70
75	49.02	61.28	1.60	19.21	2.63	31.52
80	47.11	62.81	1.54	18.43	3.30	39.58
85	45.38	64.29	1.48	17.73	4.76	57.13
90	43.81	65.72	1.43	17.10	21.68	260.20
95	42.37	67.09	1.38	16.53	6.60	79.26
100	41.06	68.43	1.33	16.00	3.86	46.27
105	39.84	69.72	1.29	15.51	2.91	34.95
110	38.71	70.97	1.26	15.06	2.40	28.85
115	37.67	72.19	1.22	14.65	2.08	24.93
120	36.69	73.38	1.19	14.26	1.85	22.16
125	35.78	74.54	1.16	13.90	1.67	20.07
130	34.93	75.67	1.13	13.56	1.54	18.43
135	34.12	76.77	1.10	13.24	1.43	17.10
140	33.37	77.85	1.08	12.94	1.33	16.00
145	32.65	78.91	1.06	12.66	1.26	15.06
150	31.98	79.94	1.03	12.39	1.19	14.26
155	31.34	80.95	1.01	12.14	1.13	13.56
160	30.73	81.95	0.99	11.90	1.08	12.94
165	30.15	82.92	0.97	11.68	1.03	12.39
170	29.60	83.87	0.96	11.46	0.99	11.90
175	29.08	84.81	0.94	11.25	0.96	11.46
180	28.58	85.73	0.92	11.06	0.92	11.06



Fuente: Elaboración propia

Anexo 9 Tablas de precipitación máxima de las estaciones en estudio para diferentes periodos de retorno

Estación “AASANA”

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	98.116	123.909	141.849	165.550	183.998	203.156	251.247
18 hr	X18 = 91%	89.285	112.757	129.082	150.651	167.439	184.872	228.634
12 hr	X12 = 80%	78.493	99.127	113.479	132.440	147.199	162.525	200.997
8 hr	X8 = 68%	66.719	84.258	96.457	112.574	125.119	138.146	170.848
6 hr	X6 = 61%	59.851	75.584	86.528	100.986	112.239	123.925	153.260
5 hr	X5 = 57%	55.926	70.628	80.854	94.364	104.879	115.799	143.211
4 hr	X4 = 52%	51.020	64.433	73.761	86.086	95.679	105.641	130.648
3 hr	X3 = 46%	45.133	56.998	65.250	76.153	84.639	93.452	115.573
2 hr	X2 = 39%	38.265	48.324	55.321	64.565	71.759	79.231	97.986
1 hr	X1 = 30%	29.435	37.173	42.555	49.665	55.200	60.947	75.374

Fuente: Elaboración propia

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Estación “Epitaciolandia”

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	96.739	115.708	126.439	138.467	146.544	154.009	169.665
18 hr	X18 = 91%	88.032	105.294	115.060	126.005	133.355	140.148	154.396
12 hr	X12 = 80%	77.391	92.566	101.151	110.773	117.235	123.207	135.732
8 hr	X8 = 68%	65.782	78.681	85.979	94.157	99.650	104.726	115.372
6 hr	X6 = 61%	59.011	70.582	77.128	84.465	89.392	93.945	103.496
5 hr	X5 = 57%	55.141	65.954	72.070	78.926	83.530	87.785	96.709
4 hr	X4 = 52%	50.304	60.168	65.748	72.003	76.203	80.084	88.226
3 hr	X3 = 46%	44.500	53.226	58.162	63.695	67.410	70.844	78.046
2 hr	X2 = 39%	37.728	45.126	49.311	54.002	57.152	60.063	66.170
1 hr	X1 = 30%	29.022	34.712	37.932	41.540	43.963	46.203	50.900

Fuente: Elaboración propia

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Floresta

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	92.529	114.487	125.953	137.887	145.337	151.813	164.129
18 hr	X18 = 91%	84.202	104.183	114.618	125.477	132.257	138.150	149.358
12 hr	X12 = 80%	74.023	91.590	100.763	110.310	116.270	121.451	131.303
8 hr	X8 = 68%	62.920	77.851	85.648	93.763	98.829	103.233	111.608
6 hr	X6 = 61%	56.443	69.837	76.832	84.111	88.656	92.606	100.119
5 hr	X5 = 57%	52.742	65.258	71.793	78.596	82.842	86.534	93.554
4 hr	X4 = 52%	48.115	59.533	65.496	71.701	75.575	78.943	85.347
3 hr	X3 = 46%	42.563	52.664	57.939	63.428	66.855	69.834	75.499
2 hr	X2 = 39%	36.086	44.650	49.122	53.776	56.681	59.207	64.010
1 hr	X1 = 30%	27.759	34.346	37.786	41.366	43.601	45.544	49.239

Fuente: Elaboración propia

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Estación "Nasa Giovanni" TRMM.3B42 Porvenir

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias								
Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	96.962	117.606	129.223	142.166	150.803	158.740	175.233
18 hr	X18 = 91%	88.236	107.021	117.593	129.371	137.231	144.454	159.462
12 hr	X12 = 80%	77.570	94.085	103.379	113.733	120.643	126.992	140.186
8 hr	X8 = 68%	65.934	79.972	87.872	96.673	102.546	107.943	119.158
6 hr	X6 = 61%	59.147	71.740	78.826	86.721	91.990	96.831	106.892
5 hr	X5 = 57%	55.268	67.035	73.657	81.035	85.958	90.482	99.883
4 hr	X4 = 52%	50.420	61.155	67.196	73.926	78.418	82.545	91.121
3 hr	X3 = 46%	44.603	54.099	59.443	65.396	69.370	73.020	80.607
2 hr	X2 = 39%	37.815	45.866	50.397	55.445	58.813	61.909	68.341
1 hr	X1 = 30%	29.089	35.282	38.767	42.650	45.241	47.622	52.570

Fuente: Elaboración propia.

Es ente paso se combinó las 4 estaciones con la distribución por polígonos de Thiessen para obtener las precipitaciones máximas diaria de lluvia y frecuencia de la misma.

Precipitación Duración de lluvia y Frecuencia.

DISTRIBUCIÓN DE ÁREA POR ESTACIONES				Área Total de la cuenca
AASANA	FLORESTA	EPITACIOLANDIA	PORVENIR	
Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²
34.05	62.34	6.81	37.11	140.31
24.27	44.43	4.85	26.45	100
%	%	%	%	%

Precipitación Máxima Diaria por Duración de lluvia y Frecuencia de la misma Distribuida por polígonos de Thiessen							
Tiempo de Duración	Precipitación máxima Pd (mm)						
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	95.262	117.658	130.699	145.760	156.224	166.211	188.476
18 hr	86.688	107.068	118.936	132.642	142.164	151.252	171.513
12 hr	76.209	94.126	104.559	116.608	124.979	132.969	150.781
8 hr	64.778	80.007	88.876	99.117	106.232	113.024	128.164
6 hr	58.110	71.771	79.727	88.914	95.296	101.389	114.970
5 hr	54.299	67.065	74.499	83.083	89.048	94.741	107.431
4 hr	49.536	61.182	67.964	75.795	81.236	86.430	98.008
3 hr	43.820	54.122	60.122	67.050	71.863	76.457	86.699
2 hr	37.152	45.886	50.973	56.847	60.927	64.822	73.506
1 hr	28.579	35.297	39.210	43.728	46.867	49.863	56.543

Intensidad de precipitación por Duración de lluvia y Frecuencia de la misma distribuida por polígonos de Thiessen								
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) por Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	3.9692	4.9024	5.4458	6.0733	6.5093	6.9255	7.8532
18 hr	1080	4.8160	5.9482	6.6076	7.3690	7.8980	8.4029	9.5285
12 hr	720	6.3508	7.8438	8.7133	9.7174	10.4149	11.0808	12.5651
8 hr	480	8.0972	10.0009	11.1094	12.3896	13.2790	14.1280	16.0205
6 hr	360	9.6849	11.9619	13.2878	14.8190	15.8827	16.8982	19.1617
5 hr	300	10.8598	13.4130	14.8997	16.6167	17.8095	18.9481	21.4863
4 hr	240	12.3840	15.2955	16.9909	18.9488	20.3091	21.6075	24.5019
3 hr	180	14.6068	18.0408	20.0406	22.3499	23.9543	25.4858	28.8997
2 hr	120	18.5760	22.9432	25.4864	28.4233	30.4636	32.4112	36.7528
1 hr	60	28.5785	35.2973	39.2098	43.7281	46.8671	49.8634	56.5428

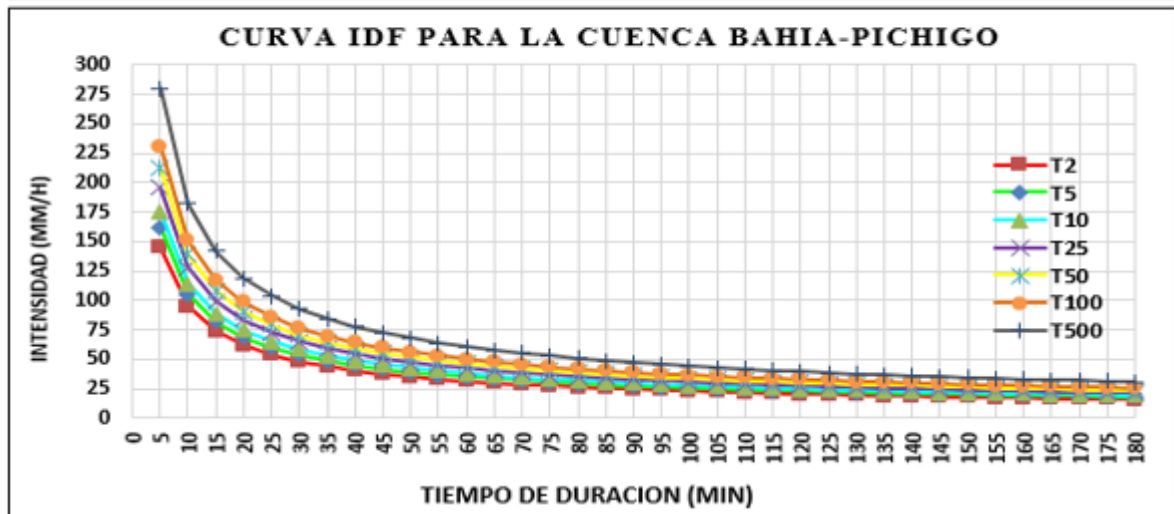
Fuente: Elaboración propia.

Estación Base Curva I-D-F para la cuenca Bahía-distribuida mediante Thiessen

$$I = \frac{360.3202 * T^{0.118944}}{t^{0.61639}}$$

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición

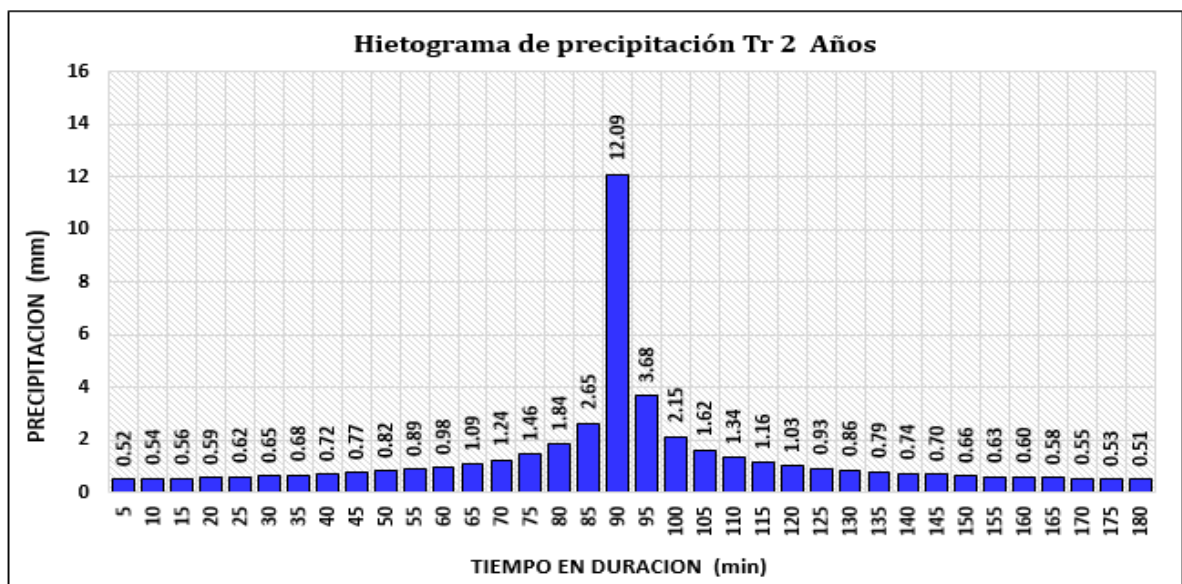
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	145.10	161.80	175.71	195.94	212.78	231.07	279.82
10	94.65	105.55	114.62	127.81	138.80	150.73	182.53
15	73.72	82.21	89.27	99.55	108.10	117.40	142.16
20	61.74	68.85	74.76	83.37	90.54	98.32	119.06
25	53.81	60.00	65.16	72.66	78.90	85.69	103.76
30	48.09	53.62	58.23	64.94	70.52	76.58	92.73
35	43.73	48.76	52.95	59.05	64.13	69.64	84.33
40	40.27	44.91	48.77	54.38	59.06	64.13	77.67
45	37.45	41.76	45.35	50.58	54.92	59.64	72.23
50	35.10	39.14	42.50	47.40	51.47	55.89	67.69
55	33.09	36.91	40.08	44.69	48.53	52.70	63.82
60	31.37	34.98	37.98	42.36	46.00	49.95	60.49
65	29.86	33.29	36.16	40.32	43.78	47.55	57.58
70	28.52	31.81	34.54	38.52	41.83	45.42	55.01
75	27.34	30.48	33.10	36.92	40.09	43.53	52.72
80	26.27	29.29	31.81	35.48	38.52	41.83	50.66
85	25.31	28.22	30.65	34.17	37.11	40.30	48.80
90	24.43	27.24	29.58	32.99	35.83	38.91	47.11
95	23.63	26.35	28.61	31.91	34.65	37.63	45.57
100	22.89	25.53	27.72	30.92	33.57	36.46	44.15
105	22.22	24.77	26.90	30.00	32.58	35.38	42.84
110	21.59	24.07	26.14	29.15	31.66	34.38	41.63
115	21.00	23.42	25.44	28.36	30.80	33.45	40.51
120	20.46	22.82	24.78	27.63	30.00	32.58	39.46
125	19.95	22.25	24.16	26.94	29.26	31.77	38.48
130	19.48	21.72	23.58	26.30	28.56	31.01	37.56
135	19.03	21.22	23.04	25.70	27.90	30.30	36.69
140	18.61	20.75	22.53	25.13	27.29	29.63	35.88
145	18.21	20.30	22.05	24.59	26.70	29.00	35.11
150	17.83	19.88	21.59	24.08	26.15	28.40	34.39
155	17.47	19.49	21.16	23.60	25.63	27.83	33.70
160	17.14	19.11	20.75	23.14	25.13	27.29	33.05
165	16.81	18.75	20.36	22.71	24.66	26.78	32.43
170	16.51	18.41	19.99	22.29	24.21	26.29	31.83
175	16.21	18.08	19.64	21.90	23.78	25.82	31.27
180	15.94	17.77	19.30	21.52	23.37	25.38	30.73



Fuente: Elaboración propia

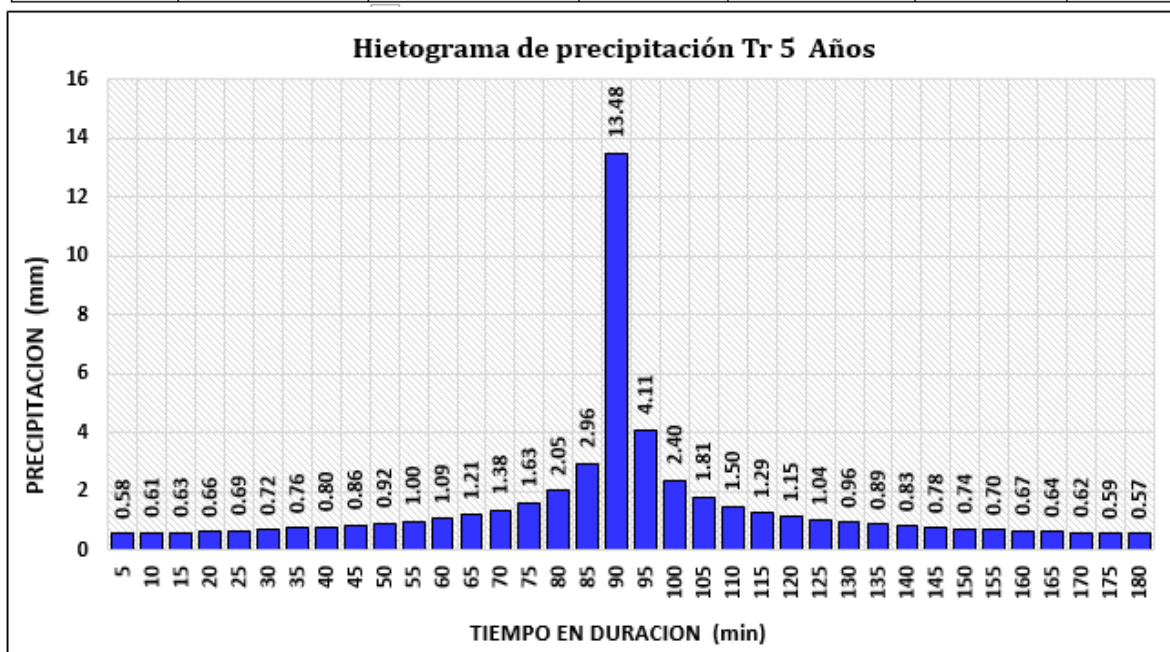
Anexo 10 Estación base combinada para los hietogramas de distintos periodos de retornos

<i>Hietograma Para Periodo Retorno 2 Años</i>						
Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	145.10	12.09	12.09	145.10	0.52	6.28
10	94.65	15.77	3.68	44.20	0.54	6.51
15	73.72	18.43	2.65	31.86	0.56	6.77
20	61.74	20.58	2.15	25.80	0.59	7.06
25	53.81	22.42	1.84	22.07	0.62	7.38
30	48.09	24.04	1.62	19.49	0.65	7.75
35	43.73	25.51	1.46	17.58	0.68	8.17
40	40.27	26.85	1.34	16.09	0.72	8.65
45	37.45	28.09	1.24	14.89	0.77	9.22
50	35.10	29.25	1.16	13.90	0.82	9.89
55	33.09	30.34	1.09	13.07	0.89	10.71
60	31.37	31.37	1.03	12.36	0.98	11.74
65	29.86	32.34	0.98	11.74	1.09	13.07
70	28.52	33.28	0.93	11.19	1.24	14.89
75	27.34	34.17	0.89	10.71	1.46	17.58
80	26.27	35.03	0.86	10.28	1.84	22.07
85	25.31	35.85	0.82	9.89	2.65	31.86
90	24.43	36.65	0.79	9.54	12.09	145.10
95	23.63	37.41	0.77	9.22	3.68	44.20
100	22.89	38.16	0.74	8.92	2.15	25.80
105	22.22	38.88	0.72	8.65	1.62	19.49
110	21.59	39.58	0.70	8.40	1.34	16.09
115	21.00	40.26	0.68	8.17	1.16	13.90
120	20.46	40.92	0.66	7.95	1.03	12.36
125	19.95	41.57	0.65	7.75	0.93	11.19
130	19.48	42.20	0.63	7.56	0.86	10.28
135	19.03	42.81	0.62	7.38	0.79	9.54
140	18.61	43.41	0.60	7.22	0.74	8.92
145	18.21	44.00	0.59	7.06	0.70	8.40
150	17.83	44.58	0.58	6.91	0.66	7.95
155	17.47	45.14	0.56	6.77	0.63	7.56
160	17.14	45.70	0.55	6.64	0.60	7.22
165	16.81	46.24	0.54	6.51	0.58	6.91
170	16.51	46.77	0.53	6.39	0.55	6.64
175	16.21	47.29	0.52	6.28	0.53	6.39
180	15.94	47.81	0.51	6.17	0.51	6.17



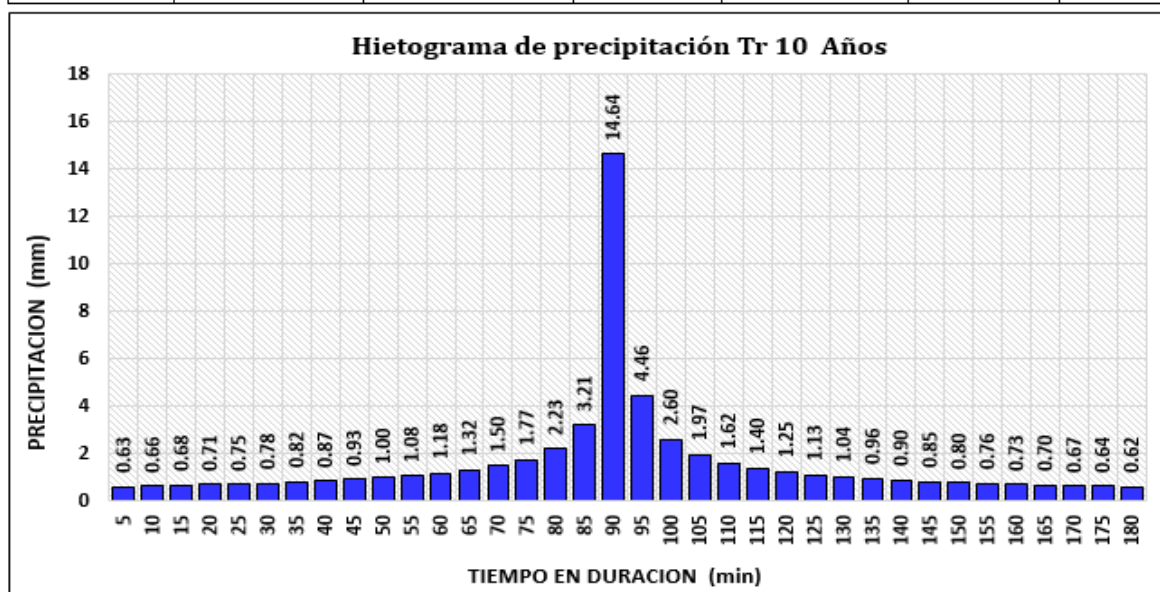
Fuente: Elaboración propia.

<i>Hietograma Para Periodo Retorno 5 Años</i>						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	161.80	13.48	13.48	161.80	0.58	7.00
10	105.55	17.59	4.11	49.29	0.61	7.26
15	82.21	20.55	2.96	35.52	0.63	7.55
20	68.85	22.95	2.40	28.77	0.66	7.87
25	60.00	25.00	2.05	24.61	0.69	8.23
30	53.62	26.81	1.81	21.73	0.72	8.64
35	48.76	28.44	1.63	19.60	0.76	9.11
40	44.91	29.94	1.50	17.94	0.80	9.65
45	41.76	31.32	1.38	16.61	0.86	10.28
50	39.14	32.62	1.29	15.50	0.92	11.03
55	36.91	33.83	1.21	14.57	1.00	11.94
60	34.98	34.98	1.15	13.78	1.09	13.09
65	33.29	36.07	1.09	13.09	1.21	14.57
70	31.81	37.11	1.04	12.48	1.38	16.61
75	30.48	38.10	1.00	11.94	1.63	19.60
80	29.29	39.06	0.96	11.46	2.05	24.61
85	28.22	39.98	0.92	11.03	2.96	35.52
90	27.24	40.86	0.89	10.64	13.48	161.80
95	26.35	41.72	0.86	10.28	4.11	49.29
100	25.53	42.55	0.83	9.95	2.40	28.77
105	24.77	43.35	0.80	9.65	1.81	21.73
110	24.07	44.13	0.78	9.37	1.50	17.94
115	23.42	44.89	0.76	9.11	1.29	15.50
120	22.82	45.63	0.74	8.87	1.15	13.78
125	22.25	46.35	0.72	8.64	1.04	12.48
130	21.72	47.06	0.70	8.43	0.96	11.46
135	21.22	47.74	0.69	8.23	0.89	10.64
140	20.75	48.41	0.67	8.05	0.83	9.95
145	20.30	49.07	0.66	7.87	0.78	9.37
150	19.88	49.71	0.64	7.71	0.74	8.87
155	19.49	50.34	0.63	7.55	0.70	8.43
160	19.11	50.96	0.62	7.40	0.67	8.05
165	18.75	51.56	0.61	7.26	0.64	7.71
170	18.41	52.16	0.59	7.13	0.62	7.40
175	18.08	52.74	0.58	7.00	0.59	7.13
180	17.77	53.31	0.57	6.88	0.57	6.88



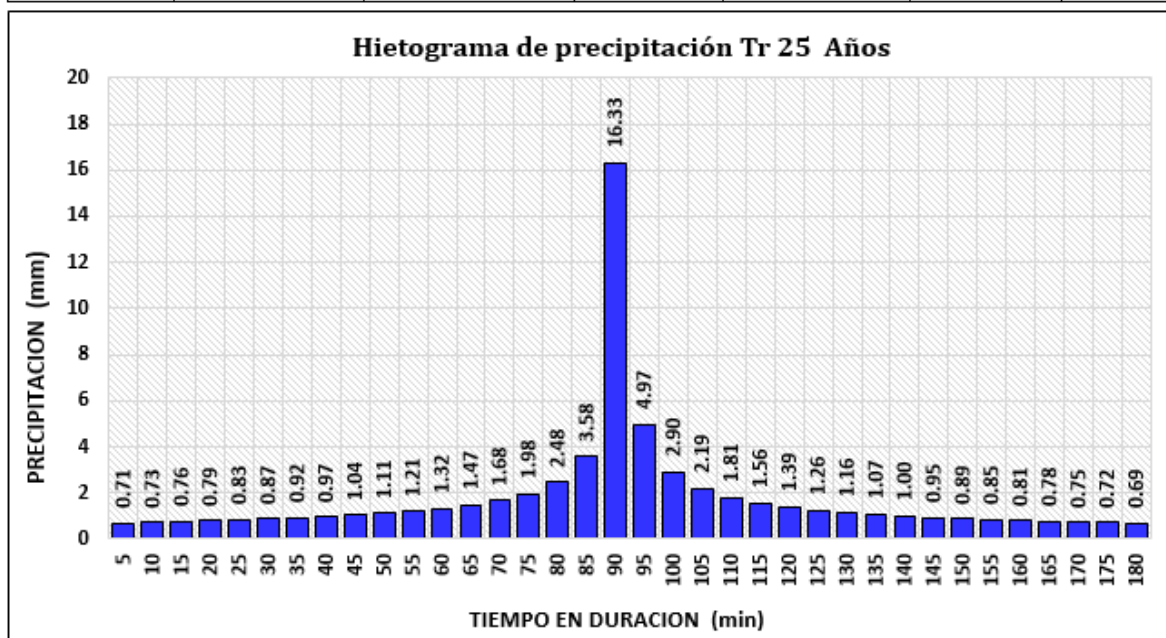
Fuente: Elaboración propia.

<i>Hietograma Para Periodo Retorno 10 Años</i>						
Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	175.71	14.64	14.64	175.71	0.63	7.60
10	114.62	19.10	4.46	53.52	0.66	7.89
15	89.27	22.32	3.21	38.58	0.68	8.20
20	74.76	24.92	2.60	31.25	0.71	8.55
25	65.16	27.15	2.23	26.73	0.75	8.94
30	58.23	29.12	1.97	23.60	0.78	9.39
35	52.95	30.89	1.77	21.28	0.82	9.89
40	48.77	32.51	1.62	19.48	0.87	10.48
45	45.35	34.02	1.50	18.03	0.93	11.16
50	42.50	35.42	1.40	16.84	1.00	11.98
55	40.08	36.74	1.32	15.83	1.08	12.97
60	37.98	37.98	1.25	14.96	1.18	14.21
65	36.16	39.17	1.18	14.21	1.32	15.83
70	34.54	40.30	1.13	13.55	1.50	18.03
75	33.10	41.38	1.08	12.97	1.77	21.28
80	31.81	42.42	1.04	12.45	2.23	26.73
85	30.65	43.41	1.00	11.98	3.21	38.58
90	29.58	44.38	0.96	11.55	14.64	175.71
95	28.61	45.31	0.93	11.16	4.46	53.52
100	27.72	46.21	0.90	10.80	2.60	31.25
105	26.90	47.08	0.87	10.48	1.97	23.60
110	26.14	47.93	0.85	10.17	1.62	19.48
115	25.44	48.75	0.82	9.89	1.40	16.84
120	24.78	49.55	0.80	9.63	1.25	14.96
125	24.16	50.34	0.78	9.39	1.13	13.55
130	23.58	51.10	0.76	9.16	1.04	12.45
135	23.04	51.85	0.75	8.94	0.96	11.55
140	22.53	52.57	0.73	8.74	0.90	10.80
145	22.05	53.29	0.71	8.55	0.85	10.17
150	21.59	53.98	0.70	8.37	0.80	9.63
155	21.16	54.67	0.68	8.20	0.76	9.16
160	20.75	55.34	0.67	8.04	0.73	8.74
165	20.36	55.99	0.66	7.89	0.70	8.37
170	19.99	56.64	0.64	7.74	0.67	8.04
175	19.64	57.27	0.63	7.60	0.64	7.74
180	19.30	57.89	0.62	7.47	0.62	7.47



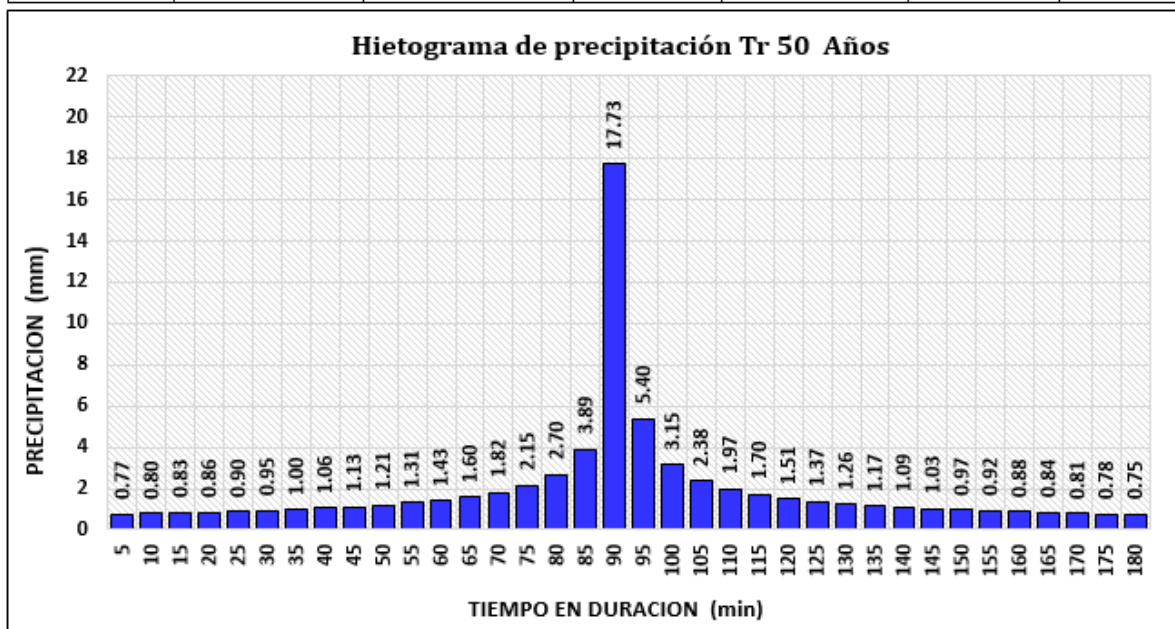
Fuente: Elaboración propia

<i>Hietograma Para Periodo Retorno 25 Años</i>						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	195.94	16.33	16.33	195.94	0.71	8.48
10	127.81	21.30	4.97	59.69	0.73	8.79
15	99.55	24.89	3.58	43.02	0.76	9.14
20	83.37	27.79	2.90	34.85	0.79	9.53
25	72.66	30.27	2.48	29.80	0.83	9.97
30	64.94	32.47	2.19	26.32	0.87	10.47
35	59.05	34.45	1.98	23.73	0.92	11.03
40	54.38	36.26	1.81	21.73	0.97	11.68
45	50.58	37.93	1.68	20.11	1.04	12.45
50	47.40	39.50	1.56	18.77	1.11	13.36
55	44.69	40.97	1.47	17.65	1.21	14.46
60	42.36	42.36	1.39	16.69	1.32	15.85
65	40.32	43.68	1.32	15.85	1.47	17.65
70	38.52	44.94	1.26	15.11	1.68	20.11
75	36.92	46.14	1.21	14.46	1.98	23.73
80	35.48	47.30	1.16	13.88	2.48	29.80
85	34.17	48.41	1.11	13.36	3.58	43.02
90	32.99	49.49	1.07	12.88	16.33	195.94
95	31.91	50.52	1.04	12.45	4.97	59.69
100	30.92	51.53	1.00	12.05	2.90	34.85
105	30.00	52.50	0.97	11.68	2.19	26.32
110	29.15	53.45	0.95	11.34	1.81	21.73
115	28.36	54.37	0.92	11.03	1.56	18.77
120	27.63	55.26	0.89	10.74	1.39	16.69
125	26.94	56.13	0.87	10.47	1.26	15.11
130	26.30	56.98	0.85	10.21	1.16	13.88
135	25.70	57.81	0.83	9.97	1.07	12.88
140	25.13	58.63	0.81	9.75	1.00	12.05
145	24.59	59.42	0.79	9.53	0.95	11.34
150	24.08	60.20	0.78	9.33	0.89	10.74
155	23.60	60.96	0.76	9.14	0.85	10.21
160	23.14	61.71	0.75	8.96	0.81	9.75
165	22.71	62.44	0.73	8.79	0.78	9.33
170	22.29	63.16	0.72	8.63	0.75	8.96
175	21.90	63.87	0.71	8.48	0.72	8.63
180	21.52	64.56	0.69	8.33	0.69	8.33



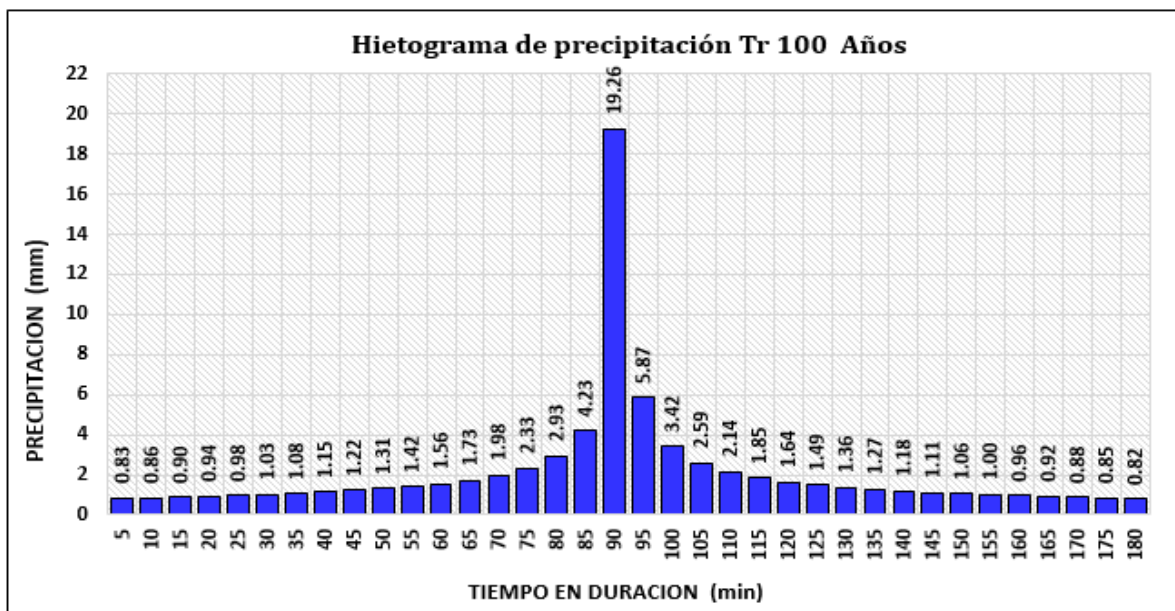
Fuente: Elaboración propia

<i>Hietograma Para Periodo Retorno 50 Años</i>						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	212.78	17.73	17.73	212.78	0.77	9.20
10	138.80	23.13	5.40	64.81	0.80	9.55
15	108.10	27.03	3.89	46.72	0.83	9.93
20	90.54	30.18	3.15	37.84	0.86	10.35
25	78.90	32.88	2.70	32.37	0.90	10.83
30	70.52	35.26	2.38	28.58	0.95	11.37
35	64.13	37.41	2.15	25.77	1.00	11.98
40	59.06	39.37	1.97	23.59	1.06	12.69
45	54.92	41.19	1.82	21.84	1.13	13.51
50	51.47	42.89	1.70	20.39	1.21	14.50
55	48.53	44.49	1.60	19.17	1.31	15.71
60	46.00	46.00	1.51	18.12	1.43	17.21
65	43.78	47.43	1.43	17.21	1.60	19.17
70	41.83	48.80	1.37	16.41	1.82	21.84
75	40.09	50.11	1.31	15.71	2.15	25.77
80	38.52	51.37	1.26	15.07	2.70	32.37
85	37.11	52.57	1.21	14.50	3.89	46.72
90	35.83	53.74	1.17	13.99	17.73	212.78
95	34.65	54.87	1.13	13.51	5.40	64.81
100	33.57	55.96	1.09	13.08	3.15	37.84
105	32.58	57.01	1.06	12.69	2.38	28.58
110	31.66	58.04	1.03	12.32	1.97	23.59
115	30.80	59.04	1.00	11.98	1.70	20.39
120	30.00	60.01	0.97	11.66	1.51	18.12
125	29.26	60.96	0.95	11.37	1.37	16.41
130	28.56	61.88	0.92	11.09	1.26	15.07
135	27.90	62.78	0.90	10.83	1.17	13.99
140	27.29	63.67	0.88	10.58	1.09	13.08
145	26.70	64.53	0.86	10.35	1.03	12.32
150	26.15	65.37	0.84	10.14	0.97	11.66
155	25.63	66.20	0.83	9.93	0.92	11.09
160	25.13	67.01	0.81	9.73	0.88	10.58
165	24.66	67.81	0.80	9.55	0.84	10.14
170	24.21	68.59	0.78	9.37	0.81	9.73
175	23.78	69.36	0.77	9.20	0.78	9.37
180	23.37	70.11	0.75	9.04	0.75	9.04



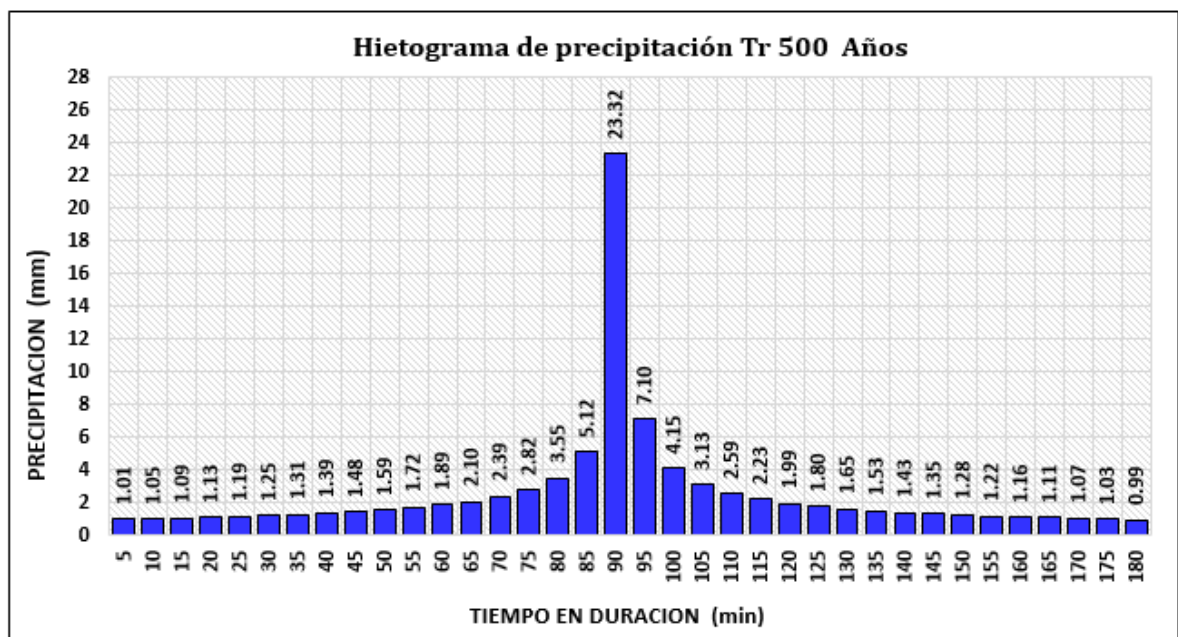
Fuente: Elaboración propia.

Hietograma Para Periodo Retorno 100 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	231.07	19.26	19.26	231.07	0.83	9.99
10	150.73	25.12	5.87	70.38	0.86	10.37
15	117.40	29.35	4.23	50.73	0.90	10.78
20	98.32	32.77	3.42	41.09	0.94	11.24
25	85.69	35.70	2.93	35.15	0.98	11.76
30	76.58	38.29	2.59	31.04	1.03	12.34
35	69.64	40.62	2.33	27.99	1.08	13.01
40	64.13	42.76	2.14	25.62	1.15	13.78
45	59.64	44.73	1.98	23.71	1.22	14.68
50	55.89	46.58	1.85	22.14	1.31	15.75
55	52.70	48.31	1.73	20.81	1.42	17.06
60	49.95	49.95	1.64	19.68	1.56	18.69
65	47.55	51.51	1.56	18.69	1.73	20.81
70	45.42	52.99	1.49	17.82	1.98	23.71
75	43.53	54.42	1.42	17.06	2.33	27.99
80	41.83	55.78	1.36	16.37	2.93	35.15
85	40.30	57.09	1.31	15.75	4.23	50.73
90	38.91	58.36	1.27	15.19	19.26	231.07
95	37.63	59.58	1.22	14.68	5.87	70.38
100	36.46	60.76	1.18	14.21	3.42	41.09
105	35.38	61.91	1.15	13.78	2.59	31.04
110	34.38	63.03	1.11	13.38	2.14	25.62
115	33.45	64.11	1.08	13.01	1.85	22.14
120	32.58	65.17	1.06	12.66	1.64	19.68
125	31.77	66.20	1.03	12.34	1.49	17.82
130	31.01	67.20	1.00	12.04	1.36	16.37
135	30.30	68.18	0.98	11.76	1.27	15.19
140	29.63	69.14	0.96	11.49	1.18	14.21
145	29.00	70.07	0.94	11.24	1.11	13.38
150	28.40	70.99	0.92	11.01	1.06	12.66
155	27.83	71.89	0.90	10.78	1.00	12.04
160	27.29	72.77	0.88	10.57	0.96	11.49
165	26.78	73.63	0.86	10.37	0.92	11.01
170	26.29	74.48	0.85	10.18	0.88	10.57
175	25.82	75.32	0.83	9.99	0.85	10.18
180	25.38	76.13	0.82	9.82	0.82	9.82



Fuente: Elaboración propia.

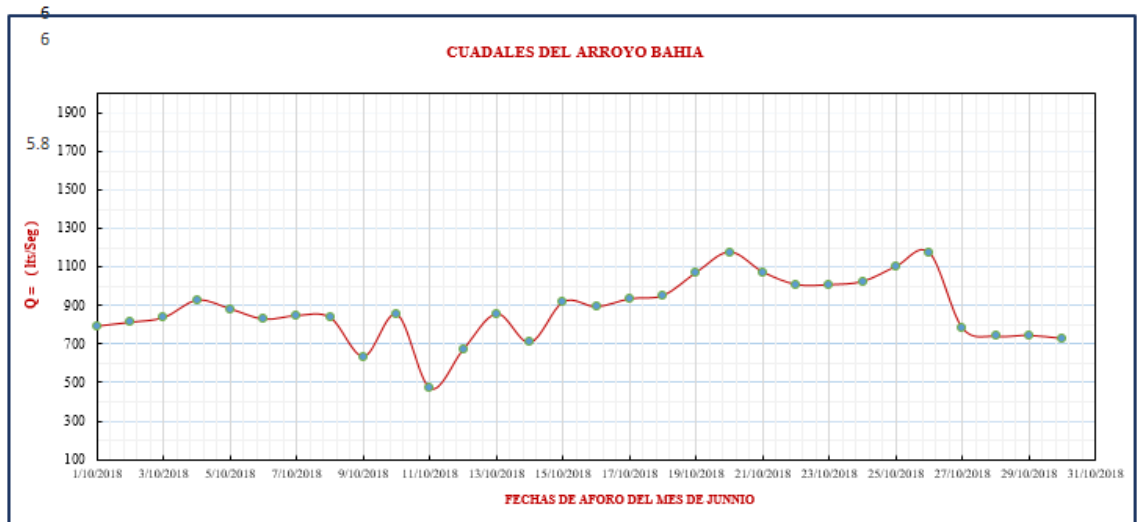
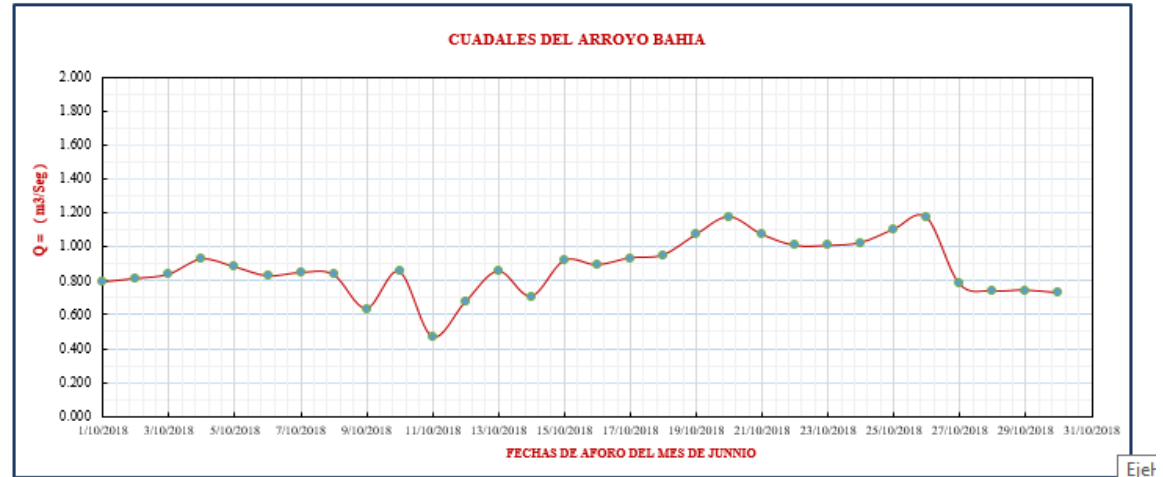
Hietograma Para Periodo Retorno 500 Años						
Duracion (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación Incremental (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	279.82	23.32	23.32	279.82	1.01	12.10
10	182.53	30.42	7.10	85.23	1.05	12.56
15	142.16	35.54	5.12	61.44	1.09	13.06
20	119.06	39.69	4.15	49.76	1.13	13.62
25	103.76	43.23	3.55	42.56	1.19	14.24
30	92.73	46.37	3.13	37.59	1.25	14.95
35	84.33	49.19	2.82	33.89	1.31	15.75
40	77.67	51.78	2.59	31.03	1.39	16.68
45	72.23	54.17	2.39	28.72	1.48	17.77
50	67.69	56.40	2.23	26.81	1.59	19.07
55	63.82	58.50	2.10	25.21	1.72	20.65
60	60.49	60.49	1.99	23.83	1.89	22.63
65	57.58	62.38	1.89	22.63	2.10	25.21
70	55.01	64.18	1.80	21.58	2.39	28.72
75	52.72	65.90	1.72	20.65	2.82	33.89
80	50.66	67.55	1.65	19.82	3.55	42.56
85	48.80	69.14	1.59	19.07	5.12	61.44
90	47.11	70.67	1.53	18.39	23.32	279.82
95	45.57	72.15	1.48	17.77	7.10	85.23
100	44.15	73.59	1.43	17.21	4.15	49.76
105	42.84	74.98	1.39	16.68	3.13	37.59
110	41.63	76.33	1.35	16.20	2.59	31.03
115	40.51	77.64	1.31	15.75	2.23	26.81
120	39.46	78.92	1.28	15.34	1.99	23.83
125	38.48	80.16	1.25	14.95	1.80	21.58
130	37.56	81.38	1.22	14.58	1.65	19.82
135	36.69	82.56	1.19	14.24	1.53	18.39
140	35.88	83.72	1.16	13.92	1.43	17.21
145	35.11	84.86	1.13	13.62	1.35	16.20
150	34.39	85.97	1.11	13.33	1.28	15.34
155	33.70	87.06	1.09	13.06	1.22	14.58
160	33.05	88.12	1.07	12.80	1.16	13.92
165	32.43	89.17	1.05	12.56	1.11	13.33
170	31.83	90.20	1.03	12.32	1.07	12.80
175	31.27	91.21	1.01	12.10	1.03	12.32
180	30.73	92.20	0.99	11.89	0.99	11.89



Fuente: Elaboración propia.

Resumen de aforos del mes de Octubre 2018 del arroyo Bahía-Pichigo

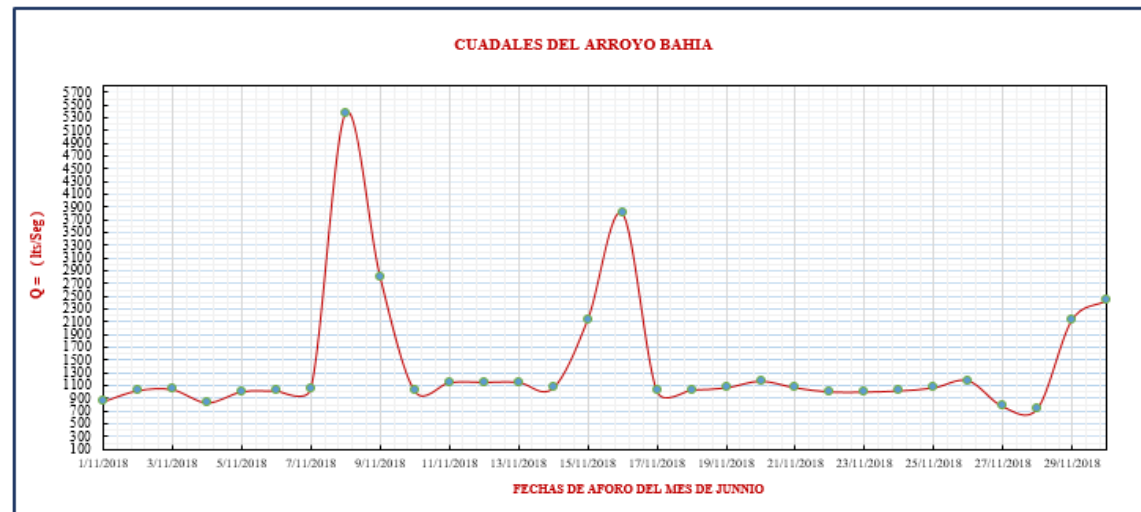
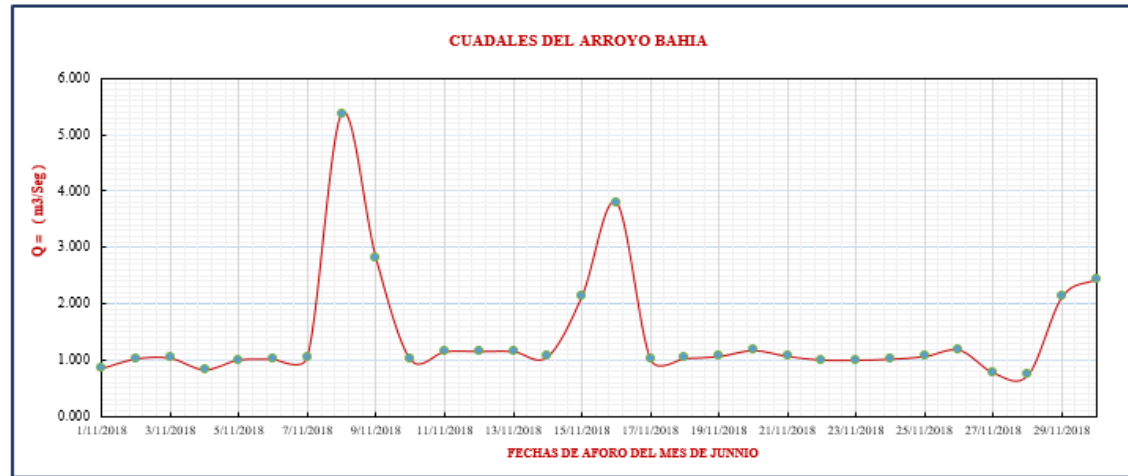
#	Fechas	CAUDAL TOTAL m ³ /seg	CAUDAL TOTAL lts/seg
1	1/10/2018	0.792	792
2	2/10/2018	0.812	812
3	3/10/2018	0.837	837
4	4/10/2018	0.927	927
5	5/10/2018	0.881	881
6	6/10/2018	0.828	828
7	7/10/2018	0.847	847
8	8/10/2018	0.836	836
9	9/10/2018	0.635	635
10	10/10/2018	0.853	853
11	11/10/2018	0.469	469
12	12/10/2018	0.672	672
13	13/10/2018	0.856	856
14	14/10/2018	0.707	707
15	15/10/2018	0.918	918
16	16/10/2018	0.893	893
17	17/10/2018	0.934	934
18	18/10/2018	0.951	951
19	19/10/2018	1.071	1071
20	20/10/2018	1.177	1177
21	21/10/2018	1.073	1073
22	22/10/2018	1.008	1008
23	23/10/2018	1.007	1007
24	24/10/2018	1.024	1024
25	25/10/2018	1.102	1102
26	26/10/2018	1.174	1174
27	27/10/2018	0.781	781
28	28/10/2018	0.739	739
29	29/10/2018	0.744	744
30	30/10/2018	0.728	728
31	31/10/2018	0.855	855



Fuente: elaboración propia

Resumen de aforos del mes de Noviembre 2018 del arroyo Bahía-Pichigo

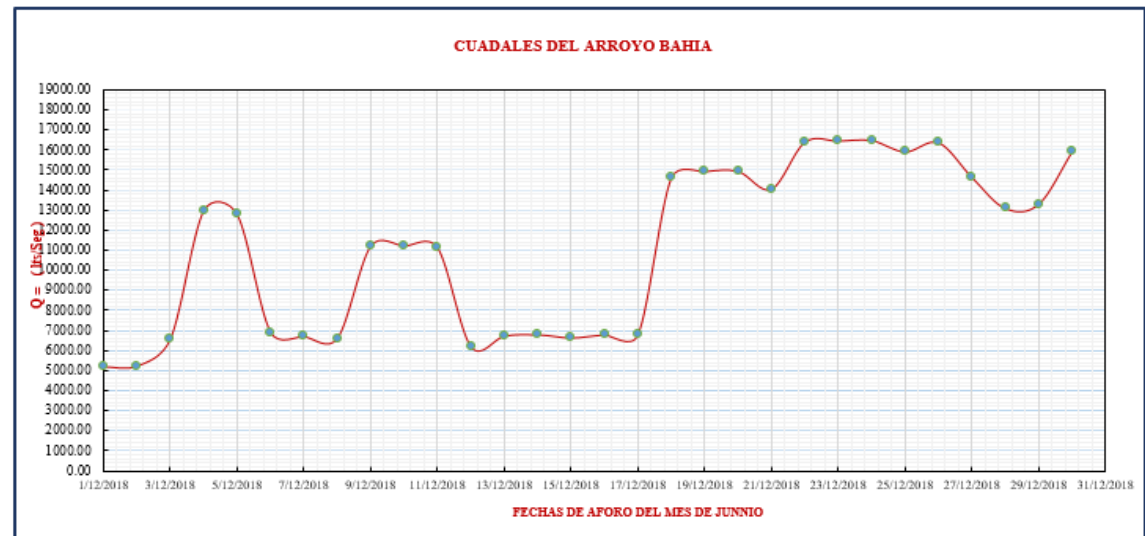
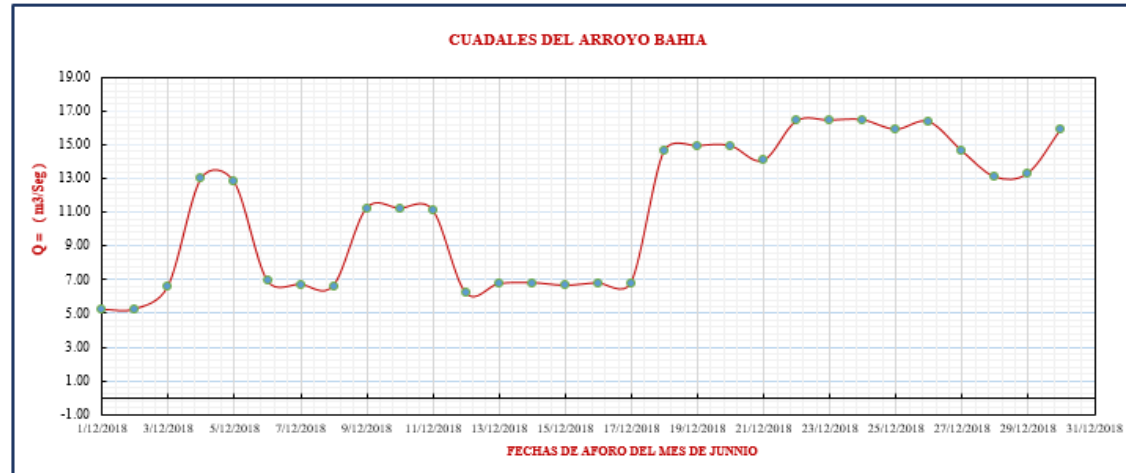
#	Fechas	CAUDAL TOTAL m ³ /seg	CAUDAL TOTAL lts/seg
1	1/11/2018	0.855	855
2	2/11/2018	1.028	1028
3	3/11/2018	1.043	1043
4	4/11/2018	0.837	837
5	5/11/2018	1.010	1010
6	6/11/2018	1.025	1025
7	7/11/2018	1.064	1064
8	8/11/2018	5.370	5370
9	9/11/2018	2.814	2814
10	10/11/2018	1.023	1023
11	11/11/2018	1.156	1156
12	12/11/2018	1.160	1160
13	13/11/2018	1.159	1159
14	14/11/2018	1.066	1066
15	15/11/2018	2.135	2135
16	16/11/2018	3.804	3804
17	17/11/2018	1.023	1023
18	18/11/2018	1.039	1039
19	19/11/2018	1.071	1071
20	20/11/2018	1.177	1177
21	21/11/2018	1.073	1073
22	22/11/2018	1.008	1008
23	23/11/2018	1.007	1007
24	24/11/2018	1.024	1024
25	25/11/2018	1.071	1071
26	26/11/2018	1.184	1184
27	27/11/2018	0.778	778
28	28/11/2018	0.743	743
29	29/11/2018	2.135	2135
30	30/11/2018	2.438	2438



Fuente: elaboración propia

Resumen de aforos del mes de Diciembre 2018 del arroyo Bahía-Pichigo

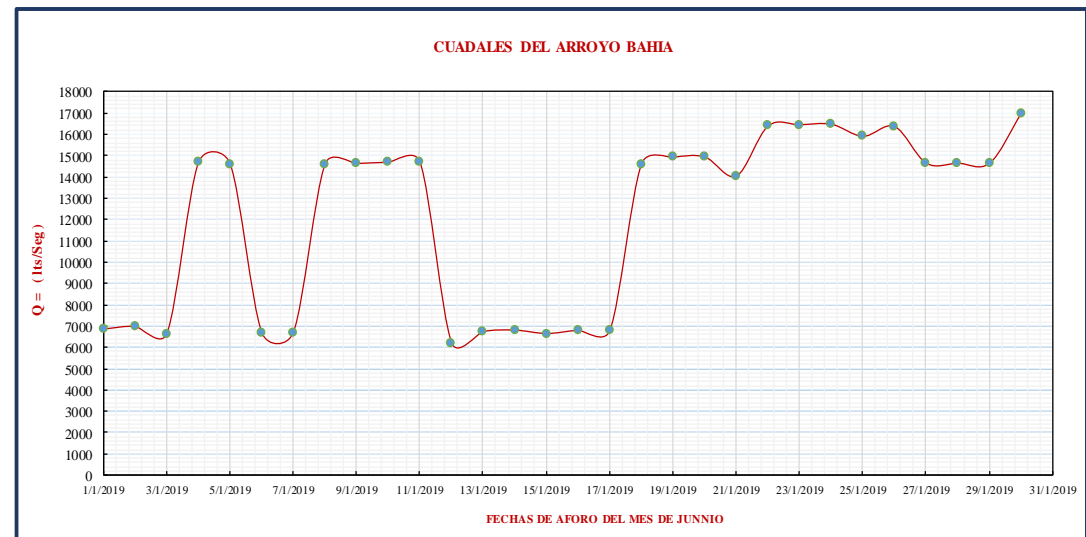
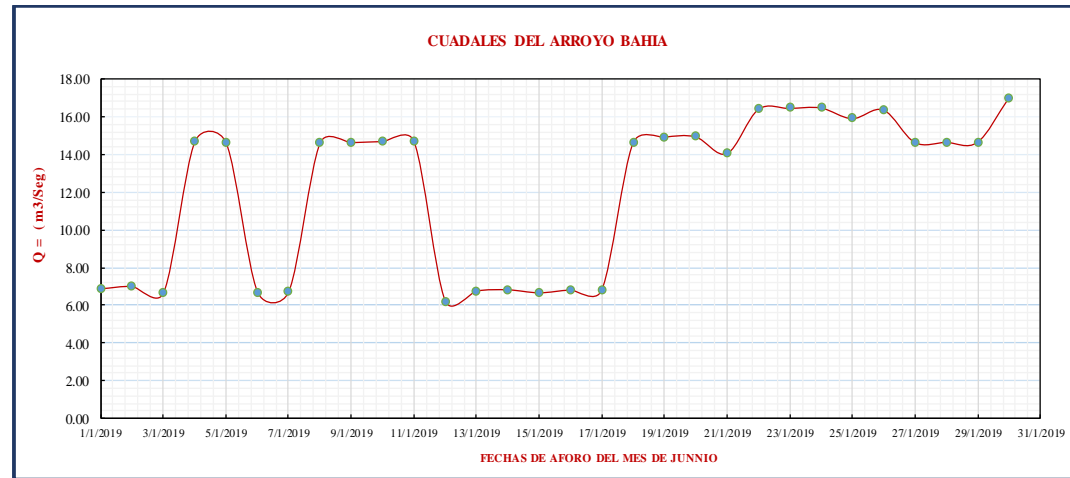
#	Fechas	CAUDAL TOTAL m ³ /seg	CAUDAL TOTAL lts/seg
1	1/12/2018	5.203	5203
2	2/12/2018	5.234	5234
3	3/12/2018	6.582	6582
4	4/12/2018	12.985	12985
5	5/12/2018	12.789	12789
6	6/12/2018	6.926	6926
7	7/12/2018	6.704	6704
8	8/12/2018	6.618	6618
9	9/12/2018	11.215	11215
10	10/12/2018	11.224	11224
11	11/12/2018	11.136	11136
12	12/12/2018	6.203	6203
13	13/12/2018	6.731	6731
14	14/12/2018	6.797	6797
15	15/12/2018	6.639	6639
16	16/12/2018	6.788	6788
17	17/12/2018	6.787	6787
18	18/12/2018	14.616	14616
19	19/12/2018	14.930	14930
20	20/12/2018	14.943	14943
21	21/12/2018	14.052	14052
22	22/12/2018	16.401	16401
23	23/12/2018	16.458	16458
24	24/12/2018	16.484	16484
25	25/12/2018	15.915	15915
26	26/12/2018	16.375	16375
27	27/12/2018	14.650	14650
28	28/12/2018	13.092	13092
29	29/12/2018	13.300	13300
30	30/12/2018	15.907	15907
30	31/12/2018	16.156	16992



Fuente: elaboración propia

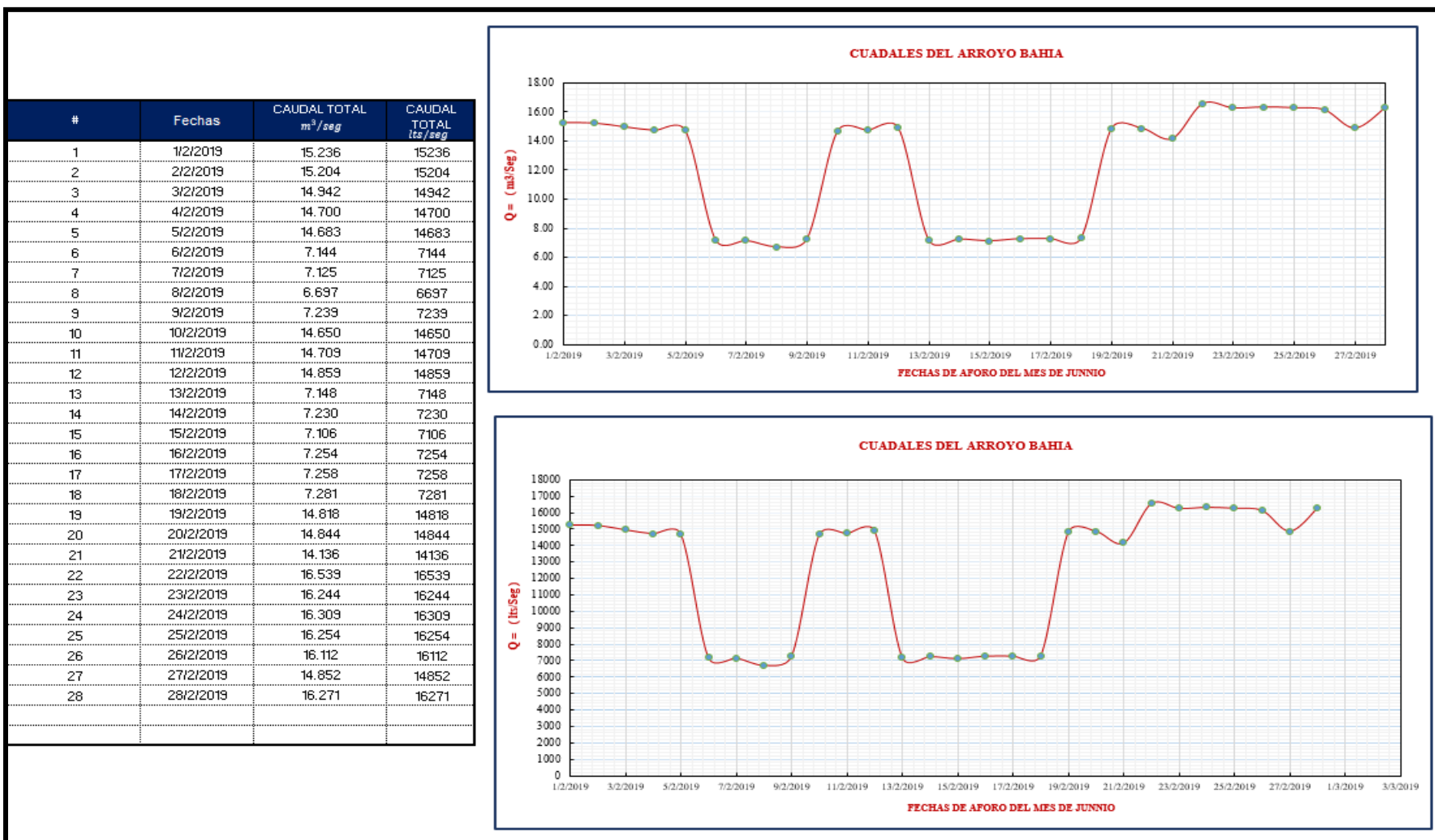
Resumen de aforos del mes de enero 2019 del arroyo Bahía-Picho.

#	Fechas	CAUDAL TOTAL m ³ /seg	CAUDAL TOTAL lts/seg
1	1/1/2019	6.851	6851
2	2/1/2019	6.974	6974
3	3/1/2019	6.643	6643
4	4/1/2019	14.692	14692
5	5/1/2019	14.616	14616
6	6/1/2019	6.686	6686
7	7/1/2019	6.704	6704
8	8/1/2019	14.616	14616
9	9/1/2019	14.637	14637
10	10/1/2019	14.696	14696
11	11/1/2019	14.701	14701
12	12/1/2019	6.203	6203
13	13/1/2019	6.731	6731
14	14/1/2019	6.797	6797
15	15/1/2019	6.639	6639
16	16/1/2019	6.788	6788
17	17/1/2019	6.787	6787
18	18/1/2019	14.616	14616
19	19/1/2019	14.930	14930
20	20/1/2019	14.943	14943
21	21/1/2019	14.052	14052
22	22/1/2019	16.401	16401
23	23/1/2019	16.458	16458
24	24/1/2019	16.484	16484
25	25/1/2019	15.915	15915
26	26/1/2019	16.375	16375
27	27/1/2019	14.650	14650
28	28/1/2019	14.650	14650
29	29/1/2019	14.650	14650
30	30/1/2019	16.992	16992
31	31/1/2019	16.156	16156



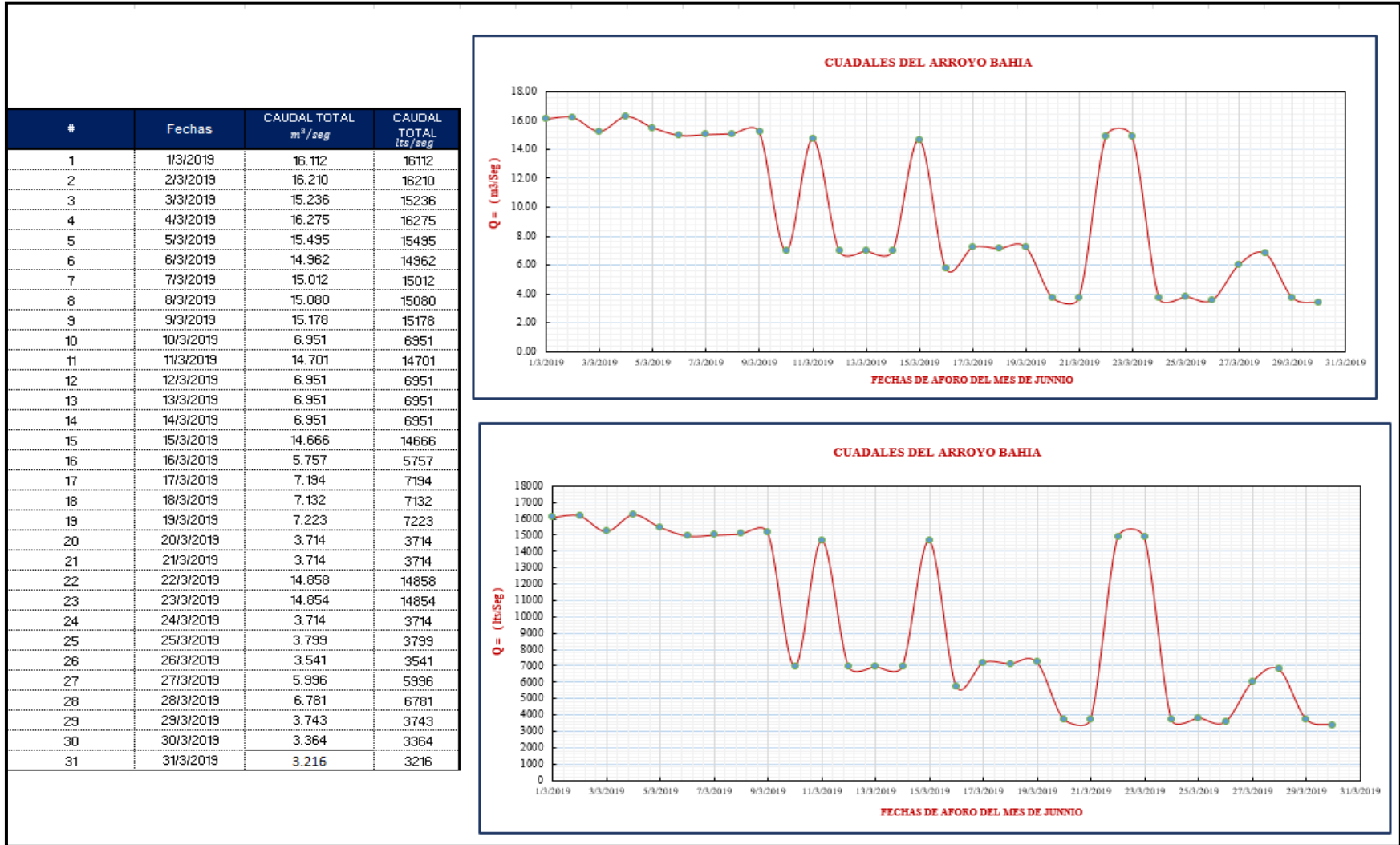
Fuente: elaboración propia

Resumen de aforos del mes de Febrero 2019 del arroyo Bahía-Pichigo



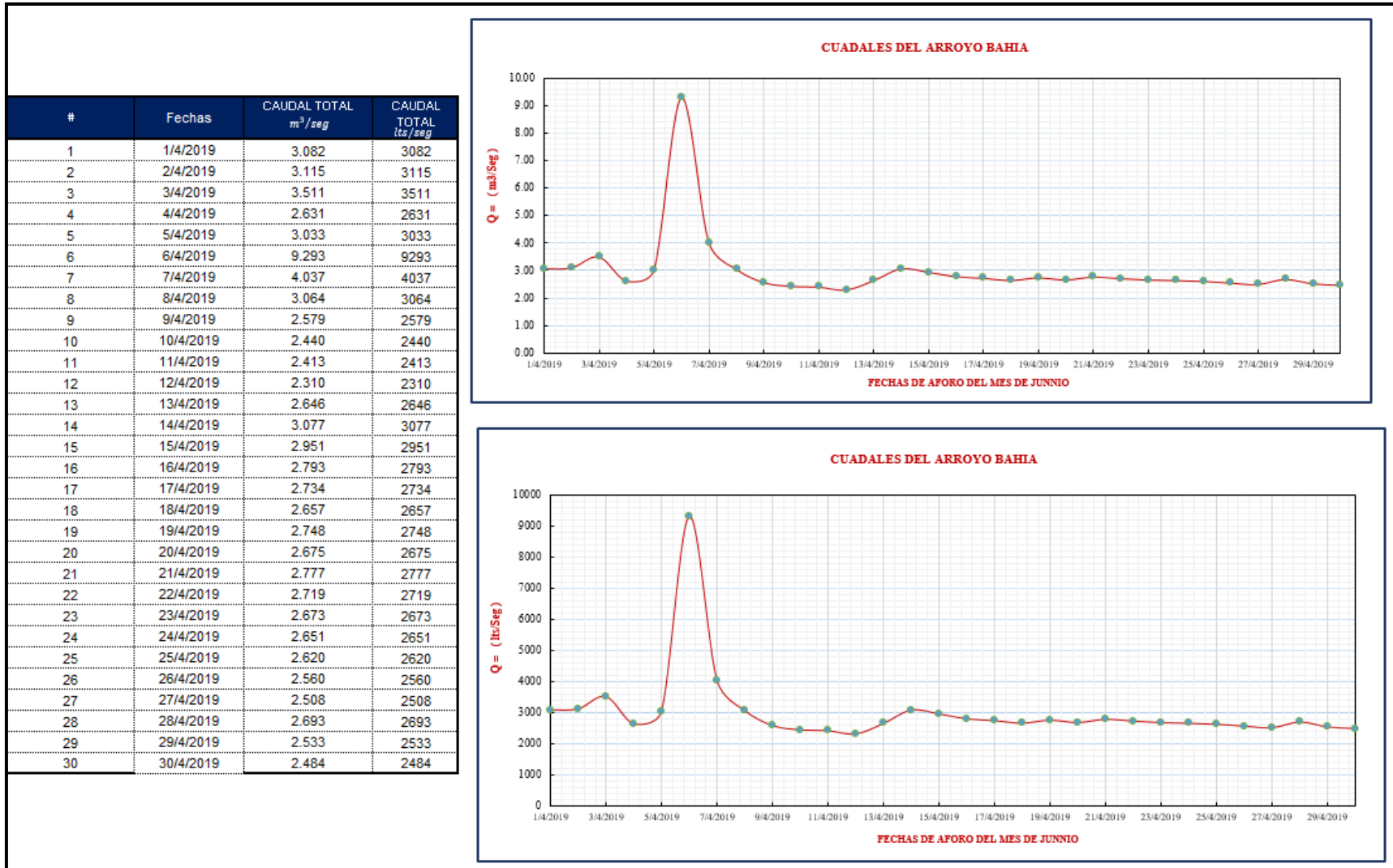
Fuente: elaboración propia

Resumen de aforos del mes de Marzo 2019 del arroyo Bahía-Pichigo



Fuente: elaboración propia

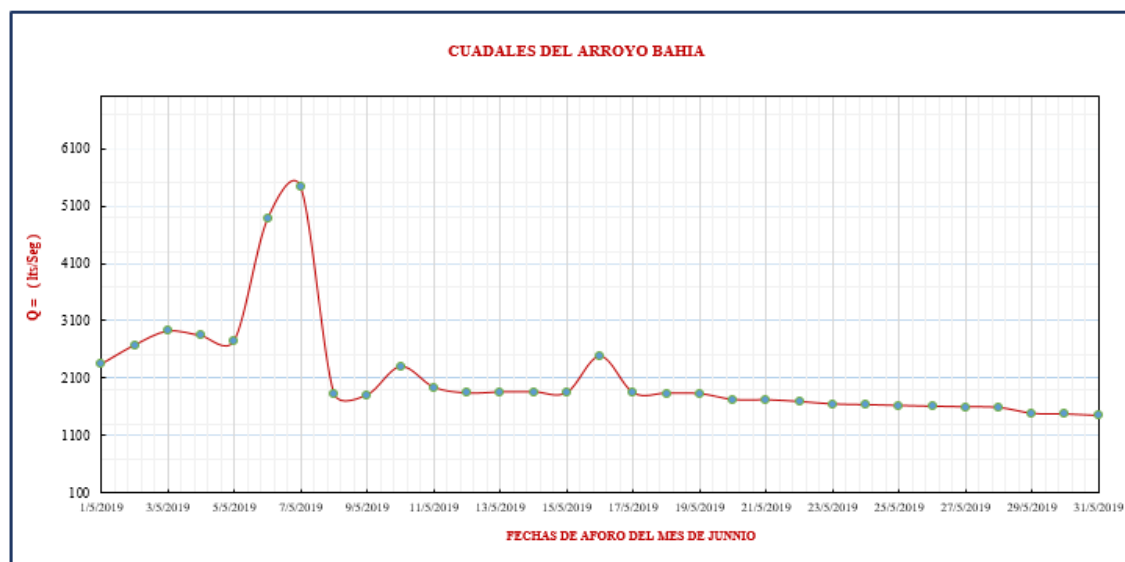
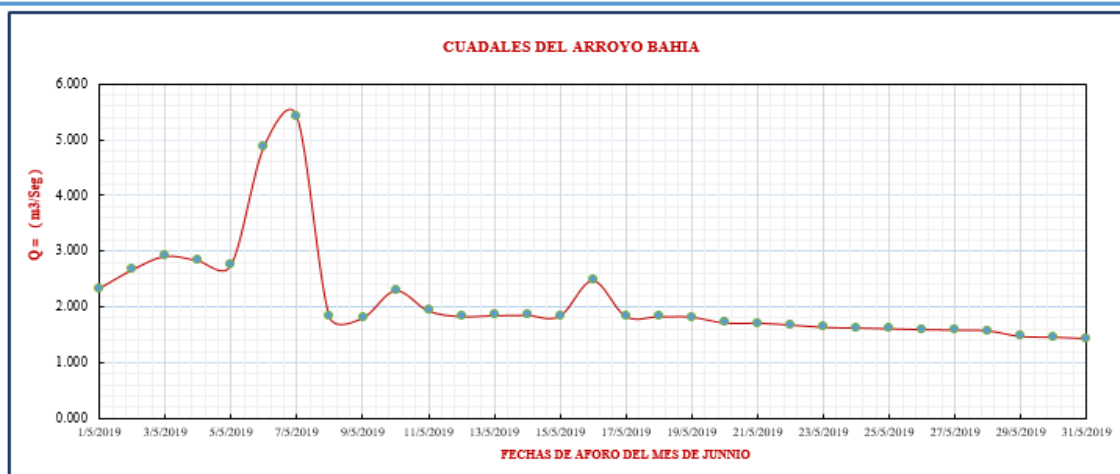
Resumen de aforos del mes de Abril 2019 del arroyo Bahía-Pichigo



Fuente: elaboración propia

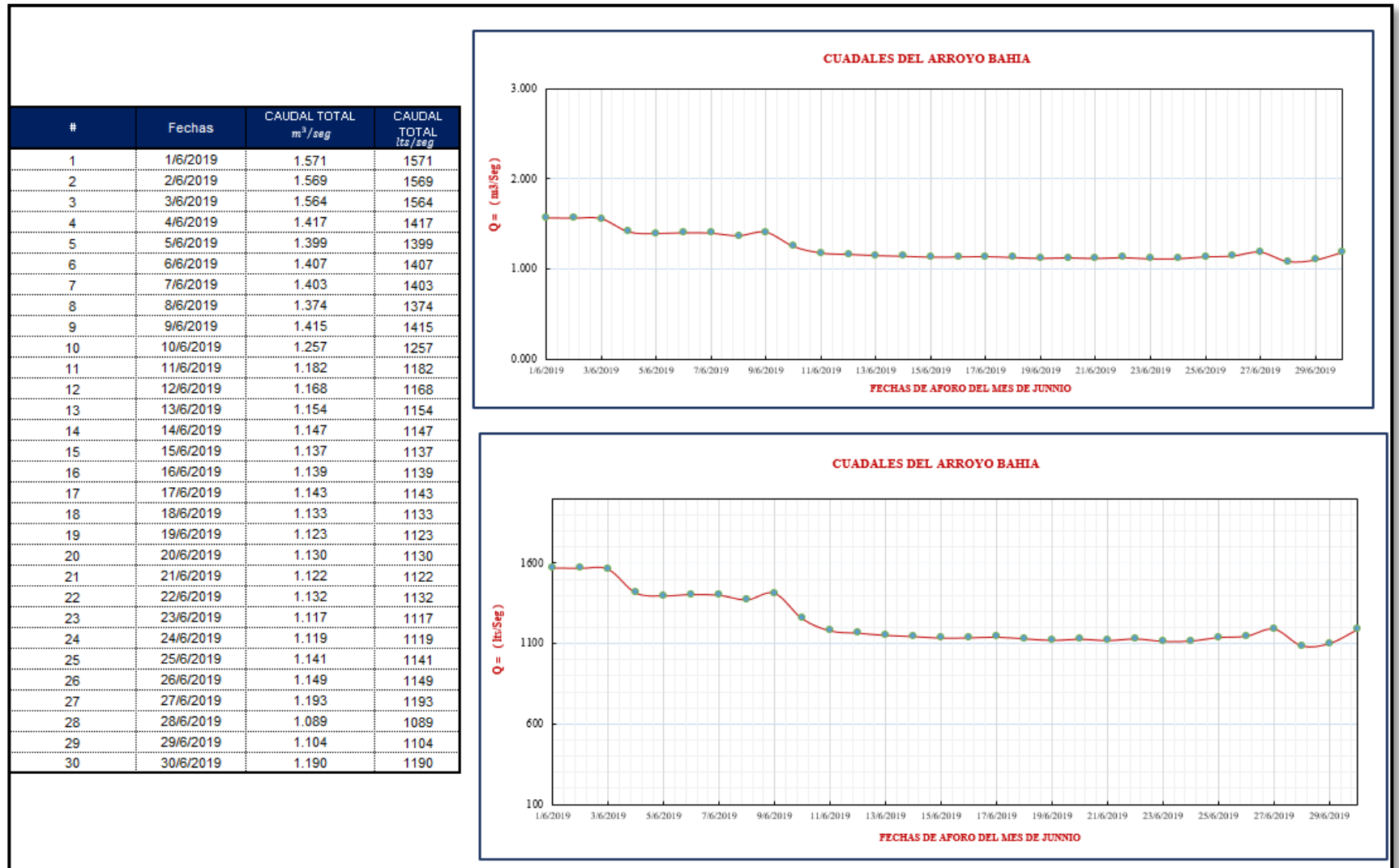
Resumen de aforos del mes de Mayo 2019 del arroyo Bahía-Pichigo

#	Fechas	CAUDAL TOTAL m ³ /seg	CAUDAL TOTAL lts/seg
1	1/5/2019	2.338	2338
2	2/5/2019	2.671	2671
3	3/5/2019	2.917	2917
4	4/5/2019	2.839	2839
5	5/5/2019	2.751	2751
6	6/5/2019	4.874	4874
7	7/5/2019	5.436	5436
8	8/5/2019	1.829	1829
9	9/5/2019	1.805	1805
10	10/5/2019	2.299	2299
11	11/5/2019	1.937	1937
12	12/5/2019	1.835	1835
13	13/5/2019	1.854	1854
14	14/5/2019	1.858	1858
15	15/5/2019	1.842	1842
16	16/5/2019	2.481	2481
17	17/5/2019	1.838	1838
18	18/5/2019	1.833	1833
19	19/5/2019	1.825	1825
20	20/5/2019	1.721	1721
21	21/5/2019	1.717	1717
22	22/5/2019	1.686	1686
23	23/5/2019	1.643	1643
24	24/5/2019	1.631	1631
25	25/5/2019	1.617	1617
26	26/5/2019	1.603	1603
27	27/5/2019	1.593	1593
28	28/5/2019	1.581	1581
29	29/5/2019	1.479	1479
30	30/5/2019	1.467	1467
	31/5/2019	1.442	1442



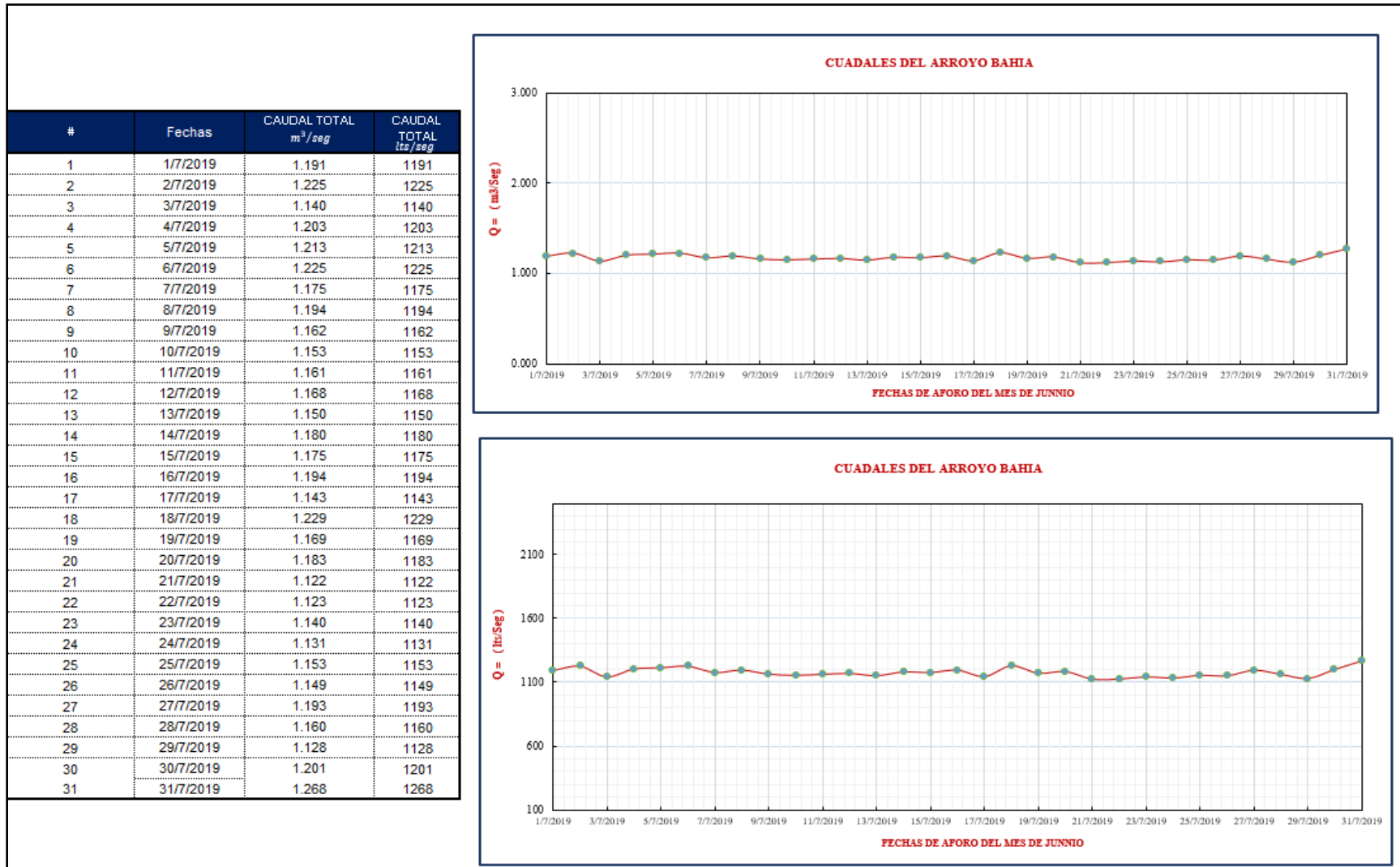
Fuente: elaboración propia

Resumen de aforos del mes de Junio 2019 del arroyo Bahía-Pichigo



Fuente: elaboración propia

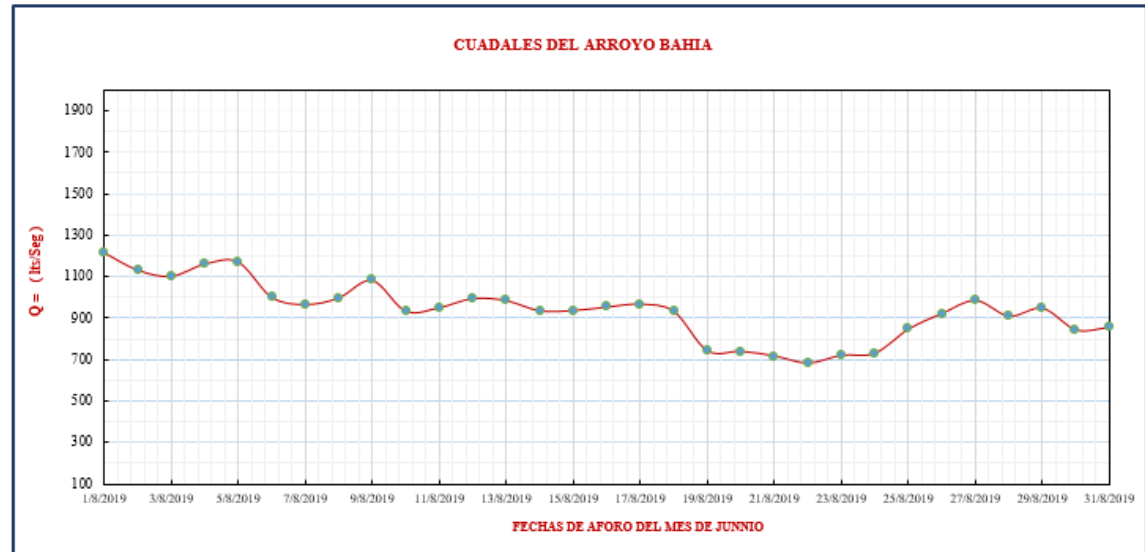
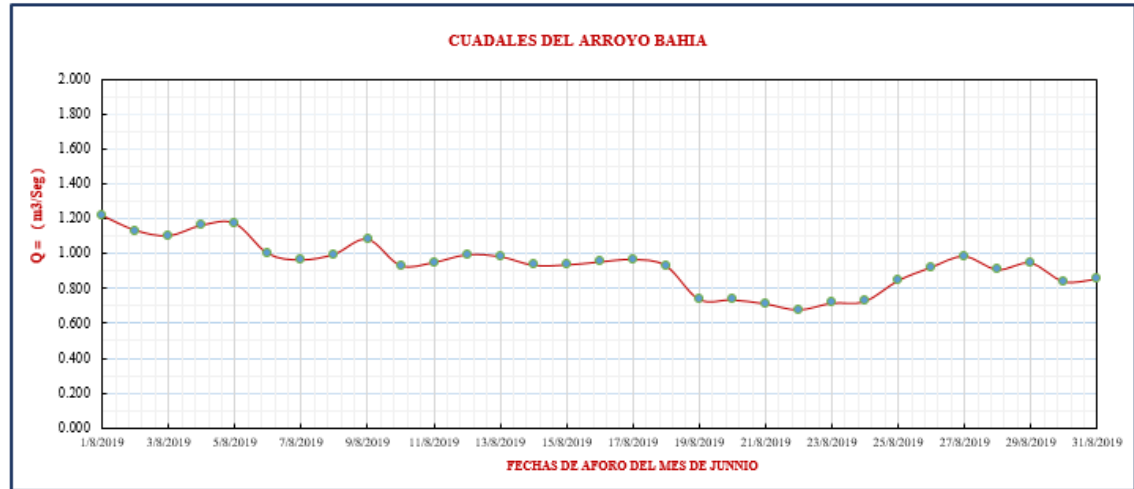
Resumen de aforos del mes de julio 2019 del arroyo Bahía-pichigo



Fuente: elaboración propia.

Resumen de aforos del mes de Agosto 2019 del arroyo Bahía-pichigo

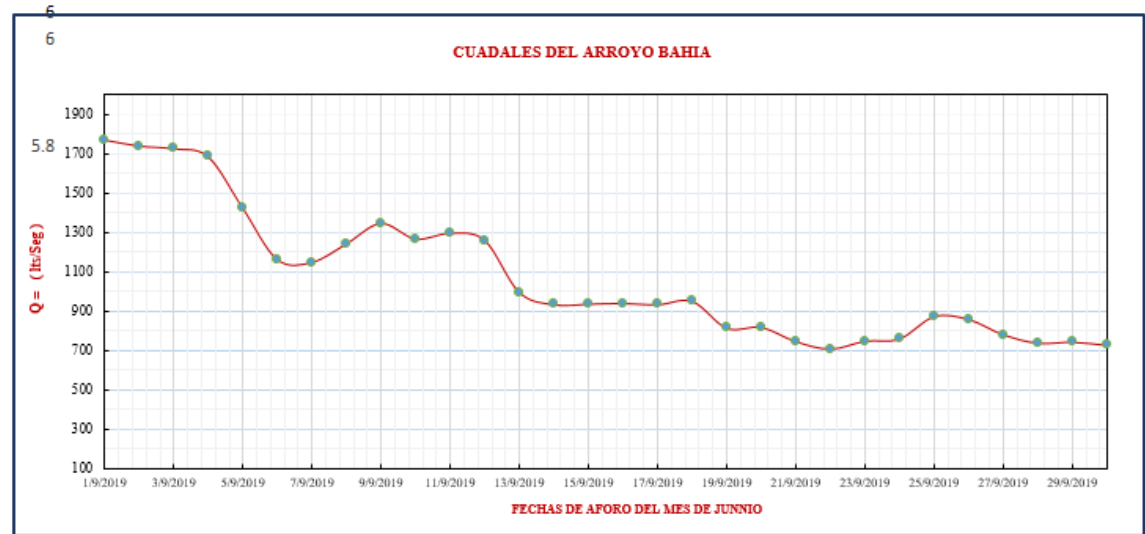
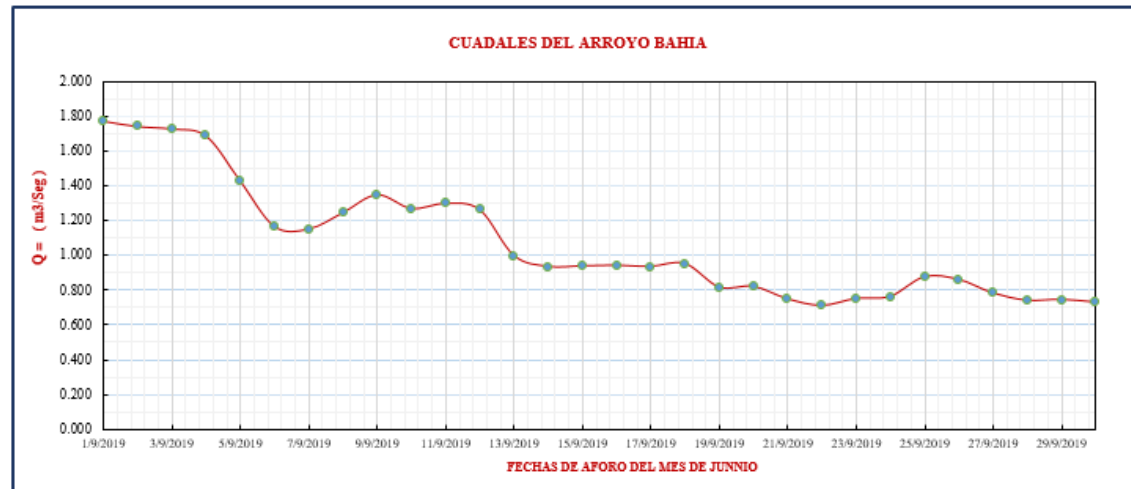
#	Fechas	CAUDAL TOTAL m ³ /seg	CAUDAL TOTAL lts/seg
10	1/8/2019	1.217	1217
2	2/8/2019	1.133	1133
3	3/8/2019	1.102	1102
4	4/8/2019	1.161	1161
5	5/8/2019	1.172	1172
6	6/8/2019	1.001	1001
7	7/8/2019	0.965	965
8	8/8/2019	0.997	997
9	9/8/2019	1.082	1082
10	10/8/2019	0.933	933
11	11/8/2019	0.950	950
12	12/8/2019	0.994	994
13	13/8/2019	0.984	984
14	14/8/2019	0.935	935
15	15/8/2019	0.936	936
16	16/8/2019	0.953	953
17	17/8/2019	0.967	967
18	18/8/2019	0.932	932
19	19/8/2019	0.741	741
20	20/8/2019	0.738	738
21	21/8/2019	0.716	716
22	22/8/2019	0.681	681
23	23/8/2019	0.719	719
24	24/8/2019	0.729	729
25	25/8/2019	0.846	846
26	26/8/2019	0.922	922
27	27/8/2019	0.985	985
28	28/8/2019	0.909	909
29	29/8/2019	0.947	947
30	30/8/2019	0.842	842
31	31/8/2019	0.855	855



Fuente: elaboración propia

Resumen de aforos del mes de Septiembre 2019 del arroyo Bahía-pichigo

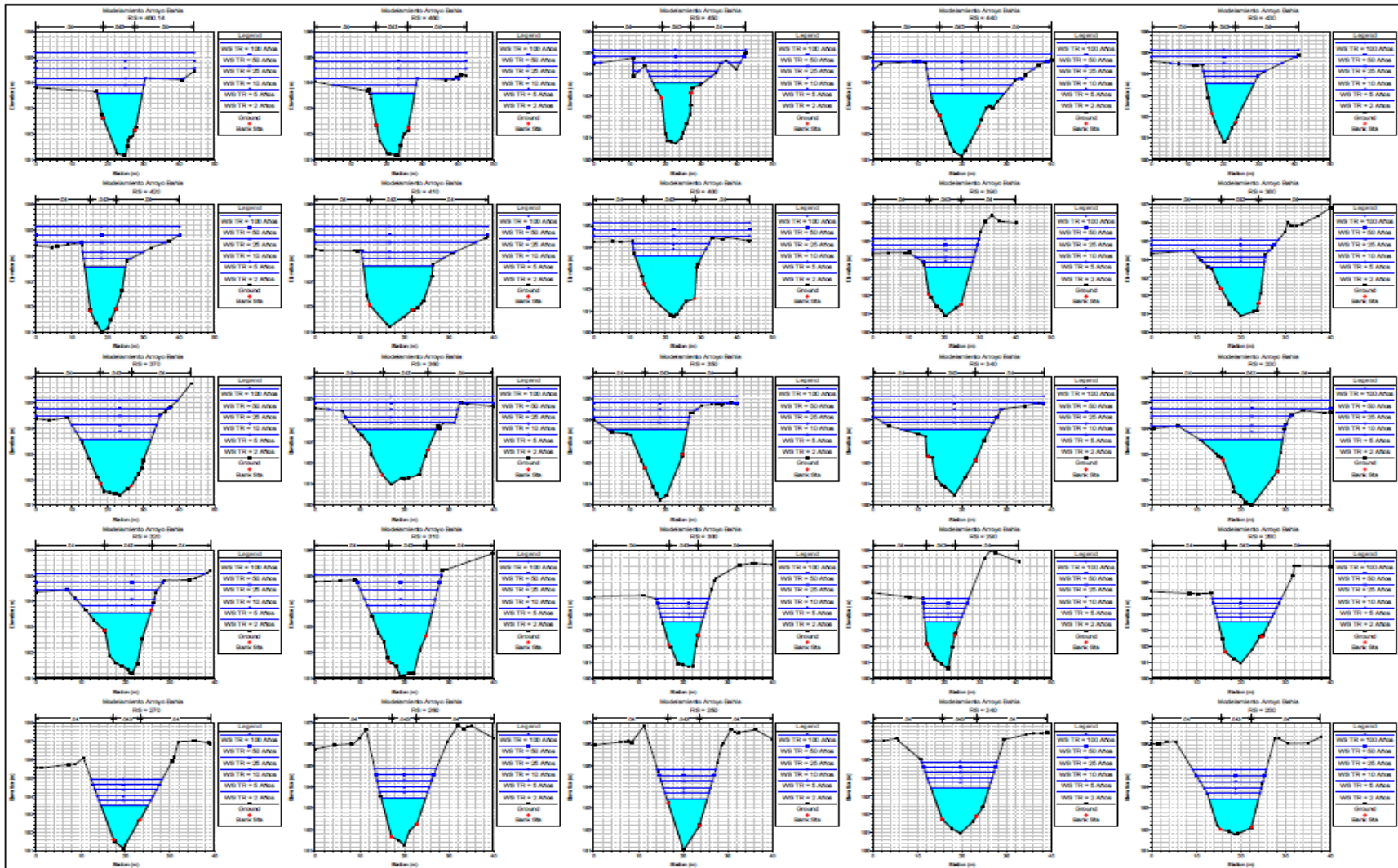
#	Fechas	CAUDAL TOTAL m ³ /seg	CAUDAL TOTAL lts/seg
1	1/9/2019	1.771	1771
2	2/9/2019	1.740	1740
3	3/9/2019	1.726	1726
4	4/9/2019	1.686	1686
5	5/9/2019	1.426	1426
6	6/9/2019	1.164	1164
7	7/9/2019	1.149	1149
8	8/9/2019	1.243	1243
9	9/9/2019	1.347	1347
10	10/9/2019	1.268	1268
11	11/9/2019	1.297	1297
12	12/9/2019	1.261	1261
13	13/9/2019	0.997	997
14	14/9/2019	0.934	934
15	15/9/2019	0.937	937
16	16/9/2019	0.941	941
17	17/9/2019	0.934	934
18	18/9/2019	0.951	951
19	19/9/2019	0.815	815
20	20/9/2019	0.819	819
21	21/9/2019	0.747	747
22	22/9/2019	0.709	709
23	23/9/2019	0.749	749
24	24/9/2019	0.761	761
25	25/9/2019	0.874	874
26	26/9/2019	0.859	859
27	27/9/2019	0.781	781
28	28/9/2019	0.739	739
29	29/9/2019	0.744	744
30	30/9/2019	0.728	728



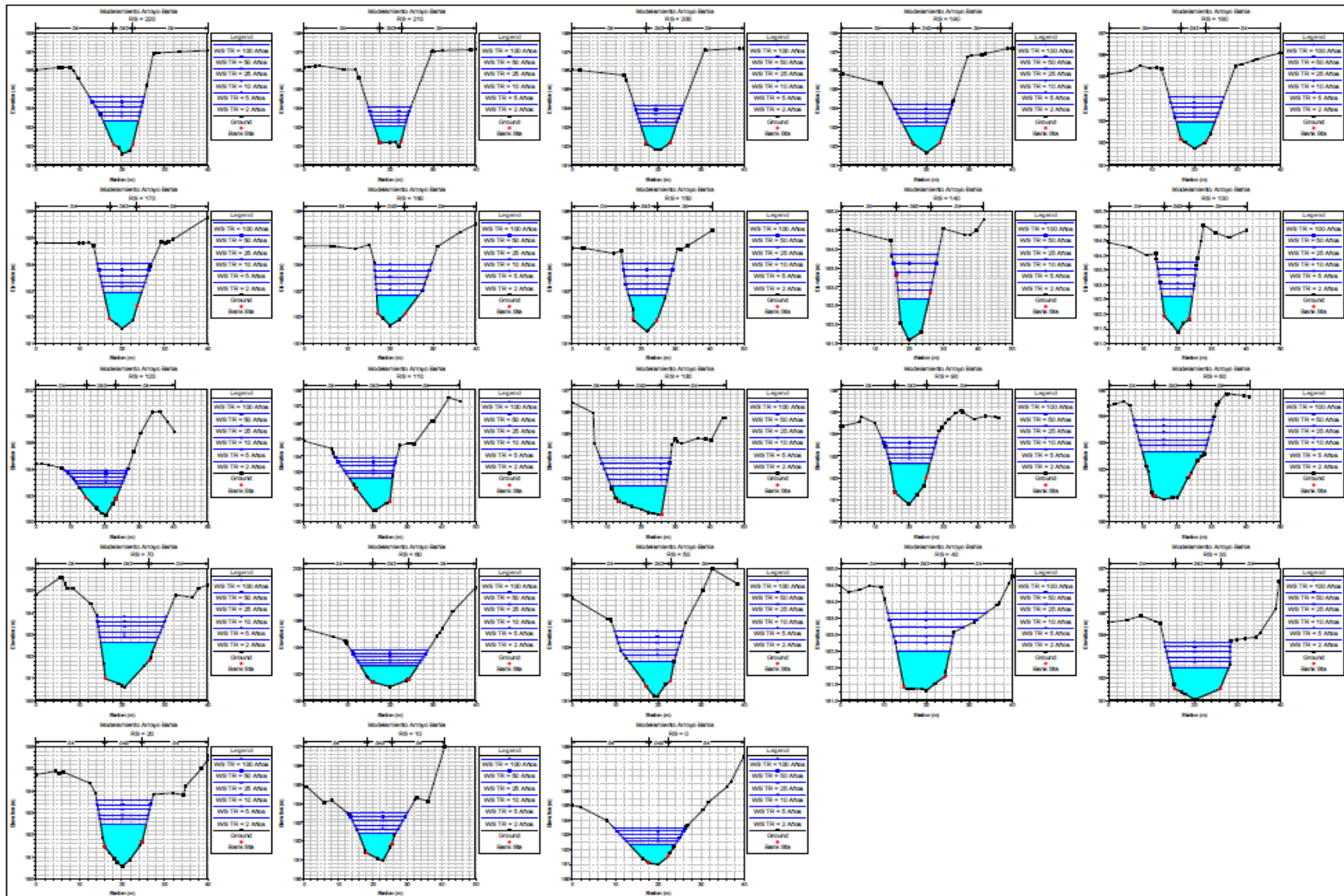
Fuente: elaboración propia.

Anexo B HIDRAULICO

Sección del Arroyo Bahia-Pichigo



Fuente: Elaboración propia Hec-Ras 5.0.4



Fuente: Elaboración propia Hec-Ras 5

ANEXO C: “Fotografías de Aforos en el arroyo Bahía

FOTOGRAFÍAS



Foto N° 1 Aforos de caudales diario para el mes de “Octubre” año 2018



Foto N° 2 Aforos de caudales diario para el mes de “Noviembre” año 2018



Foto N° 3 Aforos de caudales diario para el mes de “Diciembre” año 2018



Foto N° 4 Aforos de caudales diario para el mes de “Enero” año 2019



Foto N° 5 Aforos de caudales diario para el mes de “Febrero” año 2019



Foto N° 6 Aforos de caudales diario para el mes de “Marzo” año 2019



Foto N° 7 Aforos de caudales diario para el mes de “Abril” año 2019



Foto N° 8 Aforos de caudales diario para el mes de “Mayo” año 2019



Foto

Nº 9 Aforos de caudales diario para el mes de “Junio” año 2019



Foto Nº 10 Aforos de caudales diario para el mes de “Julio” año 2019



Foto N° 11 Aforos de caudales diario para el mes de “Agosto” año 2019



Foto N° 12 Aforos de caudales diario para el mes de “Septiembre” año 2019



Foto N° 13 Aforos de caudales diario para el mes de “Octubre” año 2019

“Fotografías del Levantamiento Topográfico”

FOTOGRAFÍAS



Foto N° 1 Puntos con equipo RTK “Octubre” año 2018



Foto N° 2 instalación del equipo de nivel de ingeniero “Julio” año 2019



Foto N° 3 levantamiento Topográfico con estación total “Julio” año 2019



Foto N° 4 limpieza sobre el margen izquierdo del arroyo y creación de puntos auxiliares “Julio” año 2019



Foto N° 5 Creación de un objeto Flotante para tomar puntos en el centro del arroyo Bahía “Julio”
año 2019

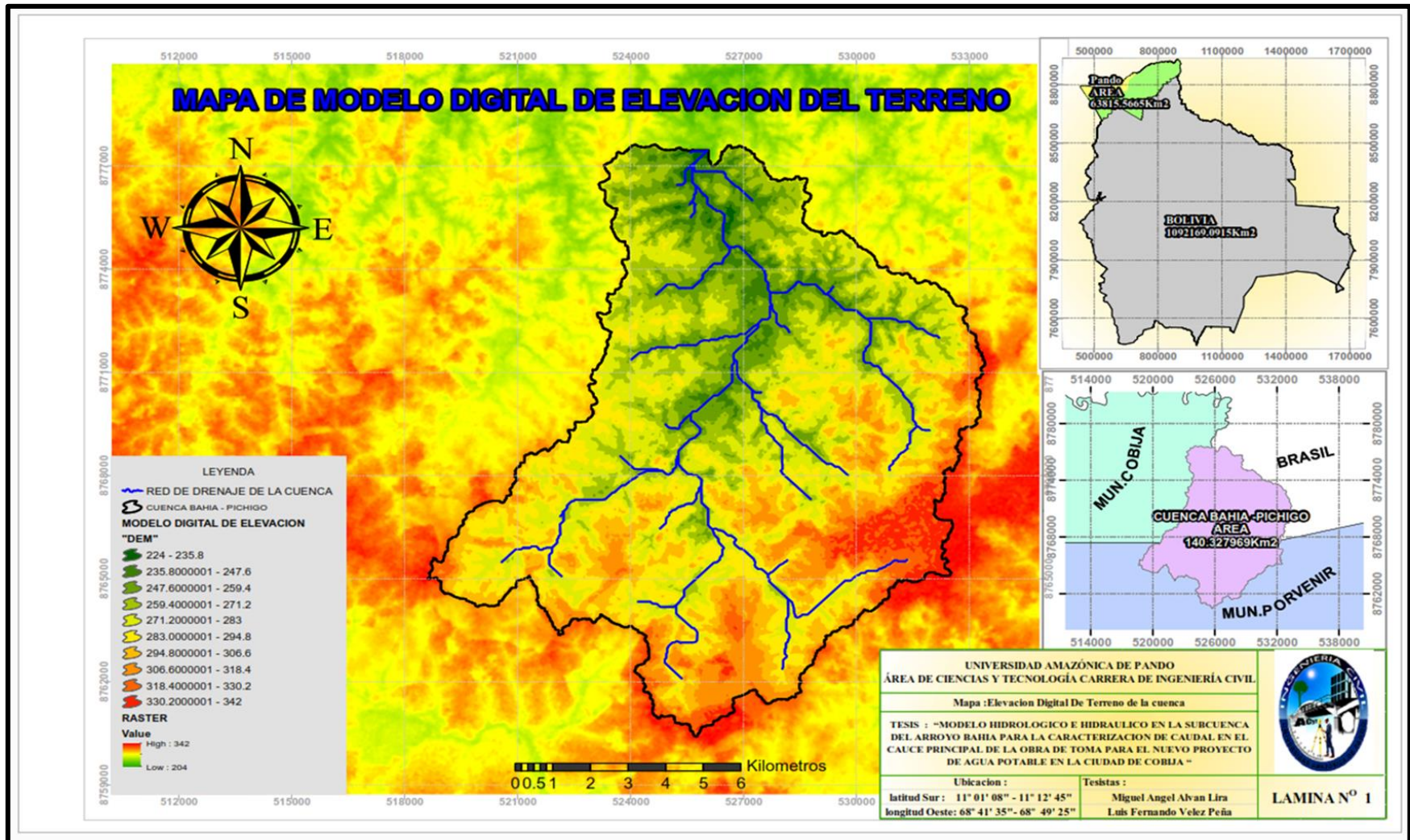


Foto N° 6 levantamiento Topográfico sobre el margen derecho y izquierdo del Arroyo Bahía
“Julio” año 2019

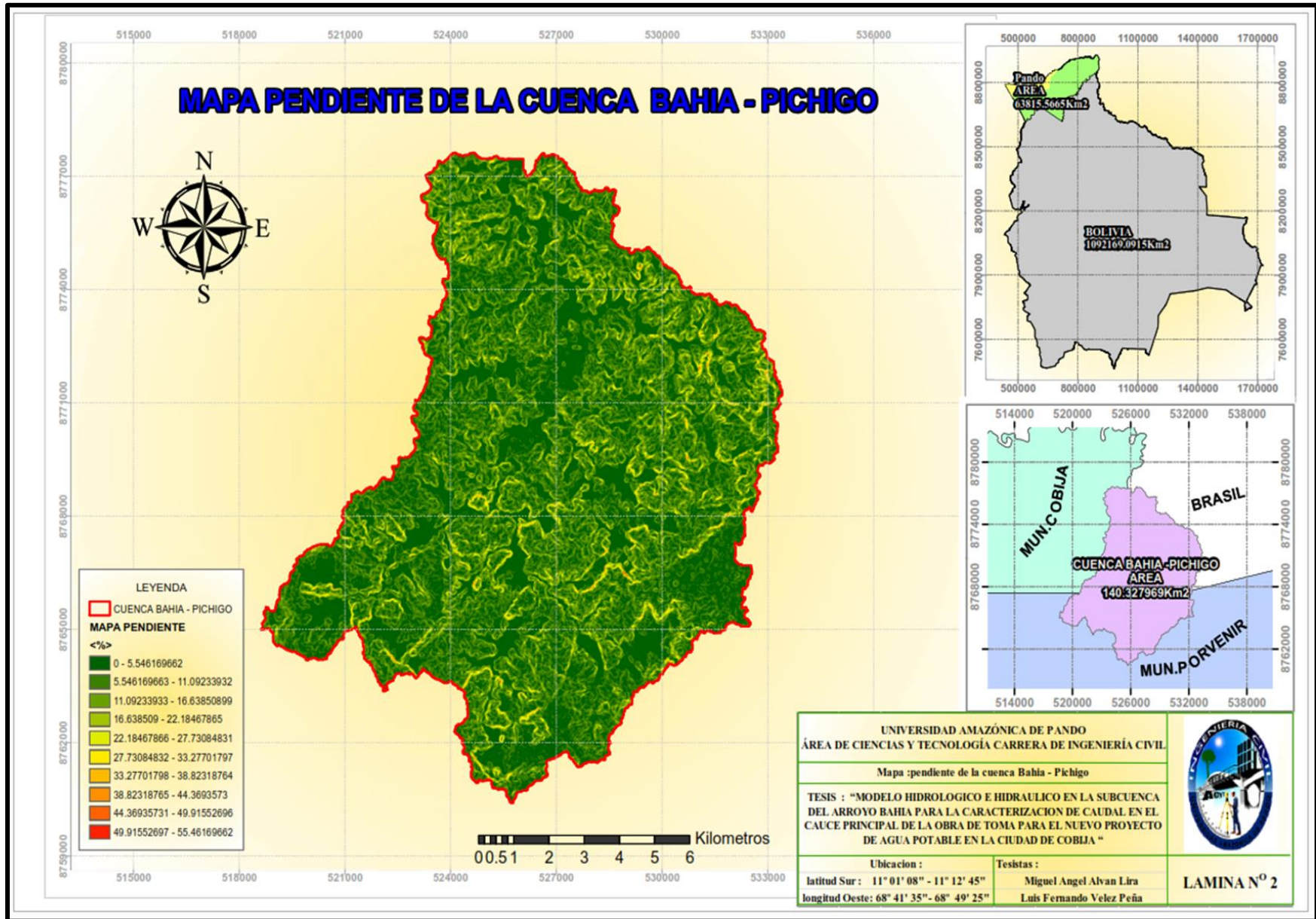


Foto N° 7 levantamiento Topográfico sobre el margen derecho, izquierdo y central del Arroyo Bahía “Julio” año 2019

ANEXO D: “Mapas Temáticos de la cuenca Bahia – Pichigo”



Fuente: Elaboración propia



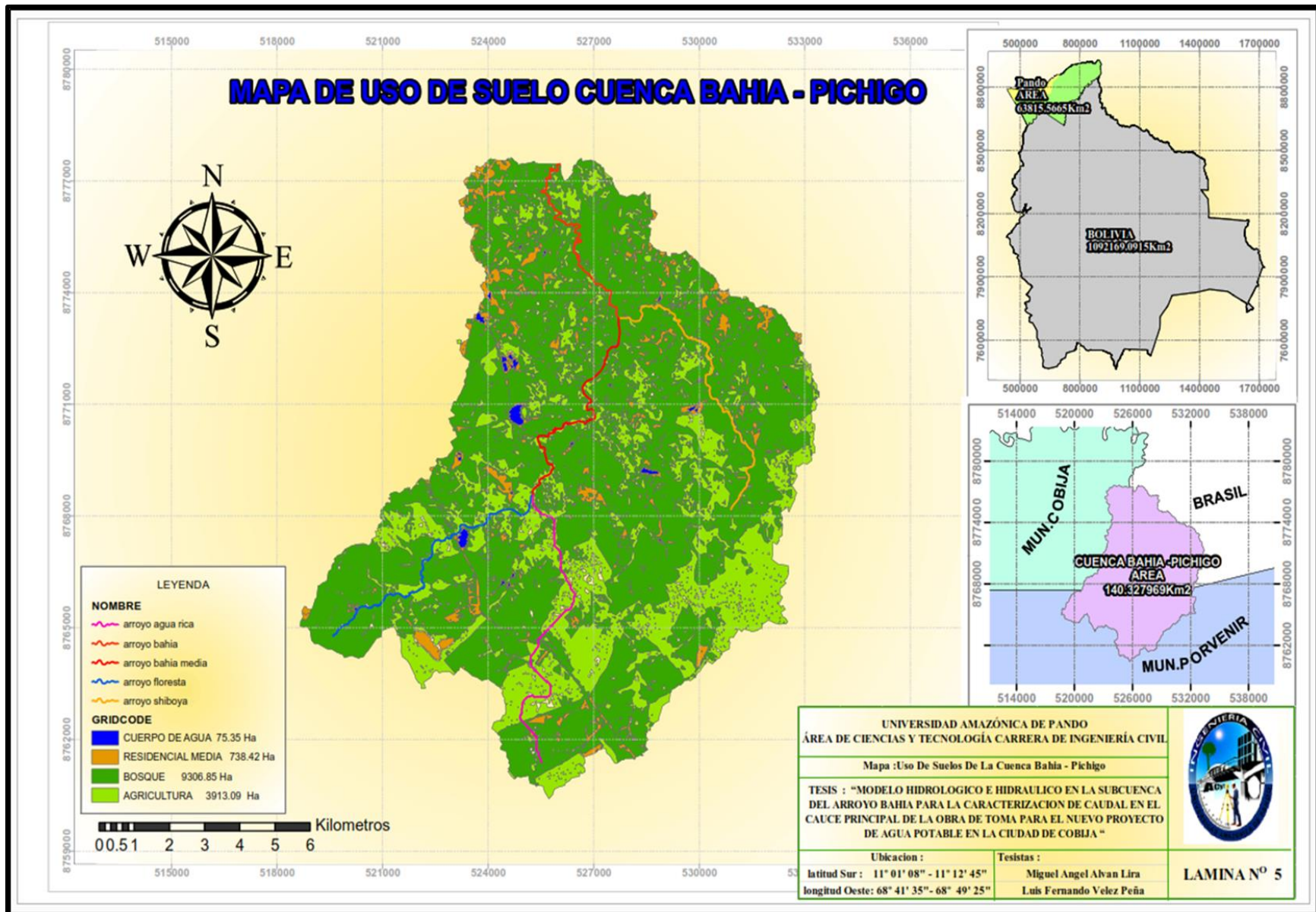
Fuente: Elaboración propia



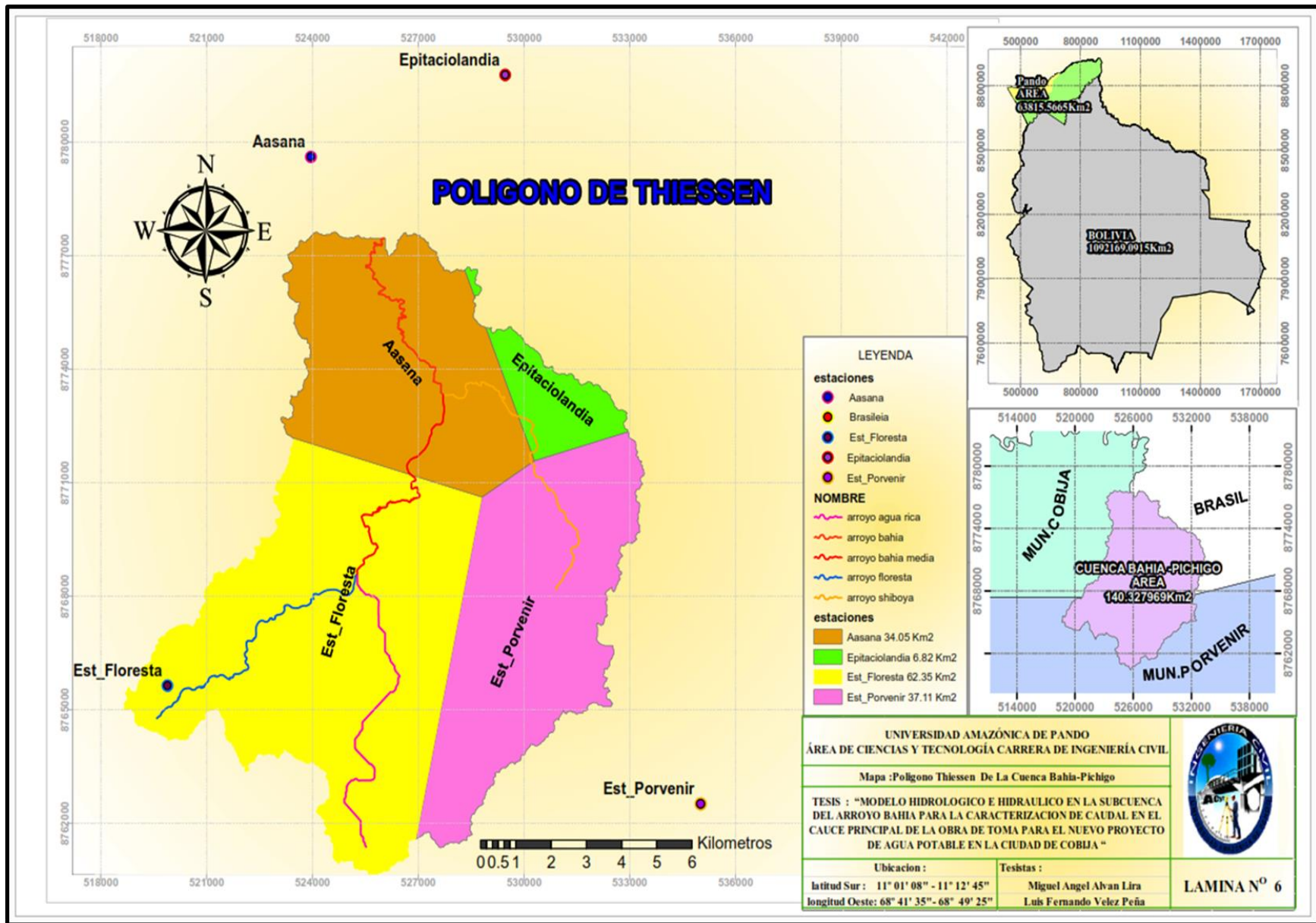
Fuente: Elaboración propia



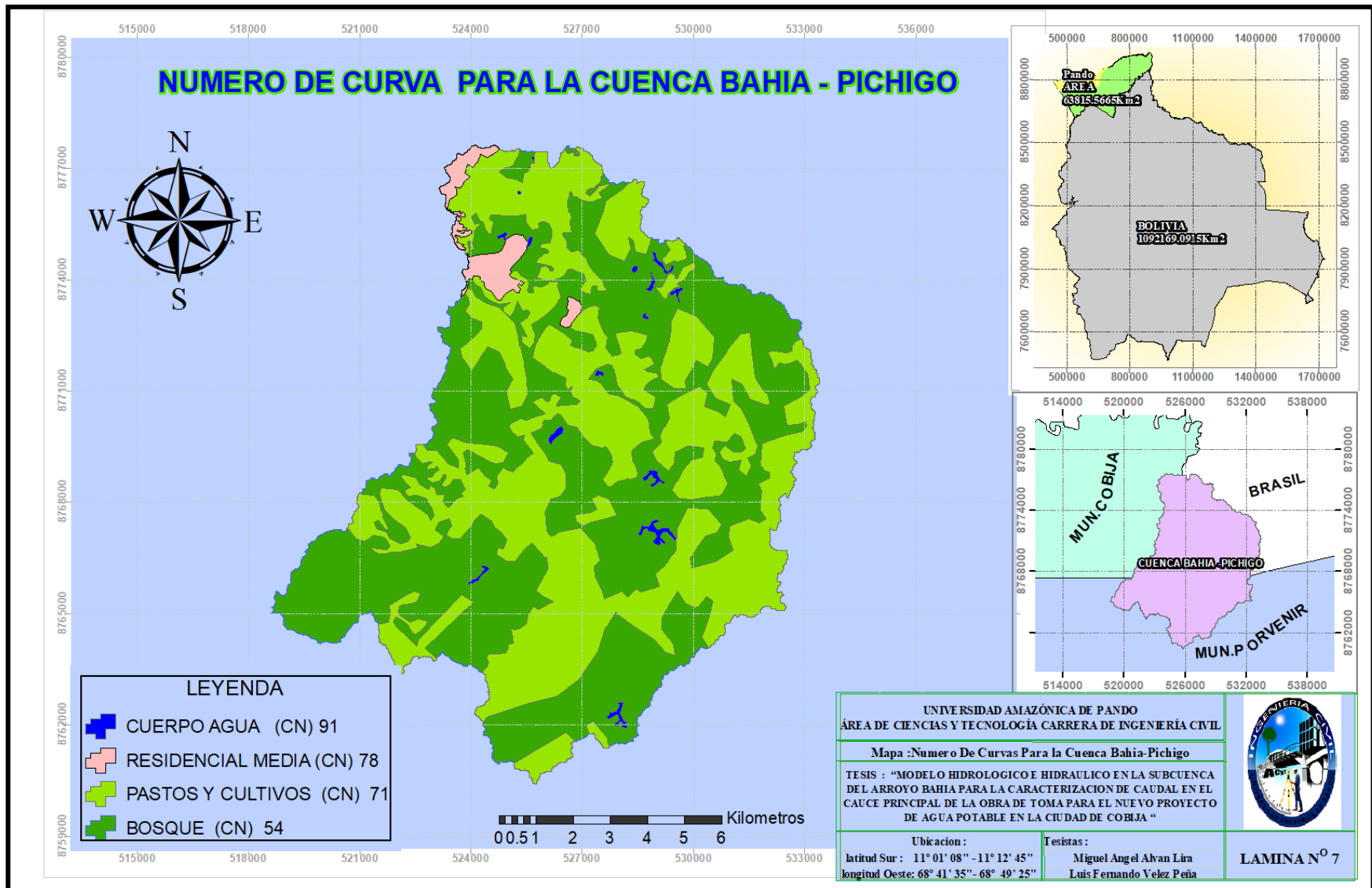
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



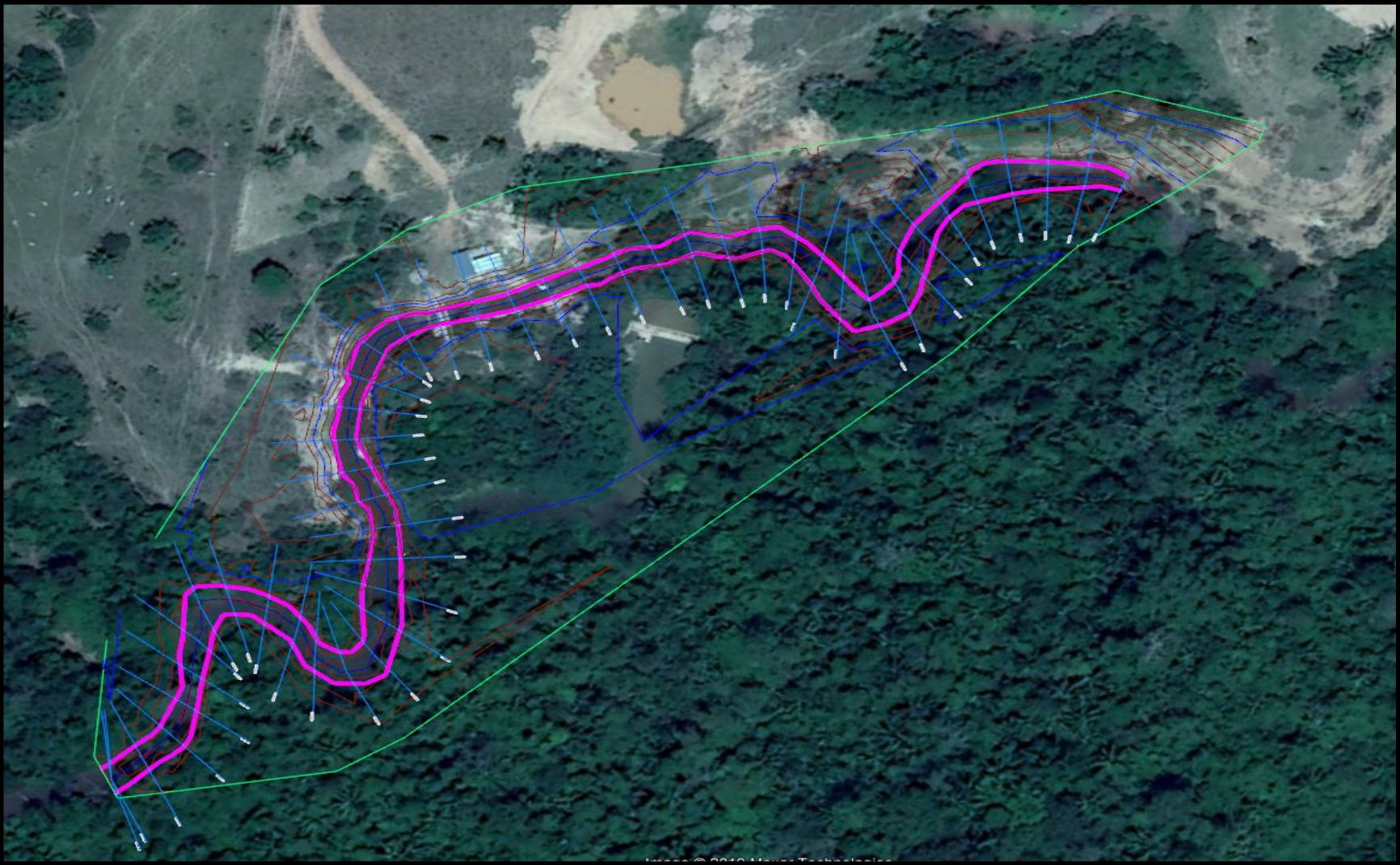
Fuente: Elaboración propia

Curvas de nivel



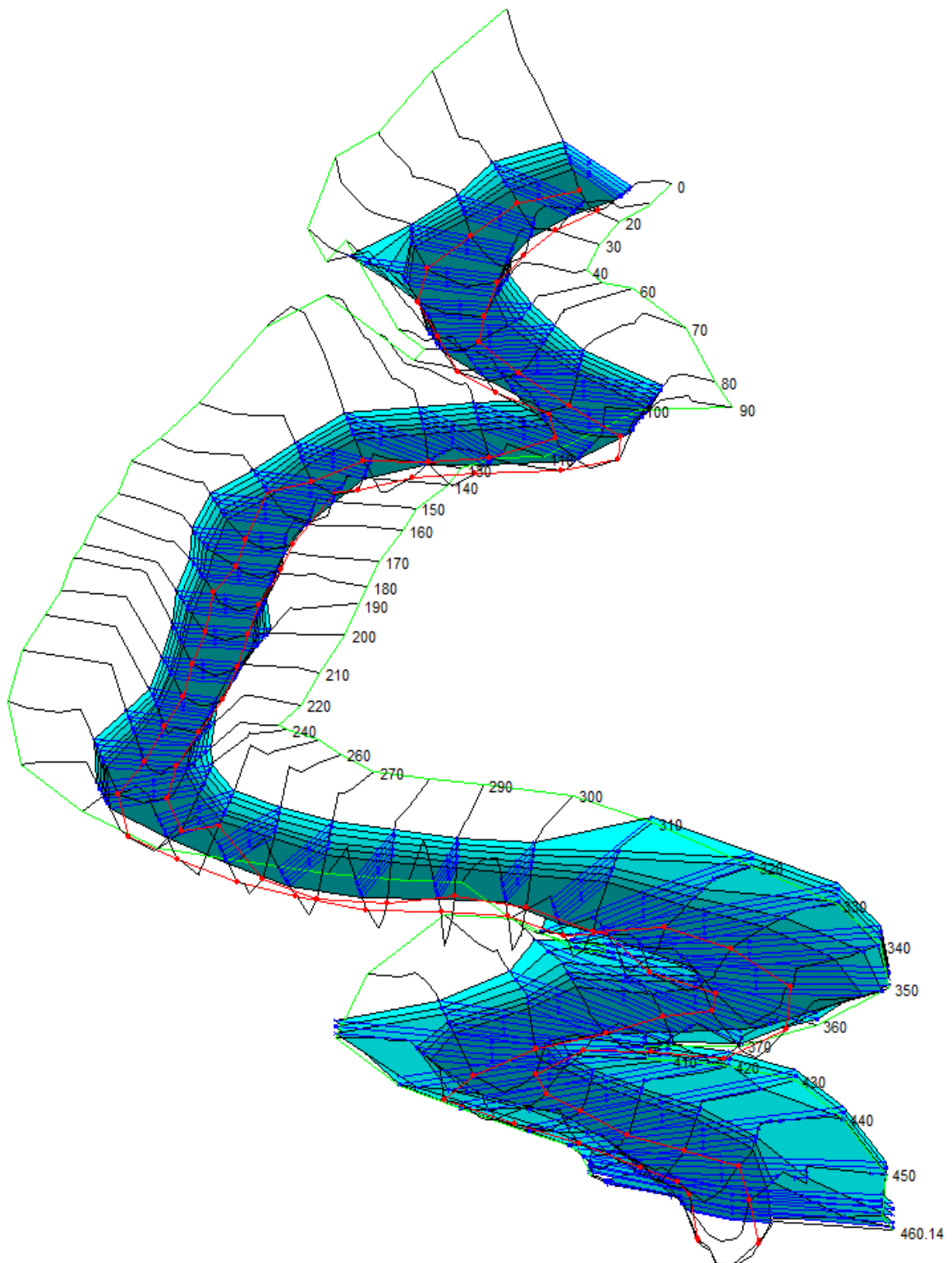
Fuente: Elaboración propia google earth

Secciones transversales



Fuente: Elaboración propia google earth

Arroyo Bahia-pichigo 3D



Fuente: Elaboración propia Hec-Ras 5.0.4

