



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

TRABAJO DE GRADO

ESTUDIO DE AMENAZA DE INUNDACIÓN DEL RÍO CULAGÁ, SECTOR PUENTE
PR2+500 EN LA VÍA TOLEDO – LABATECA, DEPARTAMENTO NORTE DE
SANTANDER

ANA GABRIELA DÍAZ RAMÍREZ
ANDREA CAROLINA IBARRA JAIME

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS
BOGOTÁ D.C.
2020

TRABAJO DE GRADO

ESTUDIO DE AMENAZA DE INUNDACIÓN DEL RÍO CULAGÁ, SECTOR PUENTE
PR2+500 EN LA VÍA TOLEDO – LABATECA, DEPARTAMENTO NORTE DE
SANTANDER

ANA GABRIELA DÍAZ RAMÍREZ
ANDREA CAROLINA IBARRA JAIME

Trabajo de grado para obtener el título de
Especialista en Recursos Hídricos

Docente
DANIEL ANDRÉS LÓPEZ
Ingeniero Ambiental, MSC

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS
BOGOTÁ D.C.
2020



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

ANA GABRIELA DIAZ RAMIREZ:
EN DEDICATORIA A MI COMPAÑERO DE VIDA JOSE LEONARDO ALBA
A MI MADRE DIOSELINA RAMÍREZ (Q.E.P.D)
A MI EMPRESA PLANEACIÓN Y DESARROLLO LTDA

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	11
1. GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO	12
1.1 LÍNEA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	12
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2.1 Antecedentes del problema	12
1.2.2 Pregunta de investigación	14
1.2.3 Variables del problema	14
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	14
1.4 OBJETIVOS	15
1.4.1 Objetivo general	15
1.4.2 Objetivos específicos.....	15
2. MARCO DE REFERENCIA.....	17
2.1 MARCO TEÓRICO	17
2.1.1 Morfometría	17
2.1.1.1 Parámetros morfométricos	17
2.1.2 Modelación hidrológica	25
2.1.3 Modelación hidráulica	26
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	27
2.3 MARCO JURÍDICO.....	29
2.4 MARCO GEOGRÁFICO	30
2.5 ESTADO DEL ARTE	31
3. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	34
3.1 MODELACIÓN HIDROLÓGICA	34
3.1.1 Delimitación de la cuenca	34
3.1.2 Caracterización morfométrica de la cuenca	35
3.1.3 Tiempo de concentración.....	35
3.1.4 Meteorología	37
3.1.4.1 Información de precipitación	37
3.1.4.2 Metodología complementación de vacíos datos de precipitación.....	38
3.1.4.2.1 Datos base.....	39
3.1.4.2.2 Método de correlación lineal	41
3.1.4.2.3 Series completas	45
3.1.5 Variación climatológica	47
3.1.6 Análisis estadístico de los datos hidrológicos.....	49
3.1.6.1 Análisis de factores de frecuencia	50
3.1.6.2 Prueba de bondad de ajuste.....	54
3.1.7 Análisis de tormentas de diseño	57
3.1.7.1 Distribución temporal de la precipitación por el método de bloques alternos.	59

3.1.7.2 Determinación número de curva.	61
3.1.8 Caudales característicos.	64
3.2 MODELACIÓN HIDRÁULICA CONDICIÓN ACTUAL	67
3.2.1 Situación actual del sector en estudio.	67
3.2.2 Levantamiento topo-batimétrico.	70
3.2.3 Alineamiento.	71
3.2.4 Pendiente.	71
3.2.5 Coeficiente de resistencia al flujo.	72
3.2.6 Coeficientes de pérdidas menores.	74
3.2.7 Condiciones de frontera.	74
3.2.8 Características del flujo.	74
3.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA SITUACIÓN PROYECTADA	85
3.3.1 Ampliación de la sección hidráulica.	85
3.3.2 Características del flujo – condición proyectada.	86
3.4 AMENAZA POR INUNDACIÓN.	92
3.4.1 Areas Inundables.	92
3.4.2 Profundidad de lámina.	93
3.4.3 Velocidades del flujo.	94
4. CONCLUSIONES	96
5. RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXOS.....	103

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de cuencas de acuerdo con el área.....	18
Tabla 2. Clasificación de cuencas de acuerdo con el factor de forma	19
Tabla 3. Clasificación de cuencas de acuerdo con el coeficiente de compacidad	20
Tabla 4. Clasificación de cuencas de acuerdo con el índice de sinuosidad	21
Tabla 5. Descripción del marco jurídico	29
Tabla 6. Resumen características de la cuenca.....	35
Tabla 7. Formulaciones empíricas para el cálculo del tiempo de concentración.....	36
Tabla 8. Tiempo de concentración definitivo	37
Tabla 9. Estación de precipitación de la zona de estudio.....	37
Tabla 10. Serie número de días mensuales de precipitación estación Labateca	39
Tabla 11. Serie mensual de precipitación máxima en 24 horas estación Labateca	40
Tabla 12. Series mensuales de precipitación estación Labateca.....	41
Tabla 13. Correlación año 2004 Vs años de la serie	43
Tabla 14. Serie completa Número de días de lluvia estación Labateca.....	45
Tabla 15. Serie completa Precipitación máxima en 24 horas estación Labateca.....	46
Tabla 16. Serie completa Precipitación mensual estación Labateca	47
Tabla 17. Serie anual de precipitación máxima en 24 horas. Estación Labateca	50
Tabla 18. Resultados de los ajustes de los registros a las distribuciones de probabilidad.....	52
Tabla 19. Tr determinado para los datos de precipitación máximas en 24 horas registrados.....	53
Tabla 20. Valores críticos Δ_0 del estadístico Smirnov-Kolmogorov, para varios valores de N y nivel de significancia	55
Tabla 21. Valores Δ (Delta estadístico Kolmogorov) para distribuciones aplicadas a los registros de la estación Labateca.....	56
Tabla 22. Parámetros para estimar las curvas IDF en la zona de estudio	58
Tabla 23. Estación Labateca Valores de Intensidad – Duración - Frecuencia.....	59
Tabla 24. Hietograma de diseño Tr100 años Duración 250minutos. Estación Labateca	60
Tabla 25. Numero de curva de escorrentía para usos selectos de tierra, agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2S$	63
Tabla 26. Número de curva total para la cuenca del Río Culagá	64
Tabla 27. Caudales característicos para el río Culagá en el sector Puente	66
Tabla 28. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad (método Cowan)	73
Tabla 29. Valores coeficientes de Manning para el río Culagá	74
Tabla 30. Pendientes Normales usadas en el modelo Hec-Ras	74
Tabla 31. Características del flujo en el río Culagá sector puente (Condición actual)	75
Tabla 32. Características del flujo condición proyectada	86

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización sector en estudio	31
Figura 2. Delimitación de la cuenca.....	35
Figura 3. Localización de la estación climatológica representativa de la zona de estudio	38
Figura 4. Esquema de años a complementar	42
Figura 5. Gráfico regresión lineal simple para el año 2004 vs 2001	44
Figura 6. Mes faltante complementado en la serie de precipitación máxima en 24 horas.....	44
Figura 7. Variabilidad de la precipitación mensual de la estación Labateca.....	48
Figura 8. Precipitación anual de la estación Labateca.....	48
Figura 9. Serie de tiempo número de días con precipitación al año en la estación Labateca	49
Figura 10. Gráfico de factores de frecuencia para las distribuciones de probabilidad	52
Figura 11. Gráfico prueba de Kolmogorov para distribución Gumbel	57
Figura 12. Estación Labateca – Curvas IDF	58
Figura 13. Hietograma de precipitación periodo de retorno 100 años	61
Figura 14. Usos de suelo cuenca del río Culagá.....	62
Figura 15. Resultados HEC-HMS para tormenta $T_r=100$ años.....	65
Figura 16. Salida gráfica del HEC-HMS para tormenta de $T_r= 100$ años.....	65
Figura 17. Vista sección aguas arriba puente río Culagá.....	67
Figura 18. Fotografía sección puente (Aguas arriba).....	68
Figura 19. Fotografía vista aguas arriba	68
Figura 20. Fotografía vista aguas abajo.....	69
Figura 21. Fotografía vista superior tablero del puente.....	69
Figura 22. Modelo Digital de elevación sector de estudio	70
Figura 23. Vista en planta geometría río Culagá (Hec-Ras)	70
Figura 24. Alineamiento ligeramente sinuoso del río Culagá en cercanías al paso elevado PR2+500.....	71
Figura 25. Pendiente longitudinal río Culagá en la zona de estudio. Captura de las salidas gráficas del software Hec-RAS	72
Figura 26. Área de inundación para T_r 2.33, 10, 20, 50, 100 y 500 años (Situación actual)	80
Figura 27. Planta mancha de inundación T_r 2.33 (Situación actual)	81
Figura 28. Planta mancha de inundación T_r 100 (Situación actual)	82
Figura 29. Perfil longitudinal simulado correspondiente al Q.233 y Q100 (Condición actual)	83
Figura 30. Sección aguas arriba del puente con lámina Q100 y Q2.33 (Condición actual).....	84
Figura 31. Sección puente existente con lámina Q2.33 y Q100 (Condición actual)	84
Figura 32. Sección aguas abajo del puente con lámina Q2.33 y Q100 (Condición actual).....	84

Figura 33. Sección transversal con implantación de la sección hidráulica proyectada y lámina de inundación Q100 y Q2.33 años	90
Figura 34. Planta inundación Q2.33 y Q100 condición proyectada	91
Figura 35. Perfil longitudinal simulado correspondiente al Q.233 y Q100 (Condición proyectada)	92
Figura 36. Mancha de inundación Q 100 años (Condición proyectada).....	93
Figura 37. Mapa de profundidades Q 100 años (Condición proyectada)	94
Figura 38. Mapa de velocidades para Tr 100 años condición proyectada	95

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Distribuciones de probabilidad.....	104
Anexo B. Análisis de factores de frecuencia hidrológica	110
Anexo C. Bloques Alternos.....	115
Anexo D. Reportes simulación hidráulica condición actual	122
Anexo E. Reportes simulación hidráulica condición proyectada	130

INTRODUCCIÓN

Los eventos por inundación desempeñan un papel importante en el ordenamiento de los sistemas hídricos, por esta razón cuando se invaden las llanuras de inundación de los ríos se pueden producir desastres que terminan causando pérdidas de vidas humanas, económicas y ambientales, de ahí la importancia de la prevención y el control de inundaciones.

En la dinámica natural, los sistemas fluviales cuentan con un espacio propio que ha sido definido por los principales eventos de crecidas causadas por intensas precipitaciones o acumulación de sedimentos, por tal motivo es conveniente delimitar estas zonas en los ríos y protegerlas para que no sean ocupadas y así reducir el riesgo de pérdidas.

El Río Culagá es un afluente que divide a los municipios de Toledo y Labateca en Norte de Santander, y la distancia entre los dos municipios es de 4.4Km. Sobre la vía, a la altura de la abscisa K2+500, existe un puente que fue construido, según sus pobladores hacia el año 1975, el cual le asignaron el nombre del mismo afluente y desde entonces, esta estructura ha sido de gran importancia al favorecer el crecimiento económico, cultural, turístico, etc., con el municipio de Toledo.

El resultado de este trabajo busca servir como herramienta técnica adicional a proyectos de caracterización vial para este corredor, y aporte para la realización de estudios futuros que busquen inversión en este tramo vial, a fin de evitar una incomunicación ante un evento de creciente a la altura de este puente, cumpliendo con los requerimientos relacionados al manejo hídrico en el contexto colombiano.

1. GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO

1.1 LÍNEA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación del presente proyecto corresponde a Gestión y tecnología para la sustentabilidad de las comunidades

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Antecedentes del problema. En Colombia se presentan asentamientos humanos en las riberas de los ríos los cuales son considerados de alto riesgo por poner en peligro su integridad debido a las constantes amenazas que podrían afectarlos significativamente. Una de las principales amenazas es el incremento de las lluvias en época de invierno, que, en los años 2010 y 2011, el fenómeno de la niña afectó gran parte de las regiones del país, por el aumento considerable de precipitaciones, ocasionando un incremento en los caudales y niveles de los ríos presentando inundaciones por desbordamientos que generaron la destrucción de viviendas, personas damnificadas, destrucción de obras viales, afectación en cultivos e incluso pérdidas de vidas humanas¹

Las inundaciones en el Norte de Santander han causado grandes estragos en vías, puentes y principalmente sobre poblaciones, por los niveles y caudales máximos alcanzados en diferentes corrientes que fluyen a lo largo del territorio, dejando como resultado el incremento de problemas sociales, económicos y ambientales. Esto se evidencia en lo registrado en abril de 2016 cuando precipitaciones que se venían presentando desde hace 15 días generaron afectaciones en 6 municipios del departamento, produciendo inundaciones, daños en alcantarillas y carreteras, deslizamientos y la caída de un puente², adicionalmente en abril de 2019 a causa de la temporada de lluvias alrededor de 18 municipios se encontraban en alerta naranja por el aumento del caudal de los principales ríos y derrumbes en varias vías de la región, igualmente en octubre de este mismo año el sur de la región se encontraba incomunicado con el departamento de Arauca, por el desprendimiento de un tramo de vía de la Soberanía que se presentó en zona rural del municipio de Toledo, debido a la

¹ HURTADO, E. Análisis del impacto del fenómeno “la niña” 2010-2011 en la hidroclimatología del país. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; 2016.

² CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL. Plan estratégico ambiental regional. Bogotá: CORPONOR; 2016.

creciente súbita del río Murga³.

Se establece que el Rio Culagá se encuentra ubicado dentro de la zona de influencia de la subzona hidrográfica del Rio Margua, el cual se encuentra ubicado en el departamento de Norte de Santander, entre los municipios de Toledo y Labateca⁴.

Según el Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de la alcaldía del municipio de Labateca para el día 22 de agosto del 2002 y posteriormente en el 2007 se vieron diferentes zonas de la región afectadas por avalanchas sobre el Rio Culagá de magnitud media, definiendo que sobre esta corriente existe una amenaza de inundación de magnitud alta, teniendo en cuenta los efectos producidos a causa del acelerado cambio climático y los fenómenos climatológicos impredecibles⁵.

La identificación de escenarios de riesgo según el criterio de fenómeno amenazante de tipo Hidro – Meteorológico clasifica en un nivel de riesgo alto por desbordamiento al Rio Culagá por presentar en periodos cercanos y sobre todo en época de invierno un significativo aumento en los volúmenes del caudal de la cuenca, originado por los periodos de lluvia que han ocasionado inundaciones y desbordamientos, los cuales, han traído problemas a los habitantes de la región, tanto del municipio como de zonas aledañas, sobre todos al margen del río y las vías de acceso⁶.

El PMGR del municipio de Labateca, plantea programas de prevención que integran estrategias de respuesta frente a una amenaza, sin embargo, se presenta la premura de generar datos basados en sistemas de información geográfica que permitan al municipio robustecer y actualizar documentación técnica conforme a las necesidades tecnológicas actuales.

Los antecedentes anteriormente citados evidencian la necesidad de realizar un estudio hidrológico e hidráulico para verificar si la sección del puente ubicado en la abscisa PR2+500 de la vía Toledo – Labateca es la adecuada hidráulicamente para el caudal de diseño en distintos periodos de retorno e identificar y trazar las zonas inundables de dicho río.

³ CONSEJO MUNICIPAL DE GESTION DEL RIESGO. Plan municipal para la gestión del riesgo. Departamento Norte de Santander: Alcaldía de Lobateca; 2014.

⁴ CORPONOR. 2016. Op cit.

⁵ CONSEJO MUNICIPAL DE GESTION DEL RIESGO. 2014. Op cit.

⁶ Ibíd. p. 8.

De acuerdo con la problemática previamente presentada, se pretende generar información de apoyo que sirva para precisar decisiones por parte de las autoridades competentes, con el fin de tomar las medidas necesarias frente a una potencial creciente sobre el Rio Culagá y de esta manera implementar acciones de prevención basadas en los SIG que mitiguen el riesgo de perder el único puente conector entre los municipios, además de prever las inundaciones sobre asentamientos humanos cercanos al río.

1.2.2 Pregunta de investigación. ¿Cuáles serían las áreas y los niveles de inundación que afectarían al sector puente PR2+500 en la vía Toledo – Labateca, departamento Norte de Santander frente a un evento de creciente del Rio Culagá?

1.2.3 Variables del problema. Las variables del problema representan las características del proyecto con valores que pueden ser diferentes. Las variables significativas del proyecto de investigación están relacionadas con la amenaza de inundación. El estudio de una inundación involucra el análisis de las características morfométricas, climatológicas, hidrológicas e hidráulicas; iniciando con las características físicas de la cuenca que integra el rio Culagá (área, perímetro, pendiente, longitud cauce principal, tiempo de concentración), las precipitaciones (series de datos), los caudales representativos (uso del suelo, periodos de retorno) y los niveles de crecientes de acuerdo con los periodos de retorno evaluados.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Las lluvias excesivas, producen crecientes en los ríos desbordando la capacidad de los cauces produciendo inundaciones y afectando comunidades vulnerables que se asientan en la ronda de los ríos y quebradas de nuestro país, generando así problemas sociales viéndose afectados en su mayoría las personas menos favorecidas. Por consiguiente, los entes municipales deben conocer las zonas de riesgo para evitar que estas sean utilizadas en ocasiones para viviendas, cultivos, depósitos de materiales etc. Y tomar medidas de contingencia.

En Colombia, muchas de las estructuras para pasos de quebradas y ríos fueron construidas por las mismas comunidades o por los gobiernos hace muchos años, algunas de ellas ya cumplieron su horizonte de diseño. Para el caso del puente sobre el Rio Culagá que, según la comunidad, fue construido en el año 1975 aproximadamente, es probable que cuando se construyó no se tuvieron en cuenta eventos de precipitación para determinar la sección hidráulica óptima, por tal motivo se pretende realizar la evaluación hidráulica de la sección del puente teniendo en cuenta las Normas del Manual de drenajes para carreteras del INVIAS

y los eventos de creciente presentados en el año 2006, 2010 y 2011, ocasionados por el fenómeno de la Niña en Colombia. Lo anterior es de gran importancia, y se debe tener en cuenta en el momento que los entes gubernamentales decidan invertir recursos en el tramo vial que comunica al municipio de Toledo y Labateca, y cuando se pretenda realizar un mejoramiento en el trazado de la vía se conozcan las dimensiones hidráulicas que deberá tener el nuevo paso; de ser necesario.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general. Delimitar las zonas de inundación de los caudales característicos para los períodos de retorno de 2.33, 10, 20, 50, 100 y 500 años, del río Culagá en el sector Puente (Abscisa PR2+500), en una longitud de 500m aguas arriba y aguas abajo por medio de herramientas SIG, con el fin de identificar visualmente las posibles áreas inundables; además evaluar la sección hidráulica del puente existente para los caudales determinados utilizando el programa HEC-RAS

1.4.2 Objetivos específicos.

Analizar la información base del proyecto como ortofotos, batimetría, ficha de inspección visual, entre otros, suministrada por la Gobernación de Norte de Santander

Identificar y recolectar información de las estaciones meteorológicas que tengan influencia en la cuenca en estudio.

Realizar el análisis estadístico de los datos hidrológicos y sus respectivos análisis de frecuencias

Determinar los caudales de diseño para los periodos de retorno de 2.33, 10, 20, 50, 100 y 500 años.

Realizar la simulación hidráulica del tramo de río incluyendo la estructura del puente por medio del modelo matemático unidimensional HEC- RAS.

Determinar las láminas de inundación para cada uno de los períodos de retorno.

Evaluar si la sección del puente es hidráulicamente suficiente para el caudal demandado para los diferentes eventos.

Generar mapas inundación, profundidad y velocidad para cada uno de los periodos de retorno determinados utilizando ArcGIS

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO

El marco teórico hace referencia a las herramientas generales que serán especificadas en el desarrollo del estudio de amenaza de inundación del río Culagá, sector puente PR2+500 en vía Toledo – Labateca, Departamento Norte De Santander.

Para el presente estudio se tiene la necesidad de realizar el análisis de la cuenca hidrográfica a partir de las siguientes características:

2.1.1 Morfometría. El análisis morfométrico es el estudio de la forma o figura de una cuenca fundamentada en mediciones. El comportamiento de los caudales que transitan por la cuenca tiene relación con las características físicas de esta. En tal sentido, los parámetros morfométricos que conforman una cuenca se tratan de un compendio de estimaciones que se realizan, casi siempre, para dar inicio al estudio de carácter hidrológico con el fin de llevar un control pleno y garantizar un máximo aprovechamiento⁷. En este sentido, las herramientas del ArcGIS proporcionan métodos para describir los componentes físicos de una superficie a partir de unos datos de entrada.

2.1.1.1 Parámetros morfométricos. Se explica a continuación:

Área de drenaje: Es una variable que describe el tamaño de la cuenca, el área de una cuenca se define como el espacio delimitado topográficamente del área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido hacia un mismo cauce natural⁸. Por tal motivo, el área de drenaje sirve como variable para el cálculo de otros parámetros morfométricos e hidrológicos.

⁷ CARDONA B. Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas. Maestría en energía y ambiente. Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2016.

⁸ CARDENAS N, MUÑOZ J. y RIAÑO, E. Evaluación de amenaza por inundación en el sector Betania del municipio de gachancipá, perteneciente a la cuenca alta del río Bogotá. Trabajo de grado. Bogotá: Universidad Católica de Colombia; 2017.

Tabla 1. Clasificación de cuencas de acuerdo con el área

AREA DE LA CUENCA	
Clasificación de las cuencas	Area en Km2
Unidad hidrológica	0 - <5
Sector hidrológico	5 - <20
Microcuenca	20 - <100
Subcuenca	100 - <300
Cuenca	>300

Fuente: CARDENAS N, MUÑOZ J. y RIAÑO, E. Evaluación de amenaza por inundación en el sector Betania del municipio de gachancipá, perteneciente a la cuenca alta del río Bogotá. Trabajo de grado. Bogota: Universidad Católica de Colombia; 2017.

Perímetro de la cuenca: corresponde a la longitud del límite exterior de la cuenca, definido por la divisoria topográfica de aguas⁹. La longitud perimetral permite describir una idea de la forma de la cuenca mediante su aplicación en otros cálculos morfométricos.

Densidad de corriente (Ds): Se define como la relación entre el número de cursos de agua de la cuenca y su área total¹⁰:

$$D_s = \frac{N_c}{A}$$

Ds: Densidad de corriente

Nc: Numero de corrientes

A: Área de la cuenca

Una cuenca estará más ramificada de causas cuando el valor de la densidad de corriente sea mayor, como consecuencia se precipitará la entrada de agua producto de la lluvia a la red de drenajes, en coherencia con lo planteado por la

⁹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. IDEAM. Informe Batimetría Lago Tota. Bogotá: El Instituto; 2016.

¹⁰Ibíd. p.23.

Universidad de Sonora¹¹.

Factor de forma (kf): Se define como la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado de la distancia desde la salida de la cuenca al punto más alejado (L), este parámetro intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca¹².

Aquella cuenca que posee un factor menor tiene menos propensión a depender de crecientes que aquellas con igual extensión y con un factor de forma mayor¹³.

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

kf: Factor de forma

L: Distancia desde la salida de la cuenca al punto más alejado

A: Área de la cuenca

Tabla 2. Clasificación de cuencas de acuerdo con el factor de forma

FACTOR DE FORMA	
Kf (Adimensional)	Interpretacion
< 1	Cuenca alargada
1	Cuenca cuadrada
>1	Cuenca achatada

Fuente: INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. IDEAM. Informe Batimetria Lago Tota. Bogotá: El Instituto; 2016.

Coficiente de compacidad (Kc): Se trata de una medida que se encarga de establecer una relación entre el perímetro definido de una cuenca y el perímetro

¹¹ UNIVERSIDAD DE SONORA. Hidrologia superficial. (En línea) (Citado el 22 de Agosto del 2013). Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10706/capitulo3.pdf>

¹² IDEAM, 2016. Op. cit., p 15.

¹³ ROJAS J. Moformetria de cuencas. (En línea) (Citado el 21 de Mayo del 2010). Disponible en: <http://julianrojo.weebly.com/uploads/1/2/0/0/12008328/morfometria.pdf>

de un círculo de igual área que la cuenca en cuestión. Este describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico¹⁴.

$$K_c = 0,282 \frac{P}{A^{0,5}}$$

K_c : Coeficiente de compacidad

P: Perímetro de la cuenca

A: Área de la cuenca

Tabla 3. Clasificación de cuencas de acuerdo con el coeficiente de compacidad

COEFICIENTE DE COMPACIDAD	
K_c (Adimensional)	Interpretación
<1	Imposible
1	Cuenca circular
$1 < K_c \leq 1,25$	Redonda-Oval redonda
$1,25 < K_c \leq 1,5$	Olval redonda-Oval oblonga
$1,5 < K_c \leq 1,75$	Oval oblonga-Rectangular oblonga

Fuente: INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. IDEAM. Informe Batimetria Lago Tota. Bogotá: El Instituto; 2016.

Índice de sinuosidad: Es la relación entre la longitud total del cauce principal, L, y la longitud del cauce principal medida en línea recta, L_t ¹⁵.

L: Longitud total de los drenajes [km]

L_t : Longitud en línea recta del cauce principal [km]

¹⁴ IDEAM, 2016. Op. cit., p 16.

¹⁵ Ibíd. p.18.

Tabla 4. Clasificación de cuencas de acuerdo con el índice de sinuosidad

INDICE DE SINUOSIDAD	
Clasificación de las cuencas	Indice
Rectilíneo	<1,05
Sinuoso	1,05 - 1,50
Meandrizante	1,50 - 1,80
Entrelazado	1,80 - 2,00
Anastomosado	>2,00

Fuente: INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. IDEAM. Informe Batimetria Lago Tota. Bogotá: El Instituto; 2016.

Pendiente del cauce (Sc): La pendiente de un río se considera como la diferencia entre los extremos de un tramo, dividido entre la longitud de dicho tramo. La metodología utilizada para este estudio será la de Taylor – Schwartz, que considera al río formado por una serie de canales de pendiente uniforme, en los cuales el tiempo de recorrido del agua es igual al del río¹⁶.

$$S_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_i^{1/2}}} \right]$$

S: Pendiente media del cauce principal (m/m)

L: Longitud del tramo (m) entre las curvas de nivel

Si: Pendiente media del tramo (m/m)

Tiempo de concentración (Tc): Esta medida se refiere al tiempo mínimo que se necesita para que todos los puntos de la cuenca aporten agua de escorrentía de manera conjunta, tanto por los puntos de salida, desagüe y de cierre¹⁷. La

¹⁶ PEREZ, G. Modelación hidrológica continua para fines de pronóstico de avenidas en ríos. Subcoordinación de posgrado, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del agua, Coordinación de desarrollo Profesional e institucional, 2015.

¹⁷ ASECIO, R. Métodos para la determinación del tiempo de concentración (tc) de una cuenca hidrográfica. (En línea) (Citado el 27 de junio del 2016). Disponible en:

duración de la precipitación en los modelos de lluvia – escorrentía es igual al tiempo de concentración, por lo que se esperan se presenten los caudales máximos debido a que para esta duración es cuando la totalidad de la cuenca está aportando al proceso de escorrentía¹⁸.

Como lo establece el manual de drenaje para carretera realizado por el Instituto Nacional de Vías¹⁹, el tiempo de concentración se calcula por medio de las siguientes ecuaciones empíricas:

Ecuación de Kirpich:

$$T_c = 0.06628 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metros por metro (m/m).

Ecuación de Témez:

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10779/Tiempo%20de%20concentraci%C3%B3n.pdf>

¹⁸ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de drenaje para carreteras. Bogotá: INVIAS; 2013.

¹⁹ Ibid. p.12.

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

Ecuación de Williams:

$$T_c = 0.683 \left(\frac{L A^{0.40}}{D S^{0.25}} \right)$$

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

A: Área de la cuenca, en kilómetros cuadrados (km²).

D: Diámetro de una cuenca circular con área "A", en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

Ecuación de Johnstone y Cross:

$$T_c = 2.6 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.5}$$

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por kilómetro (m/km).

Ecuación de Giandotti:

$$T_c = \frac{4 A^{0.5} + 1.50 L}{25.3 (L S)^{0.5}}$$

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

A: Área de la cuenca, en kilómetros cuadrados (km²).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente del cauce principal, en metros por metro (m/m).

Ecuación de SCS – Ranser:

$$T_c = 0.947 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal, en metros (m).

Ecuación de Ventura – Heras

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$$

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

Ecuación de V.T. Chow

$$T_c = 0.273 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.64}$$

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).

Ecuación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos:

$$T_c = 0.28 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).

El tiempo de concentración definitivo se determina mediante la estimación del promedio (μ) y la desviación estándar (σ), descartando los valores fuera del rango $[\mu - \sigma, \mu + \sigma]$ y hallando el promedio con los valores dentro de dicho rango.

2.1.2 Modelación hidrológica. Se trata de un mecanismo propio de la hidrología cuyo papel fundamental es prevenir los riesgos de inundación mediante la

preparación de modelos que explican las eventualidades presentes en el diseño. Los modelos hidrológicos permiten representar los procesos dentro de una cuenca y convertir una precipitación en escorrentía²⁰.

El software con el cual se desarrollará el modelo hidrológico es el HEC-HMS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos, es una herramienta de modelación que fue diseñada para simular la respuesta hidrológica de una cuenca²¹. El software permite conectar el flujo por medio de un tránsito y la división de la cuenca en varias subcuencas con características diferentes, con lo cual se obtiene una mejor aproximación en la estimación de caudales²².

2.1.3 Modelación hidráulica. La modelación hidráulica se realizara mediante el aplicativo El HEC-RAS, HEC (Hydrologic Engineering Center) y RAS (River Analysis System), desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers. En ese aspecto²³, con esta herramienta se podrá determinar las áreas de inundación del río para diferentes periodos de retorno con el fin de establecer posibles actuaciones de mitigación. Adicionalmente, este software permite determinar, mediante la asignación de un caudal máximo y otras características del canal, las alturas variables de la lámina de agua para el rio objeto de estudio y el trazado de las zonas de inundación²⁴.

Se establece que el HEC-RAS se trata en efecto de un programa de modelación hidráulica unidimensional, el cual permite determinar el nivel que alcanza el agua para calcular las zonas de inundación mediante la simulación flujos en cauces naturales o artificiales. Los resultados obtenidos se pueden exportar a ArcGIS para ser analizados y procesados los mapas de inundación y riesgo²⁵.

Un proyecto en HEC – RAS puede contener variedad de cálculos, debido a que la

²⁰ PASCUAL, J. y DIAZ, M. Guía práctica sobre la modelización hidrológica y el modelo HEC-HMS. Madrid: Centro para el Conocimiento del Paisaje, Instituto IMDEA Agua; 2016.

²¹ Ibid. p 25.

²² FIGUEROA, K. y VELASQUEZ, S. Estudio de amenaza por inundación en la cabecera municipal del municipio de garzón-huila, mediante el software hec-ras en 2d para tr 10, 20 y 100 años. Bogota: Universidad Catolica de Colombia; 2019.

²³ PORRAS, J. y SERRANO, A. Estudio hidrológico-hidráulico para el diseño del puente sobre la quebrada padre José Ruta Sixaola-Gandoca. San Jose de Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería; 2014.

²⁴ GUITIERREZ, M., PARODI, G. y DAMIANO, F. Análisis de amenaza por inundación en área urbana empleando modelos hidrodinámicos y herramientas sig (Pergamino, Argentina). Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Clima y Agua; 2016.

²⁵ BENAYAS R. GEASIG. Para que sirve esto. (En línea) (Citado el 24 de abril del 2016). Disponible en: <https://www.geasig.com/que-es-hec-ras-y-para-que-sirve/>

combinación de los elementos fundamentales para la modelación hidrológica, como lo son la geometría del cauce y las condiciones de flujo, definidas por el caudal y las condiciones de frontera pueden ser analizadas por separado o conjuntamente²⁶.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Las inundaciones son provocadas por excesos de agua que invaden áreas donde normalmente se encuentran condiciones secas. Este es un fenómeno importante en la regulación de sistemas hídricos porque si se modifican dichos sistemas o se ocupan áreas susceptibles de inundación pueden presentarse afectaciones²⁷.

Para el presente estudio de amenaza por inundación se tendrán en cuenta el análisis de diversas características de la cuenca, entre las cuales se tienen los parámetros geomorfológicos que ayudan al suministro de las características y rasgos terrestres de la cuenca y se logra una panorámica minuciosa a las respuestas hidrológicas y procesos de escorrentía que causarán impacto sobre la zona de estudio²⁸. Para realizar apropiadamente un estudio de inundación por desbordamiento es fundamental analizar la precipitación sobre la cuenca objeto de estudio, pues sobre esta ocurren diversos procesos que alteran el escurrimiento y por ende los aportes que se entregan al cauce directamente. En estos procesos intervienen los parámetros geomorfológicos como el tipo y uso del suelo, la cobertura vegetal o el nivel de urbanización²⁹.

Estas precipitaciones cuantifican la entrada de aguas a la cuenca, además de ser fundamentales en la prevención de avenidas³⁰, para efectos del presente estudio, es el agua proveniente de la lluvia que se recoge sobre la superficie terrestre.

Otra de las características de la cuenca es el caudal máximo, que permite asociar la cantidad de agua que fluye en determinado tiempo, procedente de una cuenca hidrográfica específica³¹, se determina teniendo en cuenta periodos de retorno específicos, características geomorfológicas y los registros históricos de

²⁶ GARZON, J. y SUA, N. Estudios y diseños para la adecuación hidráulica de 5 km del río Chicú como medida de prevención y control de inundaciones. Bogotá: Universidad Católica de Colombia; 2019.

²⁷ CARDENAS. 2017. Op. cit., p 23.

²⁸ IDEAM, 2016. Op. cit., p 21.

²⁹ UNIVERSIDAD DE SONORA. Op. cit., p 23.

³⁰ IDEAM, 2016. Op. cit., p 32.

³¹ *Ibíd.*, p. 61.

estaciones, para esto se emplea un estudio hidrológico³². La distribución espacio – temporal de las precipitaciones y el análisis morfométrico de la cuenca o de los sistemas de drenaje son variables a considerar en un modelado hidrológico³³.

Una vez obtenidos los caudales máximos se realiza el estudio hidráulico que consiste en obtener la superficie ocupada por el agua para dicho caudal³⁴. En resumen, el estudio hidráulico evaluará la sección del cauce con respecto a la cantidad de caudal. La modelación hidráulica se realiza por medio del software HEC-RAS y la principal finalidad de este programa es determinar las áreas inundables del proyecto³⁵.

Estas áreas de inundación se refieren a aquellos sectores cercanos a los ríos y causes donde existen mayores probabilidades de ser inundadas. Debido a esto, estas áreas, siempre cambiantes deben ser determinadas con suficiente anterioridad precisando el grado en que afecta las fases del proyecto dentro del área³⁶. La representación de estas áreas se realiza por medio de los mapas de inundación, los cuales brindan información sobre los diferentes eventos ocurridos en el área en un contexto cronológico determinado, de esta forma se posee información sobre el riesgo potencial o probable de inundación y como afectó el área en cuestión. Esta información, permite para quienes toman las decisiones a nivel local, regional o nacional mejorar la toma de decisiones y la orientación de la gestión de las inundaciones y hacerlo más integral. Además, los mapas de amenaza son una ayuda al momento de la necesidad de concientizar a la comunidad sobre la problemática, estableciendo zonas de seguridad y zonas de riesgos³⁷.

³² ROJAS. Op. cit., p 81.

³³ ASECIO. Op. cit., p 23.

³⁴ IDEAM, 2016. Op. cit., p 52.

³⁵ PEREZ. Op. cit., p 21.

³⁶ ASECIO. Op. cit., p 61.

³⁷ VILLEGAS, B. Agua y SIG, planteamientos para las secuencias de escorrentías. (En línea) (Citado el 08 de Diciembre del 2014). Disponible en: <https://aguaysig.com/tiempo-de-concentracion-de-la-cuenca/>

2.3 MARCO JURÍDICO

Se describe a continuación la normativa que se conoce para el desarrollo del estudio:

Tabla 5. Descripción del marco jurídico

Descripción del marco jurídico	
Constitución política de Colombia ³⁸	Art 8. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
	Art 79. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
	Art. 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados
Ley 1523 de 2012 ³⁹	"Por el cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones".

³⁸ CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. Titulo I, relacionado con la protección del ambiente. (En línea) (Citado el 19 de abril del 2018). Disponible en: [http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Colombia/\(Microsoft%20Word%20-%20Constituci.pdf](http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Colombia/(Microsoft%20Word%20-%20Constituci.pdf)

³⁹ CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Ley 1523 de 2012 (abril 24) Diario Oficial No. 48.411 de 24 de abril de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Bogota: El Congreso; 2012. 12 p.

Tabla 5. (Continuación)

Descripción del marco jurídico	
Decreto 1974 de 2013 ⁴⁰	"Por el cual se establece el procedimiento para la expedición y actualización del Plan Nacional de Gestión del Riesgo."
Decreto 1807 de 2014 ⁴¹	"Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones."
Decreto 2245 de 2017	"Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas ⁴² "

Fuente: Elaboración propia.

2.4 MARCO GEOGRÁFICO

La zona de estudio se encuentra ubicada en el Río Culagá, a la altura de la abscisa K2+500 de la vía que conduce del municipio de Toledo al municipio de Labateca, en el departamento Norte de Santander; en Colombia. Las coordenadas geográficas son 7°18'40.87" N 72°29'40.95" O, elevación 1423 msnm como se muestra en la Figura 1, en el sector Puente. El río Culagá, nace en el páramo Alto Mejue, es la línea limítrofe entre los dos municipios, está localizado en las veredas Hojancha, Hatico y Resguardo.

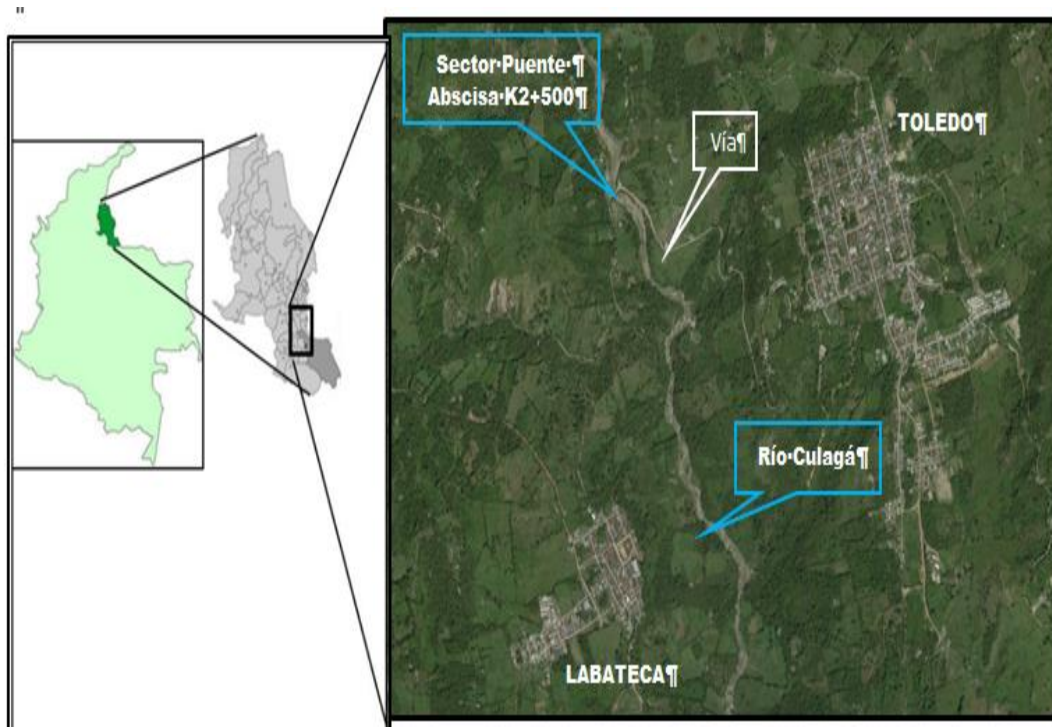
La cuenca del río Culagá tiene aproximadamente un área de 245Km², pertenece a la zona hidrográfica del Río Margua y se ubica entre los municipios de Labateca, Pamplonita, Toledo y Herrán. Las Quebradas El Volcan, Q. La Reforma, Q. El Mariscal, Q. El Juncal, Q. Serrano, Q. El Pedregal, Q. Grande y la Q. Pica Pica, son los afluentes que alimentan el Río Culagá.

⁴⁰ PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 1974 de 2013. Por el cual se establece el procedimiento para la expedición y actualización del Plan Nacional de Gestión del Riesgo. Bogotá: La Presidencia; 2013. 23 p.

⁴¹ MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. DECRETO 1807 DE 2014. (septiembre 19) Diario Oficial No. 49.279 Bogotá: La Presidencia; 2014. 54 p.

⁴² INVIAS, 2013. Op. cit., p 31.

Figura 1. Localización sector en estudio



Fuente: Elaboración propia.

2.5 ESTADO DEL ARTE

Como inicio, se toma como referencia el trabajo de grado por Sedano⁴³ denominado Gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia. En este trabajo se aborda los desastres socio-naturales por inundaciones ocurridas en el período de 2010-2011, donde se identifican sus causas y donde se establece una propuesta de sistema de gestión integrada de riesgo de inundaciones en La Victoria Valle del Cauca, Colombia. Es la recopilación de dos años seguidos de desastres y emergencias por las temporadas de lluvia en Colombia, sobre los efectos en las personas, cultivos y viviendas, evidenciando la magnitud del desastre. Se hace un aporte con un modelo de gestión que incorpora las etapas del conocimiento del Riesgo, Plan de actuaciones para prevención y mitigación del riesgo, planes de respuesta a emergencias, planes de rehabilitación y recuperación y la evaluación de la Gestión.

⁴³ SEDANO Karime. Gestión integrada del riesgo de Inundaciones en Colombia. Trabajo de Maestría. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de ingeniería Hidráulica, 2012. 271 p.

También se toma como Referencia el trabajo realizado por Mejía⁴⁴ denominado análisis de amenaza por inundación para la Localidad de Tunjuelito, desarrollado a través de sistemas de información geográfica (SIG). En este trabajo se desarrolla un mapa de riesgo de inundación, basado en la utilización de sistemas de información geográfica, que permite su fácil actualización de acuerdo con las condiciones cambiantes en la parte baja del río Tunjuelo. Lo anterior, facilita a las autoridades la toma de decisiones en cuanto a las obras preventivas o de mitigación frente a estos riesgos. Concluyendo que el mapa desarrollado mediante la utilización del software QGIS, se convierte una eficiente herramienta para las autoridades gubernamentales, pues permite incluir nuevas variables, así como modificar datos de variables existentes, de acuerdo como cambien a través del tiempo. En este caso, se logró visualizar las áreas de riesgo alto, medio y bajo en la zona de estudio mediante el uso de los sistemas de información geográfica, lo cual permite a las autoridades planificar mejor el desarrollo urbanístico del sector.

Se incorpora también como referente el trabajo de Palacios y Bermúdez⁴⁵, denominado Análisis del Riesgo por inundaciones utilizando herramientas SIG para la cuenca del Río Quito. En este trabajo se ilustra el mapa de riesgo de inundación para la cuenca del Río Quito, en el departamento del Chocó, Colombia, utilizando herramientas espaciales de Sistemas de información geográfica para los cruces de las variables de pendientes, geología, geomorfología, conflictos de uso, sismos históricos y con la esquematización de un diagrama de flujo se obtuvo el respectivo mapa de riesgo por inundación y demarcación de las áreas susceptibles con clasificación de amenaza como alta, media y baja para la geografía de la cuenca del Río Quito. Los resultados de este trabajo son aptos para ser incorporados en los Esquemas de Ordenamiento de cada uno de los municipios y mejorar la escala de los análisis por inundaciones.

A su vez se incluye como referente el trabajo de Rodríguez⁴⁶ denominado Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa. Como parte del desarrollo metodológico, este documento empleó dos propuestas distintas, mediante la primera se desarrolló los mapas de amenazas por inundación. Para lo cual, se combinaron elementos geográficos, históricos, hidrológicos e hidráulicos. Para ello, se realizó un trabajo de campo, donde se trabajó con sistemas informáticos y digitales para las redes hidrográficas y la cartografía inicial. La segunda para la obtención de mapas de vulnerabilidad

⁴⁴ MEJIA, L. Análisis de amenaza por inundación para la localidad de Tunjuelito, desarrollado a través de sistemas de información geográfica. Bogotá: Universidad Católica de Colombia; 2014.

⁴⁵ PALACIOS, C. y BERMUDEZ, O. Análisis del riesgo por inundación utilizando herramientas Sig para la cuenca del Río Quito. Manizales: Universidad de Manizales; 2016.

⁴⁶ RODRÍGUEZ, E. Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2016. 379 p.

que aborda variables de exposición, susceptibilidad e información obtenida en revistas, talleres y encuestas. Los mapas resultantes se superpusieron para identificar tres escenarios de riesgo corto, mediano y plazo que proponen medidas correctivas y prospectivas. En ese sentido, se exponen resultados referentes a varios municipios del contorno, entre ellos: Caucasia en Antioquia y el municipio Plato en el Magdalena. Los cuales, son sitios donde los riesgos y consecuencias de las inundaciones son de vieja data. Lo más importante de esta investigación es demostrar que si se puede construir conocimiento a partir de herramientas gratuitas y con la información de la cartografía disponible.

Así mismo, se toma como referencia el proyecto de investigación realizado por Garzón⁴⁷, denominado estudios y diseños para la adecuación Hidráulica de 5 Km del Rio Chicú como medida de prevención y control de inundaciones. En este proyecto de investigación se plantea un modelo de intervención de un tramo del río Chicú, que permite, en épocas de fuertes lluvias, prevenir y controlar posibles inundaciones sobre la cuenca a la que pertenece el Rio Chicú, buscando minimizar el impacto económico, ambiental y social, así como preservar las vidas humanas. Se concluye que la adecuación teórica del tramo estudiado, garantizaría el objetivo de minimizar los riesgos de inundación y lo que ello implicaría en términos de vidas humanas y la problemática social y ambiental de las comunidades allí asentadas.

⁴⁷ GARZON. 2019. Op cit. p.115.

3. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1 MODELACIÓN HIDROLÓGICA

El estudio hidrológico pretende fundamentalmente determinar caudales característicos para el Río Culagá en el sector Puente, correspondientes a diferentes probabilidades de excedencia o períodos de retorno. Se considerarán periodos de retorno correspondientes a 2.33, 10, 20, 50, 100 y 500 años.

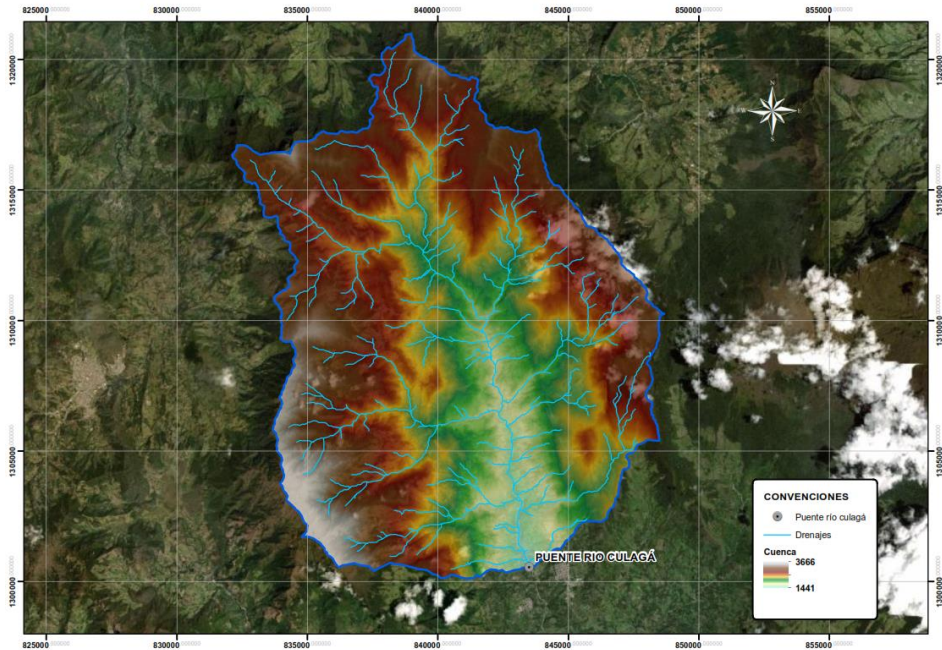
Existen diferentes alternativas para la estimación de los caudales característicos, desde métodos estadísticos basados en ajustes sobre registros históricos de caudales, hasta modelos lluvia – escorrentía de diferentes grados de complejidad.

Dado el tamaño de la cuenca (221.17 km²) y la disponibilidad de información, se utiliza el modelo hidrológico del número de curva implementado por el Soil Conservation Service, aplicando el software Hec-HMS. Para la aplicación de este modelo fueron consideradas las características morfométricas de la cuenca, usos del suelo, coeficientes de resistencia al flujo e información meteorológica mas cercana a la cuenca.

3.1.1 Delimitación de la cuenca. El área de drenaje se delimitó a partir de la topografía del terreno representada mediante un Modelo de Elevación de Terreno (MET) generado con la información del producto RTC (Radiometrically terrain-corrected) del Alaska Satellite Facility (ASF) que opera en el instituto de Geofísica de la Universidad de Alaska Fairbanks. Este MET tiene una resolución de 12.5 metros.

Luego de procesar la información para generar una superficie hidráulicamente correcta, se delimitó y calculó el área de drenaje hasta el sitio del proyecto, usando funciones típicas de los Sistemas de Información Geográfica – SIG para el ajuste hidrológico de la superficie (Fill, Flow Direction, Flow Accumulation, Watershed) se delimitó la cuenca aferente hasta el sitio del proyecto y se determinó un área de drenaje de 221.17 km². La figura 2 muestra la delimitación del área de drenaje para el sector en estudio.

Figura 2. Delimitación de la cuenca



Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Caracterización morfométrica de la cuenca. Con base en la delimitación de la cuenca se realizaron los cálculos para obtener las características morfométricas de la cuenca, los cuales se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Resumen características de la cuenca

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA DEL RIO CULAGÁ		OBSERVACIONES
Longitud del cauce principal (km)	22.92	
Área de la cuenca (Km ²)	221.71	Subcuenca
Perímetro de la cuenca (Km)	70.97	
Densidad de corriente (Ds)	1.23	Cuenca bien drenada
Factor de forma (kf)	0.42	Cuenca alargada
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.34	Oval redonda - oval oblonga
Pendiente media del cauce principal (m/m)	0.04	
Cota menor cuenca (msnm)	1445.00	
Cota mayor cuenca (msnm)	2750.00	

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Tiempo de concentración. Utilizando los datos del área de la cuenca, la longitud y la pendiente del cauce principal; obtenidos en los cálculos

morfométricos, se determinó del tiempo de concentración por medio de las distintas ecuaciones como se muestra en la tabla 7. El valor del tiempo de concentración definitivo se determinó mediante la estimación del promedio (μ) y la desviación estándar (σ), descartando los valores fuera del rango $[\mu-\sigma, \mu+\sigma]$ y hallando el promedio con los valores dentro de dicho rango, ver tabla 7.

Tabla 7. Formulaciones empíricas para el cálculo del tiempo de concentración

ID	Ecuación	Parámetros		Tc (h)
1	Kirpich	<i>Tc: Tiempo de concentración de la cuenca (h)</i>		2.505
		<i>L: Longitud del cauce principal (Km)</i>	22.92	
		<i>S: Pendiente media del cauce principal (m/m)</i>	0.042	
2	Témez	<i>Tc: Tiempo de concentración de la cuenca (h)</i>		3.509
		<i>L: Longitud del cauce principal (Km)</i>	22.92	
		<i>S: Pendiente media del cauce principal (%)</i>	0.66	
3	Williams	<i>Tc: Tiempo de concentración de la cuenca (h)</i>		3.659
		<i>L: Longitud del cauce principal (Km)</i>	22.92	
		<i>D: Diámetro de una cuenca circular con área A (Km)</i>	16.801	
		<i>A: Área de la cuenca en (Km²)</i>	221.71	
		<i>S: Pendiente media del cauce principal (m/m)</i>	0.042	
		<i>Radio del círculo</i>	8.401	
4	Bransby - Williams	<i>Tc: Tiempo de concentración de la cuenca (min)</i>		6.126
		<i>L: Longitud del cauce principal (Km)</i>	22.92	
		<i>S: Pendiente media del cauce principal (m/m)</i>	0.042	
5	Giandotti	<i>Tc: Tiempo de concentración de la cuenca (h)</i>		3.784
		<i>L: Longitud del cauce principal (Km)</i>	22.92	
		<i>S: Pendiente media del cauce principal (m/m)</i>	0.042	
		<i>A: Área de la cuenca en (Km²)</i>	221.71	
6	SCR-Ranser	<i>Tc: Tiempo de concentración de la cuenca (h)</i>		2.228
		<i>L: Longitud del cauce principal (Km)</i>	22.92	
		<i>H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal (m)</i>	1305	
		<i>Cota mayor</i>	2750	
		<i>Cota menor</i>	1445	
7	Ventura-Heras	<i>Tc: Tiempo de concentración de la cuenca (h)</i>		2.401
		<i>L: Longitud del cauce principal (Km)</i>	22.92	
		<i>S: Pendiente media del cauce principal (%)</i>	4.2	
8	Ven Te Chow	<i>Tc: Tiempo de concentración de la cuenca (h)</i>		5.588
		<i>L: Longitud del cauce principal (Km)</i>	22.92	
		<i>S: Pendiente media del cauce principal (m/m)</i>	0.042	
9	Cuerpo de ing. del ejercito de los Estados Unidos	<i>Tc: Tiempo de concentración de la cuenca (h)</i>		5.527
		<i>L: Longitud del cauce principal (Km)</i>	22.92	
		<i>S: Pendiente media del cauce principal (m/m)</i>	0.042	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Tiempo de concentración definitivo

Tiempo Concentración (h)	
Desviación Estándar	1.486
Valor promedio	3.925
Valor promedio + Desviación estándar	5.411
Valor promedio - Desviación estándar	2.440
Tiempo Concentración (h)	4.10

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4 Meteorología

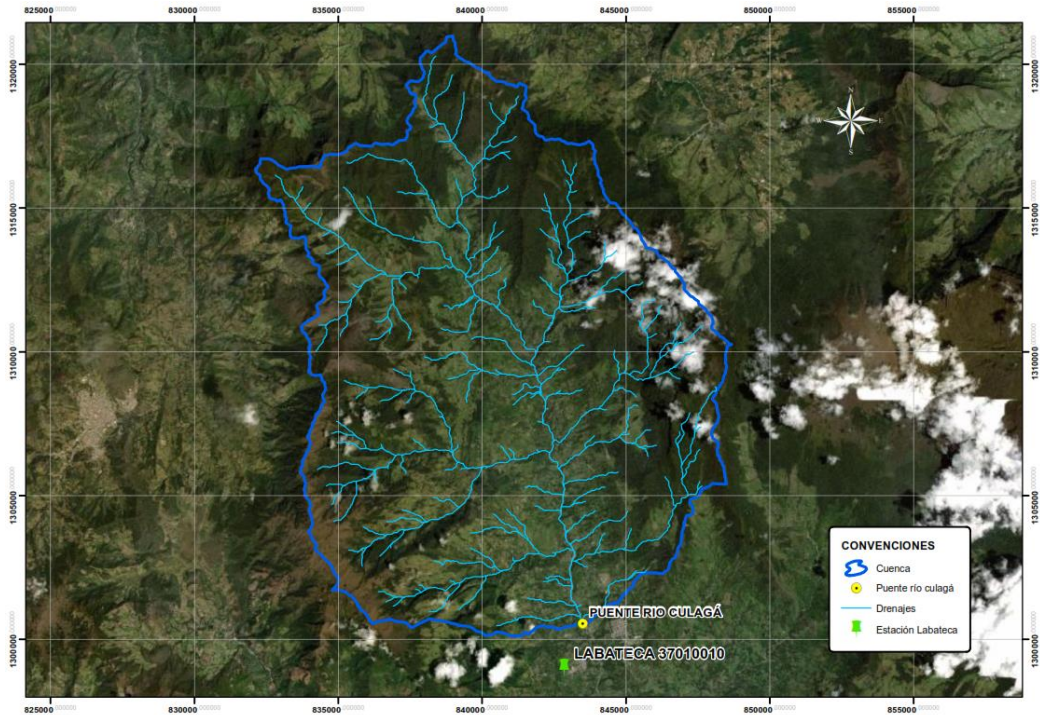
3.1.4.1 Información de precipitación. De acuerdo con la base de datos de las estaciones meteorológicas operadas por el IDEAM se identificaron aquellas que tuvieran incidencia en la cuenca de estudio. Para este caso se toman los datos de precipitación de la estación más cercana, actualmente se encuentra activa. Los criterios de selección se basaron principalmente en la cercanía a la cuenca. La tabla 9 representa las características generales de la estación pluviométrica ubicada en las coordenadas UTM Este: 842845 Norte: 1299038, como se aprecia en la figura 3

Tabla 9. Estación de precipitación de la zona de estudio

CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORIA	ESTADO	PERIODO DE REGISTRO	MUNICIPIO
37010010	Labateca	Pluviométrica	Activa	1990 - 2019	Labateca

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Localización de la estación climatológica representativa de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

3.1.4.2 Metodología complementación de vacíos datos de precipitación. La precipitación pluvial es un factor importante en el análisis hidrológico, es relevante para la determinación de los balances hídricos y cálculos de escorrentía. Estos datos son captados por las estaciones pluviométricas o pluviográficas, en el territorio nacional las estaciones meteorológicas están a cargo en mayor parte por el IDEAM (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales)

En la evaluación de los datos de precipitación se necesita contar con una base de datos homogéneos y continuos que comprenda el mayor intervalo de tiempo posible, se requiere que por lo menos, sean 30 años de registro. Infortunadamente en ciertas oportunidades las bases de datos proporcionados por el IDEAM presentan un gran porcentaje de vacíos por la ausencia de lectura, equivocación de transcripción y fallas en los instrumentos de registro, etcétera, lo que restringe el análisis y constituyen una fuente de error, dado que las conclusiones de cualquier estudio que se haga sobre esta información serán erróneas. Por lo anterior se debe efectuar el completado de los valores faltantes en una serie pluviométrica.

En el presente numeral se realiza una descripción del análisis de complementación de vacíos realizado para el estudio de inundación del río Culagá en el sector puente, localizado en la abscisa PR2+500 de la vía que conduce del municipio de Toledo al municipio de Labateca en Norte de Santander

3.1.4.2.1 Datos base. La estación climática ordinaria utilizada para el presente estudio es la *ESTACIÓN LABATECA* con código de identificación IDEAM [37010010], las series de registros obtenidos por esta estación van desde el año 1990 a 2019, es decir cuenta con 30 años de registro.

A continuación, se muestran las series mensuales multianuales suministradas con los datos faltantes que se pueden identificar en color verde

Tabla 10. Serie número de días mensuales de precipitación estación Labateca

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990	8.00	5.00	10.00	8.00	15.00	17.00	14.00	17.00	6.00	8.00	10.00	6.00
1991	1.00	7.00	6.00	5.00	7.00	13.00	15.00	17.00	13.00	8.00	3.00	0.00
1992	0.00	2.00	1.00	8.00	11.00	15.00	17.00	15.00	7.00	10.00	7.00	2.00
1993	4.00	1.00	10.00	6.00	13.00	16.00	12.00	6.00	10.00	8.00	5.00	2.00
1994	2.00	6.00	7.00	9.00	10.00	12.00	10.00	10.00	10.00	7.00	6.00	0.00
1995	2.00	2.00	4.00	9.00	8.00	11.00	8.00	12.00	10.00	9.00	2.00	1.00
1996	1.00	6.00	6.00	8.00	7.00	13.00	11.00	7.00	5.00	5.00	5.00	0.00
1997	0.00	5.00	1.00	5.00	9.00	5.00	8.00	5.00	2.00	5.00	0.00	1.00
1998	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00	8.00	5.00	4.00	6.00	8.00	4.00	3.00
1999	2.00	4.00	4.00	7.00	4.00	10.00	6.00	7.00	5.00	4.00	5.00	4.00
2000	1.00	2.00	5.00	8.00	9.00	12.00	9.00	7.00	6.00	7.00	4.00	4.00
2001	0.00	0.00	4.00	6.00	5.00	8.00	5.00	6.00	7.00	4.00	1.00	3.00
2002	2.00	0.00	7.00	9.00	12.00	16.00	11.00	11.00	7.00	6.00	2.00	1.00
2003	0.00	3.00	4.00	9.00	11.00	13.00	11.00	7.00	8.00	8.00	5.00	1.00
2004	0.00	0.00		6.00	16.00	12.00	6.00	15.00	9.00	8.00	5.00	3.00
2005	5.00	1.00	3.00	10.00	12.00	14.00	6.00	7.00	14.00	11.00	13.00	3.00
2006	3.00	1.00	14.00	10.00	13.00	19.00	11.00	10.00	6.00	8.00	3.00	2.00
2007	1.00	2.00	5.00	5.00	6.00	10.00	6.00	13.00	6.00	11.00	8.00	3.00
2008	1.00	2.00	3.00	9.00	13.00	14.00	14.00	11.00	8.00	10.00	14.00	3.00
2009	6.00	8.00	7.00	8.00	9.00	18.00	18.00	9.00	10.00	8.00	4.00	3.00
2010	1.00	2.00	8.00	12.00	8.00	10.00	16.00	8.00	15.00	14.00	6.00	7.00
2011	3.00	7.00	11.00	11.00	17.00	11.00	13.00	13.00	10.00	5.00	10.00	8.00
2012	1.00	5.00	20.00	11.00	16.00	10.00	18.00	10.00	10.00	12.00	3.00	4.00
2013	1.00	5.00	11.00	11.00	16.00	14.00	14.00	12.00	12.00	7.00	7.00	4.00
2014	2.00	3.00	1.00	15.00	7.00	18.00	19.00	12.00	9.00	11.00	10.00	8.00
2015	7.00	9.00	9.00	15.00	17.00	22.00	20.00	15.00	12.00	9.00	14.00	7.00
2016	1.00	4.00	5.00	12.00	13.00	16.00	18.00	16.00	14.00	6.00	11.00	7.00
2017	6.00	1.00	15.00	15.00	23.00	22.00	26.00	23.00	11.00	9.00	8.00	7.00
2018	11.00	6.00	17.00	27.00	25.00	19.00	24.00	25.00	20.00	19.00	14.00	6.00
2019	8.00	7.00	21.00	14.00	18.00	23.00	22.00	23.00	15.00	17.00	13.00	14.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Serie mensual de precipitación máxima en 24 horas estación Labateca

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990	20.00	11.00	19.00	28.00	22.00	30.00	50.00	36.00	15.00	20.00	18.00	10.00
1991	9.00	19.00	19.00	32.00	45.00	34.00	16.00	24.00	22.00	4.00	10.00	0.00
1992	0.00	5.00	10.00	15.00	27.00	50.00	45.00	22.00	50.00	16.00	15.00	3.00
1993	9.00	10.00	26.00	15.00	31.00	30.00	26.00	32.00	25.00	20.00	45.00	21.00
1994	11.00	16.00	27.00	35.00	27.00	20.00	39.00	20.00	25.00	12.00	15.00	0.00
1995	20.00	10.00	22.00	20.00	15.00	30.00	17.00	40.00	35.00	40.00	23.00	22.00
1996	4.00	22.00	25.00	23.00	46.00	40.00	36.00	31.00	30.00	61.00	15.00	0.00
1997	0.00	30.00	9.00	12.00	22.00	30.00	25.00	24.00	32.00	30.00	0.00	13.00
1998	5.00	40.00	20.00	22.00	27.00	42.00	30.00	25.00	32.00	24.00	40.00	10.00
1999	22.00	20.00	13.00	30.00	30.00	32.00	27.00	25.00	30.00	56.00	10.00	12.00
2000	23.00	12.00	15.00	28.00	15.00	22.00	30.00	19.00	22.00	20.00	33.00	27.00
2001	0.00	0.00	15.00	28.00	25.00	25.00	32.00	36.00	31.00	23.00	28.00	17.00
2002	40.00	0.00	29.00	22.00	31.00	25.00	39.00	16.00	16.00	13.00	7.00	12.00
2003	0.00	7.00	10.00	15.00	15.00	31.00	42.00	23.00	36.00	15.00	26.00	15.00
2004	0.00	0.00		36.00	40.00	34.00	30.00	34.00	49.00	24.00	25.00	7.00
2005	20.00	40.00	18.00	20.00	27.00	20.00	46.00	12.00	45.00	35.00	35.00	8.00
2006	43.00	10.00	25.00	20.00	23.00	22.00	37.00	15.00	37.00	19.00	5.00	8.00
2007	10.00	3.00	15.00	20.00	30.00	44.00	35.00	27.00	22.00	53.00	21.00	12.00
2008	10.00	10.00	15.00	48.00	40.00	26.00	28.00	23.00	21.00	27.00	47.00	5.00
2009	8.00	13.00	8.00	22.00	60.00	30.00	30.00	13.00	15.00	13.00	53.00	5.00
2010	3.00	17.00	17.00	25.00	38.00	30.00	35.00	15.00	37.00	22.00	20.00	42.00
2011	4.00	17.00	25.00	54.00	25.00	24.00	17.00	20.00	14.00	25.00	47.00	25.00
2012	0.30	8.00	15.00	37.00	18.00	25.00	19.00	56.00	27.00	44.00	10.00	15.00
2013	3.00	5.00	19.00	26.00	35.00	32.00	15.00	20.00	14.00	20.00	9.00	8.00
2014	10.00	3.00	10.00	37.00	18.00	15.00	15.00	18.00	12.00	33.00	27.00	12.00
2015	9.00	11.00	12.00	20.00	50.00	20.00	35.00	11.00	25.00	20.00	50.00	27.00
2016	5.00	10.00	27.00	60.00	16.00	40.00	13.00	30.00	25.00	15.00	21.00	22.00
2017	12.00	10.00	22.00	22.00	36.00	32.00	34.00	26.00	24.00	40.00	10.00	15.00
2018	29.00	5.00	38.00	38.00	28.00	36.00	36.00	20.00	29.00	40.00	26.00	5.00
2019	5.00	8.00	21.00	52.00	36.00	36.00	30.00	17.00	35.00	27.00	15.00	13.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Series mensuales de precipitación estación Labateca

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990	93.00	32.00	88.00	92.00	175.00	201.00	214.00	179.00	63.00	94.00	68.00	38.00
1991	9.00	47.00	58.00	86.00	107.00	135.00	101.00	129.00	70.00	18.00	14.00	0.00
1992	0.00	10.00	10.00	77.00	130.00	230.00	193.00	166.00	109.00	79.00	48.00	6.00
1993	30.00	10.00	111.00	37.00	122.00	180.00	114.00	96.00	109.00	62.00	98.00	29.00
1994	22.00	64.00	89.00	148.00	122.00	126.00	150.00	98.00	152.00	59.00	54.00	0.00
1995	40.00	20.00	52.00	83.00	64.00	146.00	77.00	198.00	129.00	173.00	25.00	22.00
1996	4.00	62.00	54.00	86.00	83.00	190.00	144.00	133.00	83.00	113.00	48.00	0.00
1997	0.00	52.00	9.00	36.00	116.00	103.00	128.00	77.00	41.00	88.00	0.00	13.00
1998	10.00	83.00	30.00	70.00	70.00	147.00	82.00	72.00	128.00	75.00	78.00	30.00
1999	27.00	58.00	27.00	99.00	51.00	177.00	94.00	119.00	102.00	119.00	42.00	30.00
2000	23.00	24.00	46.00	122.00	91.00	117.00	117.00	72.00	90.00	80.00	78.00	75.00
2001	0.00	0.00	41.00	81.00	74.00	89.00	100.00	103.00	137.00	63.00	28.00	36.00
2002	47.00	0.00	79.00	92.00	169.00	133.00	138.00	82.00	80.00	64.20	14.00	12.00
2003	0.00	19.00	31.00	64.00	86.00	110.00	149.00	89.00	98.00	86.00	70.00	15.00
2004	0.00	0.00		90.00	187.00	163.00	84.00	162.00	138.00	75.00	73.00	14.00
2005	55.00	40.00	33.00	106.00	130.00	149.00	114.00	61.00	195.00	121.00	114.00	18.00
2006	53.00	10.00	152.00	108.00	125.00	198.00	157.00	78.00	115.00	98.00	15.00	13.00
2007	10.00	5.00	57.00	51.00	107.00	182.00	108.00	148.00	83.00	160.00	67.00	27.00
2008	10.00	20.00	28.00	144.00	200.00	145.00	157.00	144.00	79.00	104.00	143.00	11.00
2009	24.00	43.00	29.00	122.00	139.00	183.00	178.00	57.00	88.00	41.00	120.00	13.00
2010	3.00	22.00	58.00	90.00	128.00	113.00	199.00	67.00	197.00	114.00	53.00	86.00
2011	10.00	41.00	83.00	160.00	154.00	95.80	103.00	113.00	82.00	55.00	145.00	48.00
2012	0.30	27.00	115.00	126.00	139.00	98.00	161.00	163.00	112.00	145.00	17.00	25.00
2013	3.00	18.00	76.00	83.00	157.00	160.00	107.00	142.00	107.00	49.00	34.00	19.00
2014	12.00	7.00	10.00	145.00	76.00	120.00	138.00	83.00	60.00	129.00	106.00	30.00
2015	32.00	47.00	51.00	160.00	214.00	159.00	182.00	76.00	119.00	71.00	135.00	61.00
2016	5.00	16.00	49.00	121.00	74.00	193.00	99.00	97.00	83.00	50.00	97.00	48.00
2017	38.00	10.00	127.00	118.00	261.00	291.00	269.00	205.00	82.00	67.00	51.00	46.00
2018	111.00	15.00	147.00	221.30	209.00	231.00	253.00	219.00	169.00	172.00	104.00	17.00
2019	22.00	33.00	141.00	131.00	194.00	264.00	164.00	172.00	118.00	120.00	97.00	80.00

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4.2.2 Método de correlación lineal. El método de correlación lineal es uno de los más comunes, se aplica para la estimación de datos mensuales y anuales de la estación en estudio. Para tal fin se requiere establecer una regresión y correlación lineal entre una estación patrón y la que más carezca de datos mediante la ecuación lineal. Es una herramienta estadística frecuentemente aplicada en hidrología para determinar valores faltantes y aumentar el registro de la estación a complementar, con base en la información disponible más cercana.

Entre más amplio sea el registro o serie de valores observados en la estación de referencia mayores serán las estimaciones estadísticas basadas en tales datos.

El empleo del método para el presente proyecto se basó en la correlación entre los años de la misma serie de precipitación de la Estación Labateca, se opta por hacerla de esta manera debido a que solo falta un dato en la serie de precipitación que corresponde al mes de marzo de 2004. Se correlaciona el año a complementar con respecto a los años restantes de la serie y dependiendo del resultado del factor de correlación, si $R < 0.5$ (Malo); si $0.5 < R < 0.8$ (Regular); si $0.8 < R < 0.9$ (Bueno); $0.9 < R < 1.00$ (Excelente) y $R=1$ (Perfecto), se elige el año que mejor correlación tenga para aplicar la regresión lineal y encontrar la expresión que refleja dicha relación. A continuación, se muestra el procedimiento para el año a complementar en la serie de precipitación máxima en 24 horas.

La serie de precipitación máxima en 24 horas corresponde al año 1990 a 2019, el año a complementar en este caso es el 2004, por lo tanto, se correlaciona este año con respecto al resto de años de la serie como se evidencia en la figura 4.

Figura 4. Esquema de años a complementar

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS ESTACIÓN LABATECA [37010010]												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	23.00	12.00	15.00	28.00	15.00	22.00	30.00	19.00	22.00	20.00	33.00	27.00
2001	0.00	0.00	15.00	28.00	25.00	25.00	32.00	36.00	31.00	23.00	28.00	17.00
2002	40.00	0.00	29.00	22.00	31.00	25.00	39.00	16.00	16.00	13.00	7.00	12.00
2003	0.00	7.00	10.00	15.00	15.00	31.00	42.00	23.00	36.00	15.00	26.00	15.00
2004	0.00	0.00		36.00	40.00	34.00	30.00	34.00	49.00	24.00	25.00	7.00
2005	20.00	40.00	18.00	20.00	27.00	20.00	46.00	12.00	45.00	35.00	35.00	8.00
2006	43.00	10.00	25.00	20.00	23.00	22.00	37.00	15.00	37.00	19.00	5.00	8.00
2007	10.00	3.00	15.00	20.00	30.00	44.00	35.00	27.00	22.00	53.00	21.00	12.00

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra la correlación del año 2004 con respecto a la serie de datos, la herramienta utilizada es la función COEF.DE.CORREL (matriz1; matriz2) de Excel.

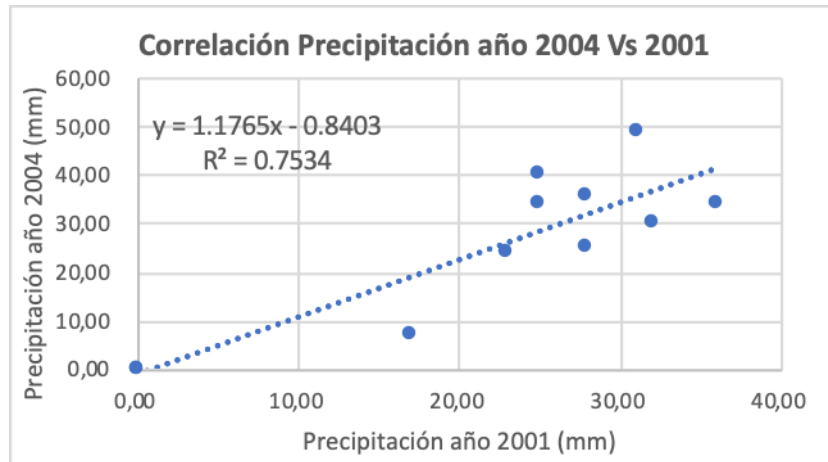
Tabla 13. Correlación año 2004 Vs años de la serie

AÑO A COMPLEMENTAR	AÑO GUÍA	COEF. DE CORRELA	EVALUACIÓN
2004	1990	0.41	MALO
2004	1991	0.61	REGULAR
2004	1992	0.79	REGULAR
2004	1993	0.53	REGULAR
2004	1994	0.60	REGULAR
2004	1995	0.44	MALO
2004	1996	0.56	REGULAR
2004	1997	0.41	MALO
2004	1998	0.39	MALO
2004	1999	0.39	MALO
2004	2000	0.15	MALO
2004	2001	0.87	BUENO
2004	2002	0.13	MALO
2004	2003	0.69	REGULAR
2004	2005	0.23	MALO
2004	2006	0.18	MALO
2004	2007	0.56	REGULAR
2004	2008	0.64	REGULAR
2004	2009	0.46	MALO
2004	2010	0.50	MALO
2004	2011	0.29	MALO
2004	2012	0.57	REGULAR
2004	2013	0.70	REGULAR
2004	2014	0.43	MALO
2004	2015	0.41	MALO
2004	2016	0.41	MALO
2004	2017	0.61	REGULAR
2004	2018	0.50	MALO
2004	2019	0.80	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior el año que mejor correlaciona con el año 2004 es el año 2001 por lo tanto se procede a realizar la gráfica que relaciona estos dos valores de precipitación máxima en 24 horas y generar la ecuación de la recta para realizar la complementación de vacíos del año 2004 donde x es el valor de la variable conocida.

Figura 5. Gráfico regresión lineal simple para el año 2004 vs 2001



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6 se muestra el procedimiento para complementar el mes de marzo de 2004 con el mes de marzo de 2001. Este procedimiento se realizó para los datos faltantes de las series de precipitación mensual multianual, número de días de lluvia y precipitación máxima en 24 horas.

Figura 6. Mes faltante complementado en la serie de precipitación máxima en 24 horas

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS ESTACIÓN LABATECA [37010010]												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1994	11.00	16.00	27.00	35.00	27.00	20.00	39.00	20.00	25.00	12.00	15.00	0.00
1995	20.00	10.00	22.00	20.00	15.00	30.00	17.00	40.00	35.00	40.00	23.00	22.00
1996	4.00	22.00	25.00	23.00	46.00	40.00	36.00	31.00	30.00	61.00	15.00	0.00
1997	0.00	30.00	9.00	12.00	22.00	30.00	25.00	24.00	32.00	30.00	0.00	13.00
1998	5.00	40.00	20.00	22.00	27.00	42.00	30.00	25.00	32.00	24.00	40.00	10.00
1999	22.00	20.00	13.00	30.00	30.00	32.00	27.00	25.00	30.00	56.00	10.00	12.00
2000	23.00	12.00	15.00	28.00	15.00	22.00	30.00	19.00	22.00	20.00	33.00	27.00
2001	0.00	0.00	15.00	28.00	25.00	25.00	32.00	36.00	31.00	23.00	28.00	17.00
2002	40.00	0.00	29.00	22.00	31.00	25.00	39.00	16.00	16.00	13.00	7.00	12.00
2003	0.00	7.00	10.00	15.00	15.00	21.00	42.00	23.00	36.00	15.00	26.00	15.00
2004	0.00	0.00	16.81	22.00	27.00	21.00	30.00	34.00	49.00	24.00	25.00	7.00
2005	20.00	40.00	18.00	20.00	27.00	20.00	46.00	12.00	45.00	35.00	35.00	8.00
2006	43.00	10.00	25.00	20.00	23.00	22.00	37.00	15.00	37.00	19.00	5.00	8.00
2007	10.00	3.00	15.00	20.00	30.00	44.00	35.00	27.00	22.00	53.00	21.00	12.00
2008	10.00	10.00	15.00	48.00	40.00	26.00	28.00	23.00	21.00	27.00	47.00	5.00

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4.2.3 Series completas. Se presentan las series complementadas siguiendo la metodología anteriormente descrita.

Tabla 14. Serie completa Número de días de lluvia estación Labateca

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990	8.00	5.00	10.00	8.00	15.00	17.00	14.00	17.00	6.00	8.00	10.00	6.00
1991	1.00	7.00	6.00	5.00	7.00	13.00	15.00	17.00	13.00	8.00	3.00	0.00
1992	0.00	2.00	1.00	8.00	11.00	15.00	17.00	15.00	7.00	10.00	7.00	2.00
1993	4.00	1.00	10.00	6.00	13.00	16.00	12.00	6.00	10.00	8.00	5.00	2.00
1994	2.00	6.00	7.00	9.00	10.00	12.00	10.00	10.00	10.00	7.00	6.00	0.00
1995	2.00	2.00	4.00	9.00	8.00	11.00	8.00	12.00	10.00	9.00	2.00	1.00
1996	1.00	6.00	6.00	8.00	7.00	13.00	11.00	7.00	5.00	5.00	5.00	0.00
1997	0.00	5.00	1.00	5.00	9.00	5.00	8.00	5.00	2.00	5.00	0.00	1.00
1998	2.00	4.00	2.00	4.00	6.00	8.00	5.00	4.00	6.00	8.00	4.00	3.00
1999	2.00	4.00	4.00	7.00	4.00	10.00	6.00	7.00	5.00	4.00	5.00	4.00
2000	1.00	2.00	5.00	8.00	9.00	12.00	9.00	7.00	6.00	7.00	4.00	4.00
2001	0.00	0.00	4.00	6.00	5.00	8.00	5.00	6.00	7.00	4.00	1.00	3.00
2002	2.00	0.00	7.00	9.00	12.00	16.00	11.00	11.00	7.00	6.00	2.00	1.00
2003	0.00	3.00	4.00	9.00	11.00	13.00	11.00	7.00	8.00	8.00	5.00	1.00
2004	0.00	0.00	8.79	6.00	16.00	12.00	6.00	15.00	9.00	8.00	5.00	3.00
2005	5.00	1.00	3.00	10.00	12.00	14.00	6.00	7.00	14.00	11.00	13.00	3.00
2006	3.00	1.00	14.00	10.00	13.00	19.00	11.00	10.00	6.00	8.00	3.00	2.00
2007	1.00	2.00	5.00	5.00	6.00	10.00	6.00	13.00	6.00	11.00	8.00	3.00
2008	1.00	2.00	3.00	9.00	13.00	14.00	14.00	11.00	8.00	10.00	14.00	3.00
2009	6.00	8.00	7.00	8.00	9.00	18.00	18.00	9.00	10.00	8.00	4.00	3.00
2010	1.00	2.00	8.00	12.00	8.00	10.00	16.00	8.00	15.00	14.00	6.00	7.00
2011	3.00	7.00	11.00	11.00	17.00	11.00	13.00	13.00	10.00	5.00	10.00	8.00
2012	1.00	5.00	20.00	11.00	16.00	10.00	18.00	10.00	10.00	12.00	3.00	4.00
2013	1.00	5.00	11.00	11.00	16.00	14.00	14.00	12.00	12.00	7.00	7.00	4.00
2014	2.00	3.00	1.00	15.00	7.00	18.00	19.00	12.00	9.00	11.00	10.00	8.00
2015	7.00	9.00	9.00	15.00	17.00	22.00	20.00	15.00	12.00	9.00	14.00	7.00
2016	1.00	4.00	5.00	12.00	13.00	16.00	18.00	16.00	14.00	6.00	11.00	7.00
2017	6.00	1.00	15.00	15.00	23.00	22.00	26.00	23.00	11.00	9.00	8.00	7.00
2018	11.00	6.00	17.00	27.00	25.00	19.00	24.00	25.00	20.00	19.00	14.00	6.00
2019	8.00	7.00	21.00	14.00	18.00	23.00	22.00	23.00	15.00	17.00	13.00	14.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Serie completa Precipitación máxima en 24 horas estación Labateca

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990	20.00	11.00	19.00	28.00	22.00	30.00	50.00	36.00	15.00	20.00	18.00	10.00
1991	9.00	19.00	19.00	32.00	45.00	34.00	16.00	24.00	22.00	4.00	10.00	0.00
1992	0.00	5.00	10.00	15.00	27.00	50.00	45.00	22.00	50.00	16.00	15.00	3.00
1993	9.00	10.00	26.00	15.00	31.00	30.00	26.00	32.00	25.00	20.00	45.00	21.00
1994	11.00	16.00	27.00	35.00	27.00	20.00	39.00	20.00	25.00	12.00	15.00	0.00
1995	20.00	10.00	22.00	20.00	15.00	30.00	17.00	40.00	35.00	40.00	23.00	22.00
1996	4.00	22.00	25.00	23.00	46.00	40.00	36.00	31.00	30.00	61.00	15.00	0.00
1997	0.00	30.00	9.00	12.00	22.00	30.00	25.00	24.00	32.00	30.00	0.00	13.00
1998	5.00	40.00	20.00	22.00	27.00	42.00	30.00	25.00	32.00	24.00	40.00	10.00
1999	22.00	20.00	13.00	30.00	30.00	32.00	27.00	25.00	30.00	56.00	10.00	12.00
2000	23.00	12.00	15.00	28.00	15.00	22.00	30.00	19.00	22.00	20.00	33.00	27.00
2001	0.00	0.00	15.00	28.00	25.00	25.00	32.00	36.00	31.00	23.00	28.00	17.00
2002	40.00	0.00	29.00	22.00	31.00	25.00	39.00	16.00	16.00	13.00	7.00	12.00
2003	0.00	7.00	10.00	15.00	15.00	31.00	42.00	23.00	36.00	15.00	26.00	15.00
2004	0.00	0.00	16.81	36.00	40.00	34.00	30.00	34.00	49.00	24.00	25.00	7.00
2005	20.00	40.00	18.00	20.00	27.00	20.00	46.00	12.00	45.00	35.00	35.00	8.00
2006	43.00	10.00	25.00	20.00	23.00	22.00	37.00	15.00	37.00	19.00	5.00	8.00
2007	10.00	3.00	15.00	20.00	30.00	44.00	35.00	27.00	22.00	53.00	21.00	12.00
2008	10.00	10.00	15.00	48.00	40.00	26.00	28.00	23.00	21.00	27.00	47.00	5.00
2009	8.00	13.00	8.00	22.00	60.00	30.00	30.00	13.00	15.00	13.00	53.00	5.00
2010	3.00	17.00	17.00	25.00	38.00	30.00	35.00	15.00	37.00	22.00	20.00	42.00
2011	4.00	17.00	25.00	54.00	25.00	24.00	17.00	20.00	14.00	25.00	47.00	25.00
2012	0.30	8.00	15.00	37.00	18.00	25.00	19.00	56.00	27.00	44.00	10.00	15.00
2013	3.00	5.00	19.00	26.00	35.00	32.00	15.00	20.00	14.00	20.00	9.00	8.00
2014	10.00	3.00	10.00	37.00	18.00	15.00	15.00	18.00	12.00	33.00	27.00	12.00
2015	9.00	11.00	12.00	20.00	50.00	20.00	35.00	11.00	25.00	20.00	50.00	27.00
2016	5.00	10.00	27.00	60.00	16.00	40.00	13.00	30.00	25.00	15.00	21.00	22.00
2017	12.00	10.00	22.00	22.00	36.00	32.00	34.00	26.00	24.00	40.00	10.00	15.00
2018	29.00	5.00	38.00	38.00	28.00	36.00	36.00	20.00	29.00	40.00	26.00	5.00
2019	5.00	8.00	21.00	52.00	36.00	36.00	30.00	17.00	35.00	27.00	15.00	13.00

Fuente: Elaboración propia.

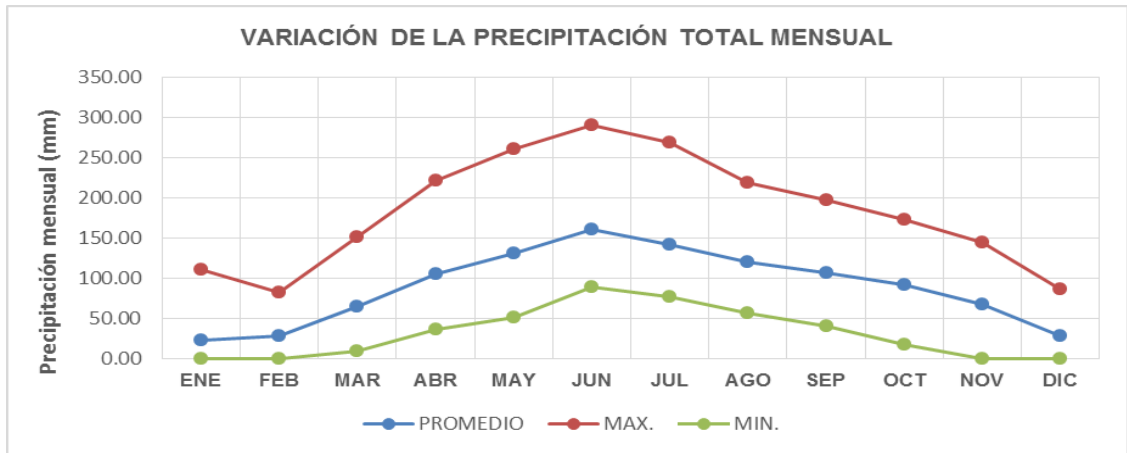
Tabla 16. Serie completa Precipitación mensual estación Labateca

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990	93.00	32.00	88.00	92.00	175.00	201.00	214.00	179.00	63.00	94.00	68.00	38.00
1991	9.00	47.00	58.00	86.00	107.00	135.00	101.00	129.00	70.00	18.00	14.00	0.00
1992	0.00	10.00	10.00	77.00	130.00	230.00	193.00	166.00	109.00	79.00	48.00	6.00
1993	30.00	10.00	111.00	37.00	122.00	180.00	114.00	96.00	109.00	62.00	98.00	29.00
1994	22.00	64.00	89.00	148.00	122.00	126.00	150.00	98.00	152.00	59.00	54.00	0.00
1995	40.00	20.00	52.00	83.00	64.00	146.00	77.00	198.00	129.00	173.00	25.00	22.00
1996	4.00	62.00	54.00	86.00	83.00	190.00	144.00	133.00	83.00	113.00	48.00	0.00
1997	0.00	52.00	9.00	36.00	116.00	103.00	128.00	77.00	41.00	88.00	0.00	13.00
1998	10.00	83.00	30.00	70.00	70.00	147.00	82.00	72.00	128.00	75.00	78.00	30.00
1999	27.00	58.00	27.00	99.00	51.00	177.00	94.00	119.00	102.00	119.00	42.00	30.00
2000	23.00	24.00	46.00	122.00	91.00	117.00	117.00	72.00	90.00	80.00	78.00	75.00
2001	0.00	0.00	41.00	81.00	74.00	89.00	100.00	103.00	137.00	63.00	28.00	36.00
2002	47.00	0.00	79.00	92.00	169.00	133.00	138.00	82.00	80.00	64.20	14.00	12.00
2003	0.00	19.00	31.00	64.00	86.00	110.00	149.00	89.00	98.00	86.00	70.00	15.00
2004	0.00	0.00	85.38	90.00	187.00	163.00	84.00	162.00	138.00	75.00	73.00	14.00
2005	55.00	40.00	33.00	106.00	130.00	149.00	114.00	61.00	195.00	121.00	114.00	18.00
2006	53.00	10.00	152.00	108.00	125.00	198.00	157.00	78.00	115.00	98.00	15.00	13.00
2007	10.00	5.00	57.00	51.00	107.00	182.00	108.00	148.00	83.00	160.00	67.00	27.00
2008	10.00	20.00	28.00	144.00	200.00	145.00	157.00	144.00	79.00	104.00	143.00	11.00
2009	24.00	43.00	29.00	122.00	139.00	183.00	178.00	57.00	88.00	41.00	120.00	13.00
2010	3.00	22.00	58.00	90.00	128.00	113.00	199.00	67.00	197.00	114.00	53.00	86.00
2011	10.00	41.00	83.00	160.00	154.00	95.80	103.00	113.00	82.00	55.00	145.00	48.00
2012	0.30	27.00	115.00	126.00	139.00	98.00	161.00	163.00	112.00	145.00	17.00	25.00
2013	3.00	18.00	76.00	83.00	157.00	160.00	107.00	142.00	107.00	49.00	34.00	19.00
2014	12.00	7.00	10.00	145.00	76.00	120.00	138.00	83.00	60.00	129.00	106.00	30.00
2015	32.00	47.00	51.00	160.00	214.00	159.00	182.00	76.00	119.00	71.00	135.00	61.00
2016	5.00	16.00	49.00	121.00	74.00	193.00	99.00	97.00	83.00	50.00	97.00	48.00
2017	38.00	10.00	127.00	118.00	261.00	291.00	269.00	205.00	82.00	67.00	51.00	46.00
2018	111.00	15.00	147.00	221.30	209.00	231.00	253.00	219.00	169.00	172.00	104.00	17.00
2019	22.00	33.00	141.00	131.00	194.00	264.00	164.00	172.00	118.00	120.00	97.00	80.00

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5 Variación climatológica. En la figura 7 se muestra la precipitación mensual registrada en la estación Labateca mediante las curvas de valores máximos, mínimos y medios de esta variable. El valor medio mensual multianual es de 160.96 mm/mes, registrando el mes de junio como el mas lluvioso. De igual forma se observa que el mes de junio se encuentra dentro de los mayores valores de precipitación en la curva de máximos y mínimos.

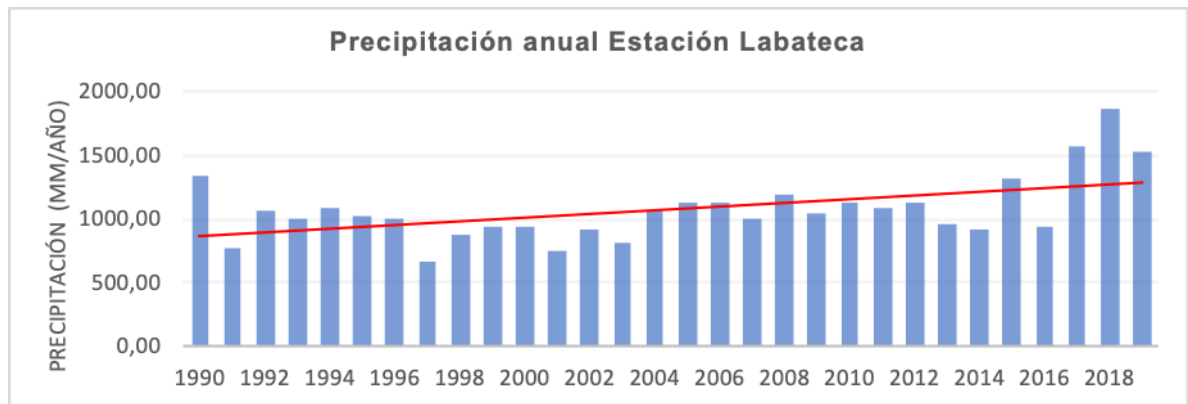
Figura 7. Variabilidad de la precipitación mensual de la estación Labateca



Fuente: Elaboración propia.

La figura 8 muestra la serie de tiempo de la precipitación anual en la estación Labateca, donde se tiene un promedio multianual de 1072.03 mm/año. En la misma figura aparece la línea de tendencia de los datos (línea roja) con inclinación ascendente de pendiente (± 21.05 mm/año) sugiriendo que se esperan aumentos en la variabilidad de la precipitación anual, consistente con el fenómeno del calentamiento global

Figura 8. Precipitación anual de la estación Labateca

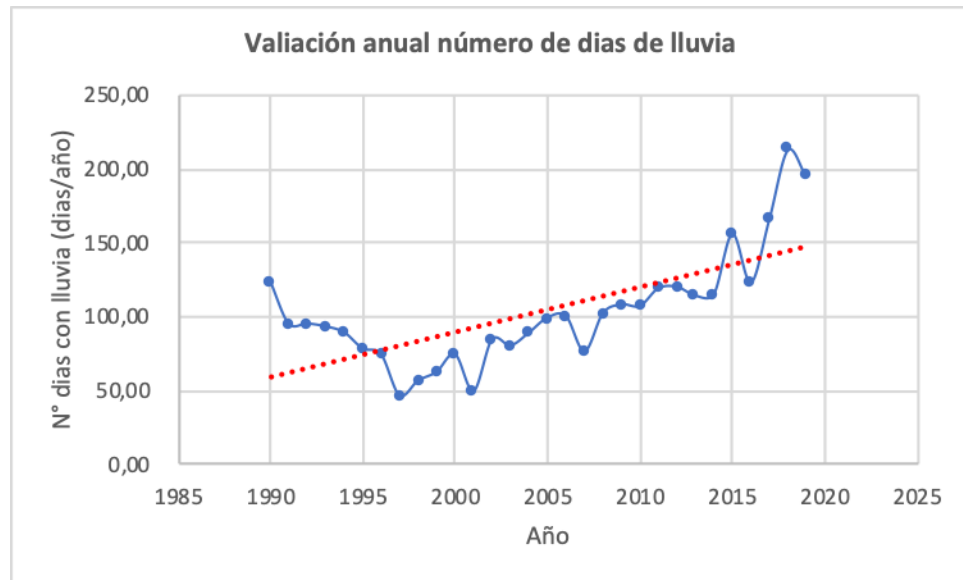


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9 se presenta la serie de tiempo para un número de días con precipitación al año, donde se evidencia una clara tendencia al aumento de esta

variable con un valor medio de casi 3 días mas de lluvia por año.

Figura 9. Serie de tiempo número de días con precipitación al año en la estación Labateca



Fuente: Elaboración propia.

3.1.6 Análisis estadístico de los datos hidrológicos. La estadística hidrológica analiza los datos obtenidos en forma de muestras, con el fin de deducir las características en las que puede ser esperado un evento en el futuro. En este estudio aplicaremos cinco distribuciones continuas (Normal, Log normal, Gumbel, Log Gumbel y Log Pearson tipo III) a la serie de valores máximos en 24 horas de precipitación mostrados en la tabla 17, con el fin de determinar la precipitación asociada a 2.33, 10, 20, 50, 100 y 500 años de periodo de retorno.

En el Anexo 1 del presente informe se adjuntan las tablas resultantes de cada una de las distribuciones de probabilidad analizadas.

Tabla 17. Serie anual de precipitación máxima en 24 horas. Estación Labateca

N°	AÑO	Precipitación máxima en 24 horas
1	1990	50.00
2	1991	45.00
3	1992	50.00
4	1993	45.00
5	1994	39.00
6	1995	40.00
7	1996	61.00
8	1997	32.00
9	1998	42.00
10	1999	56.00
11	2000	33.00
12	2001	36.00
13	2002	40.00
14	2003	42.00
15	2004	49.00
16	2005	46.00
17	2006	43.00
18	2007	53.00
19	2008	48.00
20	2009	60.00
21	2010	42.00
22	2011	54.00
23	2012	56.00
24	2013	35.00
25	2014	37.00
26	2015	50.00
27	2016	60.00
28	2017	40.00
29	2018	40.00
30	2019	52.00
Numero de datos n		30
Media X		45.87
Desv. Estándar s		8.19
Coef. Asimetría Cs		0.24

Fuente: Elaboración propia.

3.1.6.1 Análisis de factores de frecuencia. El análisis de frecuencias es utilizado para determinar la probabilidad de ocurrencia de eventos, este método requiere que los datos sean homogéneos e independientes, es decir que los registros provengan de la misma población, y que en un evento hidrológico como una tormenta que pueda producir varios picos de escorrentía, solo el de mayor magnitud sea tomado para el conjunto de datos.

En el análisis de factores de frecuencia se determinan los parámetros estadísticos requeridos para las distribuciones de probabilidad propuestas, y determinar la magnitud de un evento para los diferentes periodos de retorno.

Se requiere conocer la oscilación de la variable con respecto a la medida para obtener la dimensión de eventos extremos de precipitación, cuando la distribución de probabilidad no es una función fácilmente invertible. Es posible determinar esta variación a partir de factor de frecuencia **KT**:

$$x_T = \mu + k_T \sigma \quad (1)$$

También se puede expresar como:

$$x_T = \bar{x} + k_T \sigma$$

En la situación en que una variable analizada sea:

$$y = \log x$$

Se aplica el mismo método para los logaritmos de los datos, utilizando:

$$Y_T = \bar{y} + k_T \sigma_y$$

El valor requerido de X_T , se encuentra tomando el antilogaritmo de Y_T

La ecuación propuesta por Chow⁴⁸, de factores de frecuencia (1), se aplica a diversas distribuciones de probabilidad usadas en el análisis de frecuencia hidrológica.

Las tablas resultantes de los factores de probabilidad de las distribuciones Normal, Log normal, Gumbel, Log Gumbel y Log Pearson tipo III están consignadas en el Anexo 2 de este informe para que puedan ser estudiadas. En la tabla 18 se muestra en resumen las precipitaciones máximas de la estación Labateca para los

⁴⁸ CHOW, T., MAIDMENT, R., MAYS, W., SALDARRIAGA, J. y SANTOS, G. Hidrología aplicada. Bogotá: McGraw-Hill; 1951.

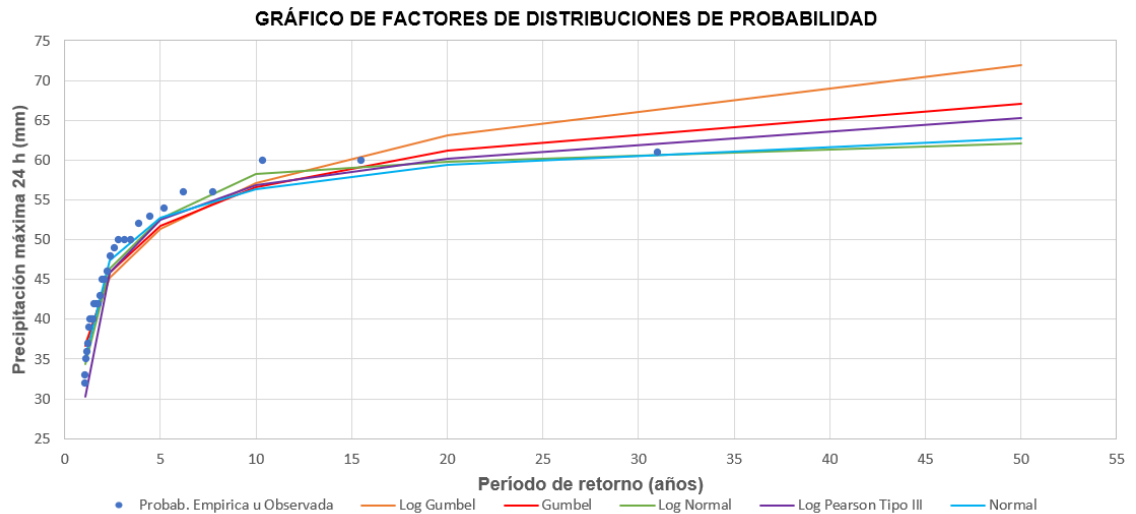
periodos de retorno de 2.33, 10, 20, 50, 100 y 500 años.

Tabla 18. Resultados de los ajustes de los registros a las distribuciones de probabilidad

Tr	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Gumbel	Log Pearson Tipo III
Años	(mm/día)	(mm/día)	(mm/día)	(mm/día)	(mm/día)
2.33	47.33	46.350	45.88	45.17	45.91
10	56.36	58.243	56.55	57.09	56.85
20	59.34	59.741	61.15	63.14	60.13
50	62.69	62.076	67.10	71.94	65.31
100	64.92	65.983	71.56	79.33	68.58
500	69.44	69.259	81.86	99.44	71.73

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Gráfico de factores de frecuencia para las distribuciones de probabilidad



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 10 se representa mediante un gráfico el comportamiento de los datos de precipitación máxima determinada por las distribuciones de probabilidad para los diferentes periodos de retorno (líneas continuas de diversos colores) con respecto a la probabilidad empírica u observada que corresponde a la tomada directamente de los datos registrados (consecución de puntos azules), la

probabilidad observada fue obtenida como se representa en la tabla 19.

En la figura 10 se observa que la distribución que menos se ajusta es la de Log Gumbel debido a que se aleja de los datos observados, las distribuciones que mejor se ajustan son Gumbel, Log Normal, Normal y Log Pearson tipo III. Por lo anterior se debe seleccionar la distribución de probabilidad que mejor se ajuste al comportamiento de los datos históricos por medio de una prueba de bondad y ajuste a cada distribución.

Tabla 19. Tr determinado para los datos de precipitación máximas en 24 horas registrados

Prec. Max. 24h Estación Labateca	m	Probab. Empírica u Observada	Tr
61.00	1	0.03	31.00
60.00	2	0.06	15.50
60.00	3	0.10	10.33
56.00	4	0.13	7.75
56.00	5	0.16	6.20
54.00	6	0.19	5.17
53.00	7	0.23	4.43
52.00	8	0.26	3.88
50.00	9	0.29	3.44
50.00	10	0.32	3.10
50.00	11	0.35	2.82
49.00	12	0.39	2.58
48.00	13	0.42	2.38
46.00	14	0.45	2.21
45.00	15	0.48	2.07
45.00	16	0.52	1.94
43.00	17	0.55	1.82
42.00	18	0.58	1.72
42.00	19	0.61	1.63
42.00	20	0.65	1.55
40.00	21	0.68	1.48
40.00	22	0.71	1.41
40.00	23	0.74	1.35
40.00	24	0.77	1.29
39.00	25	0.81	1.24
37.00	26	0.84	1.19
36.00	27	0.87	1.15
35.00	28	0.90	1.11
33.00	29	0.94	1.07
32.00	30	0.97	1.03

Fuente: Elaboración propia.

P = Probabilidad Empírica u observada

$$P = \frac{m}{N + 1}$$

Tr = Período de retorno

$$Tr = \frac{1}{P}$$

m = Número de orden

N = Número de datos

3.1.6.2 Prueba de bondad de ajuste. Se verifica gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una determinada función de probabilidades teóricas, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales.

Las pruebas estadísticas se aplican con el fin de cuantificar la certidumbre que se obtiene al realizar una hipótesis estadística sobre una muestra, en otras palabras, evaluar el hecho de suponer que una variable aleatoria se distribuya a determinada función de probabilidad.

Las mas utilizadas son Chi – Cuadrado y Smirnov – Kolmogorov

Para el presente estudio, se verifica cual distribución de probabilidad se ajusta mejor a los registros medidos en la estación Labateca, mediante la prueba de Smirnov – Kolmogorov.

Prueba Smirnov - Kolmogorov

Se realiza una comparación entre la diferencia de la probabilidad teórica y la probabilidad empírica de los datos de la muestra, tomando el mayor valor absoluto, es decir:

$$\Delta = \max[F(x) - P(x)]$$

Donde:

Δ = estadístico de Smirnov-Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima que exista entre la probabilidad empírica y la probabilidad teórica

$F(x)$ = probabilidad de la distribución teórica

$P(x)$ = probabilidad empírica de los datos, llamada también frecuencia acumulada.

Para aplicar el método es necesario determinar un Δ_0 (Delta tabular) que se obtiene a partir de la información de la tabla 20, con el tamaño de la muestra y un nivel de significancia designado. Para el caso de nuestro proyecto el delta tabular es de 0.240 para un tamaño de la muestra es de 30 y un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 20. Valores críticos Δ_0 del estadístico Smirnov-Kolmogorov, para varios valores de N y nivel de significancia

Tamaño muestral N	Nivel de significacion α				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.20	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
$N > 35$	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Fuente: Elaboración propia.

Si $\Delta < \Delta_0$ el ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado.

Si $\Delta > \Delta_0$ el ajuste no es bueno, al nivel de significación seleccionado, es necesario probar con otra distribución.

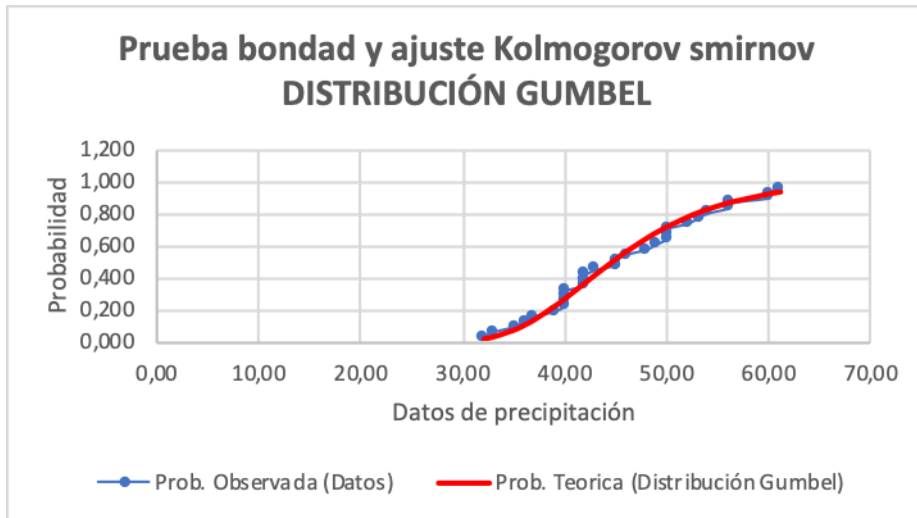
En el Anexo 2 se puede encontrar la gráfica de Smirnov-Kolmogorov aplicada para cada una de las distribuciones de probabilidad, donde se muestra la máxima diferencia entre el Δ estadístico Kolmogorov y el Δ_0 (Delta tabular). En la tabla 21 se muestran los valores máximos obtenidos, donde se observa que la menor diferencia es la distribución Gumbel, por lo tanto, es la distribución que mejor se ajusta.

Tabla 21. Valores Δ (Delta estadístico Kolmogorov) para distribuciones aplicadas a los registros de la estación Labateca.

Δ (Delta estadístico Kolmogorov)	
Distribución Normal	0.101
Distribución Log-Normal	0.076
Gumbel	0.071
Log-Gumbel	0.118
Log Person Tipo III	0.079
Mínimo correspondiente a Gumbel	0.071

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Gráfico prueba de Kolmogorov para distribución Gumbel



Fuente: Elaboración propia.

3.1.7 Análisis de tormentas de diseño. En la definición de tormentas de diseño para diferentes periodos de retorno se siguió la metodología de Bloques alternos apoyada en la determinación de la Curva I-D-F sintética según la metodología propuesta por Vargas y Díaz-Granados (1998). La propuesta de Vargas y Diaz – Granados formula un modelo matemático que se fundamenta en tres variables climáticas,

$$I = \frac{a(T)^b}{(t)^c} (M)^d (N)^e (PT)^f$$

Donde;

I: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora [mm/h].

T: Periodo de retorno [años].

M: Promedio del valor anual máximo de precipitación [mm]

t: Duración de la tormenta [h].

N: Promedio del número de días con lluvia al año (días)

P: Precipitación media anual [mm]

Los parámetros a, b, c, d, e y f dependen de la región de Colombia propuesta por los autores. Para el caso del presente estudio se tienen los valores que se muestran en la tabla 22.

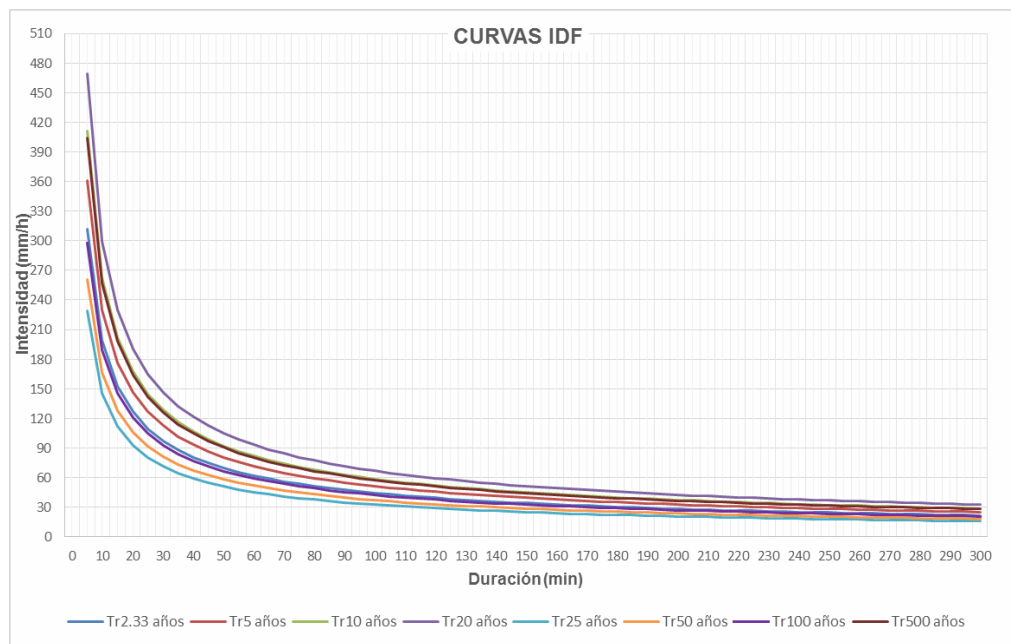
Tabla 22. Parámetros para estimar las curvas IDF en la zona de estudio

Región	M (mm)	N (días)	P (mm)	a	b	c	d	e	f
Andina R1	45.87	105.00	1072.03	1.61	0.19	0.65	0.75	-0.15	0.08

Fuente: Elaboración propia.

Con la implementación del modelo Vargas- Diaz Granados se generaron las Curvas IDF para el sector de estudio como se muestra en la figura 12 y en la tabla 23 se presenta un resumen de los datos obtenidos.

Figura 12. Estación Labateca – Curvas IDF



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Estación Labateca Valores de Intensidad – Duración - Frecuencia

Tr	Intensidad (mm/h)										
	Duración (min)										
	10	20	30	40	50	60	80	100	120	240	300
2.33	92.85	59.17	45.46	37.71	32.62	28.97	24.03	20.79	18.46	11.77	10.18
5	107.35	68.41	52.56	43.6	37.71	33.5	27.78	24.03	21.35	13.6	11.77
10	122.46	78.04	59.96	49.73	43.02	38.21	31.69	27.41	24.35	15.52	13.42
20	139.7	89.02	68.4	56.73	49.07	43.59	36.16	31.27	27.78	17.7	15.31
25	145.75	92.88	71.36	59.19	51.2	45.48	37.72	32.63	28.98	18.47	15.98
50	166.26	105.95	81.41	67.52	58.41	51.88	43.03	37.22	33.06	21.07	18.22
100	189.66	120.87	92.87	77.03	66.63	59.18	49.09	42.46	37.72	24.04	20.79
500	257.51	164.1	126.08	104.58	90.46	80.35	66.65	57.65	51.21	32.63	28.23

Fuente: Elaboración propia.

3.1.7.1 Distribución temporal de la precipitación por el método de bloques alternos. Los hietogramas de precipitación son el ordenamiento de la precipitación de diseño durante su duración del aguacero y en el periodo de diseño analizado. Para la aplicación de modelos - lluvia escorrentía es necesario calcular los hietogramas de precipitación.

Para este estudio se utilizará el método de bloques alternos, el cual es una forma simplificada para desarrollar un hietograma utilizando las curvas IDF. El hietograma de este método establece la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt sobre una duración total de T_d . Los bloques se ordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración de diseño y los demás bloques quedan ordenados descendente alternativamente hacia la izquierda y la derecha.

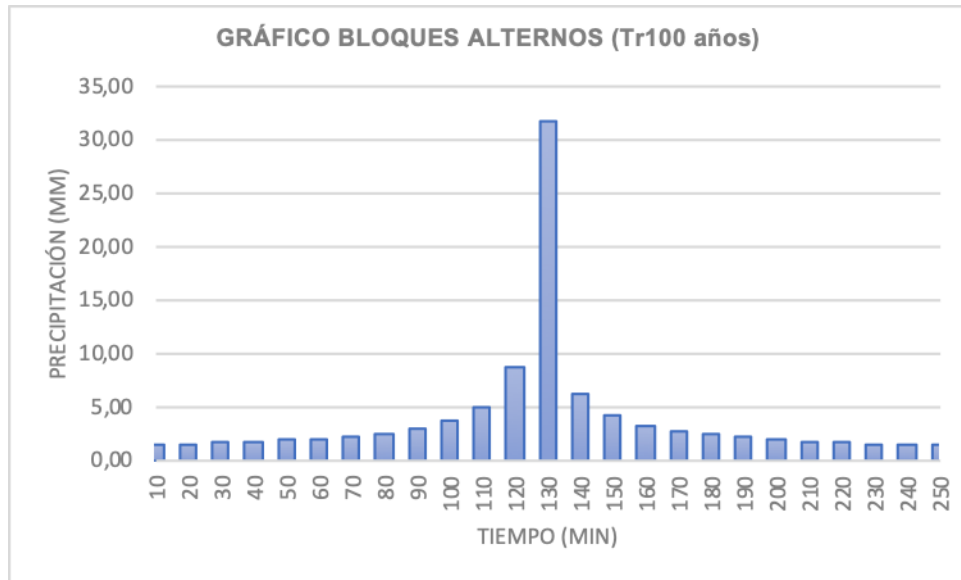
En la tabla 24 se muestra la distribución del hietograma de precipitación de diseño para un período de retorno de 100 años en intervalos de 10 minutos durante 250m minutos de duración.

Tabla 24. Hietograma de diseño Tr100 años Duración 250minutos. Estación Labateca

Orden	Tiempo (min)	Intensidad (mm/h)	P(mm)	Prec. Efectiva del intervalo	Orden	Organizado para SCS
	0		0.00	0.00		
1	10	189.66	31.61	31.61	24	1.42
2	20	120.87	40.29	8.68	22	1.51
3	30	92.87	46.43	6.14	20	1.60
4	40	77.03	51.35	4.92	18	1.72
5	50	66.63	55.52	4.17	16	1.86
6	60	59.18	59.18	3.66	14	2.04
7	70	53.54	62.46	3.28	12	2.26
8	80	49.09	65.45	2.99	10	2.56
9	90	45.47	68.21	2.75	8	2.99
10	100	42.46	70.77	2.56	6	3.66
11	110	39.91	73.17	2.40	4	4.92
12	120	37.72	75.43	2.26	2	8.68
13	130	35.80	77.57	2.14	1	31.61
14	140	34.12	79.61	2.04	3	6.14
15	150	32.62	81.56	1.95	5	4.17
16	160	31.28	83.42	1.86	7	3.28
17	170	30.07	85.21	1.79	9	2.75
18	180	28.98	86.93	1.72	11	2.40
19	190	27.98	88.59	1.66	13	2.14
20	200	27.06	90.20	1.60	15	1.95
21	210	26.21	91.75	1.55	17	1.79
22	220	25.43	93.26	1.51	19	1.66
23	230	24.71	94.72	1.46	21	1.55
24	240	24.04	96.14	1.42	23	1.46
25	250	23.41	97.52	1.38	25	1.38

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Hietograma de precipitación periodo de retorno 100 años



Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 3 se pueden encontrar los hietogramas de diseño para los periodos de retorno de 2.33, 10, 20, 50, 100 y 500.

3.1.7.2 Determinación número de curva. El valor del número de curva se determinó teniendo en cuenta el uso y tratamiento del suelo, el grupo hidrológico del suelo, y las condiciones antecedentes de humedad.

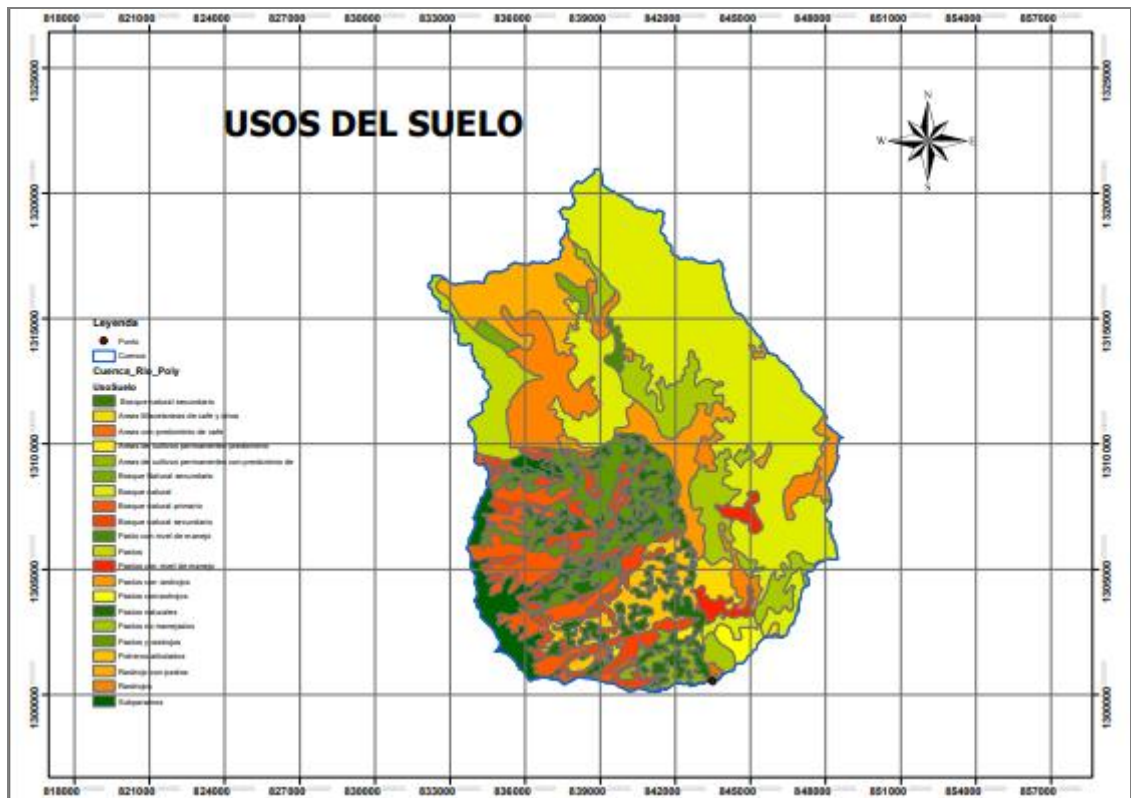
De la base de datos del IGAC se descargó una capa de la litología del suelo del Departamento de Norte de Santander y por medio del software ArcGis se obtuvo para la cuenca de estudio que se presentan suelos con alto contenido de arenisca, clasificándola en el grupo C, según el grupo hidrológico del suelo.

Posteriormente, con los planos de uso de suelo de los municipios de Toledo y Labateca suministrados por la Gobernación del Departamento de Norte de Santander, se obtuvieron el tipo de cobertura presente en la cuenca y su correspondiente área.

Finalmente, para calcular el valor del número de curva de la cuenca, se asignó el

número de curva a los diferentes usos del suelo de acuerdo con la tabla Chow⁴⁹, que fueron ponderados por su % de área, estimando un CN promedio para condiciones de humedad antecedentes media (AMC II) de 76.067, ver tabla 26.

Figura 14. Usos de suelo cuenca del rio Culagá



Fuente: Elaboración propia.

⁴⁹ CHOW, T. "Handbook of Applied Hydrology". Bogotá: McGraw Hill Book Company: 1992.

Tabla 25. Numero de curva de escorrentía para usos selectos de tierra, agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2S$)

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ :	sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
	con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales:	condiciones pobres	68	79	86	89
	condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques:	troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
	cubierta buena ²	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
	condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial ³ :					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵		98	98	98	98
grava		76	85	89	91
tierra		72	82	87	89

1 Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap. 9
2 Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.
3 Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.
4 Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.
5 En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

Fuente: CHOW, T., MAIDMENT, R., MAYS, W., SALDARRIAGA, J. y SANTOS, G. Hidrología aplicada. Bogotá: McGraw-Hill; 1992.

Tabla 26. Número de curva total para la cuenca del Rio Culagá

USO DE SUELO	CN	Area KM ²	%Area	CN Ponderado
Pastos	74	7.97	3.59%	2.66
Bosque natural	70	70.52	31.81%	22.26
Bosque natural primario	70	13.21	5.96%	4.17
Bosque natural secundario	77	15.22	6.86%	5.28
Potreros arbolados	77	8.04	3.63%	2.79
Subparamos	77	7.23	3.26%	2.51
Areas con predominio de cafe	78	0.22	0.10%	0.08
Areas de cultivos permanenten predominio de café caña platano y naranja	78	3.67	1.66%	1.29
Areas Miscelaneas de cafe y otros	78	2.49	1.12%	0.88
Pasto con nivel de manejo	74	3.73	1.68%	1.24
Pastos naturales	74	15.89	7.17%	5.30
Pastos no manejados	74	17.17	7.74%	5.73
Pastos con rastrojos	86	11.68	5.27%	4.53
Pastos y rastrojos	86	15.76	7.11%	6.11
Rastrojo con pastos	86	12.57	5.67%	4.87
Rastrojos	86	16.35	7.37%	6.34
TOTAL		221.72	100.00%	76.067

Fuente: Elaboración propia.

Para las condiciones de humedad antecedentes secas (AMC I) y húmedas (AMC III) se tiene un número de curva de 57.17 y 87.97, respectivamente. Estos valores fueron obtenidos por medio de las siguientes ecuaciones Chow⁵⁰:

$$CN(I) = \frac{4,2 \cdot CN(II)}{10 - 0,058 \cdot CN(II)} \quad ; \quad CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0,13 \cdot CN(II)}$$

Cabe resaltar que, considerando las características climatológicas de la región, se realiza el presente proyecto con las condiciones de humedad antecedentes media (AMC II).

3.1.8 Caudales característicos. De las múltiples metodologías para determinar caudales característicos, en función de la información disponible en el presente estudio y las características del área de drenaje, se determinaron los caudales característicos mediante el proceso de convolución del Hidrograma Unitario, siguiendo la propuesta del Soil Conservation Service (SCS) de los Estados Unidos.

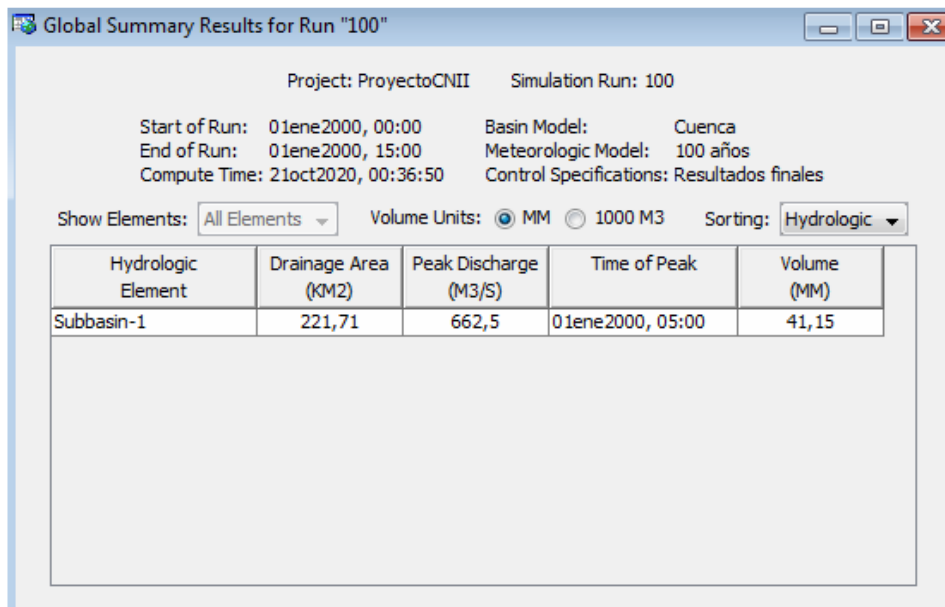
⁵⁰ CHOW. 1992. Op. Ci. p.152.

El análisis numérico se implementó en el software HEC-HMS, donde el forzamiento climático corresponde a hietogramas de cada período de retorno y los parámetros fundamentales fueron estimados con los siguientes datos:

- Número de curva CN= 76.06
- Tiempo de rezago T_{Lag}= 150 min
- Tiempo de concentración T_c= 250 min

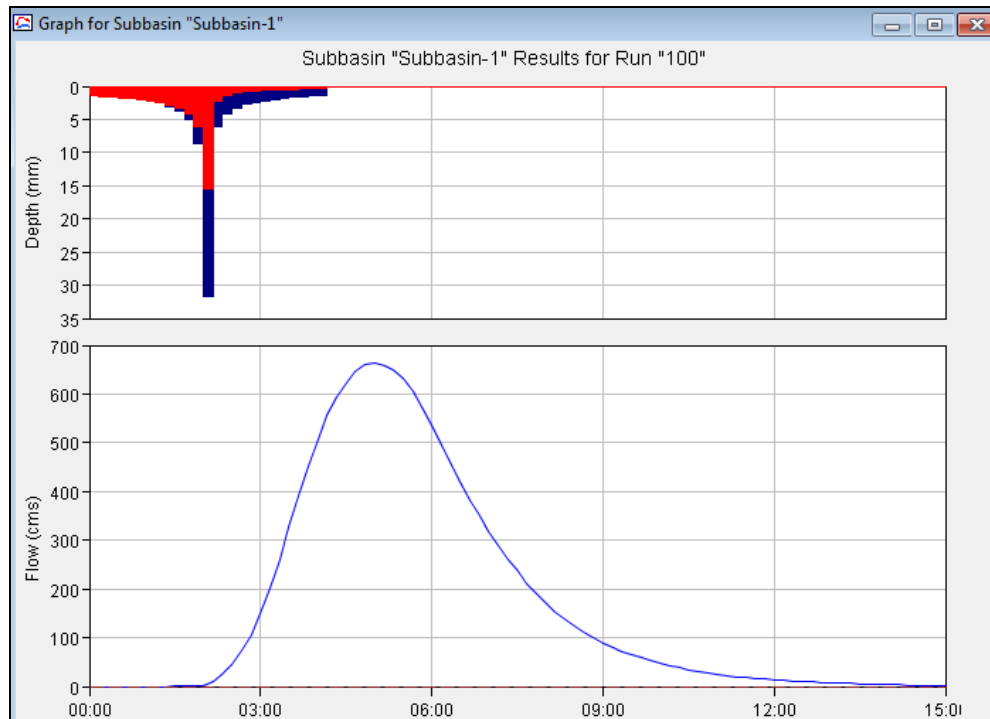
La figura 16 presenta un detalle de la salida gráfica del HEC-HMS sobre la simulación de para la tormenta con período de retorno de 100 años. En la parte superior aparecen los hietogramas de la tormenta (azul oscuro) y de la abstracción (rojo), y en la parte inferior aparece el resultado de la convolución de los hidrogramas unitarios en el punto de salida, con caudal pico 662.50 m³/s que ocurre a las 5 horas luego de iniciada la tormenta como se evidencia en la figura 15.

Figura 15. Resultados HEC-HMS para tormenta Tr=100 años



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Salida gráfica del HEC-HMS para tormenta de Tr= 100años



Fuente: Elaboración propia.

La tabla 27 presenta los resultados de los caudales máximos esperados para cada uno de los períodos de retornos considerados para este proyecto.

Tabla 27. Caudales característicos para el río Culagá en el sector Punte

CAUDALES MÁXIMOS		
Tr 2.33	144.40	m ³ /s
Tr 10	278.60	m ³ /s
Tr 20	368.10	m ³ /s
Tr 50	520.00	m ³ /s
Tr 100	662.50	m ³ /s
Tr 500	1112.40	m ³ /s

Fuente: Elaboración propia.

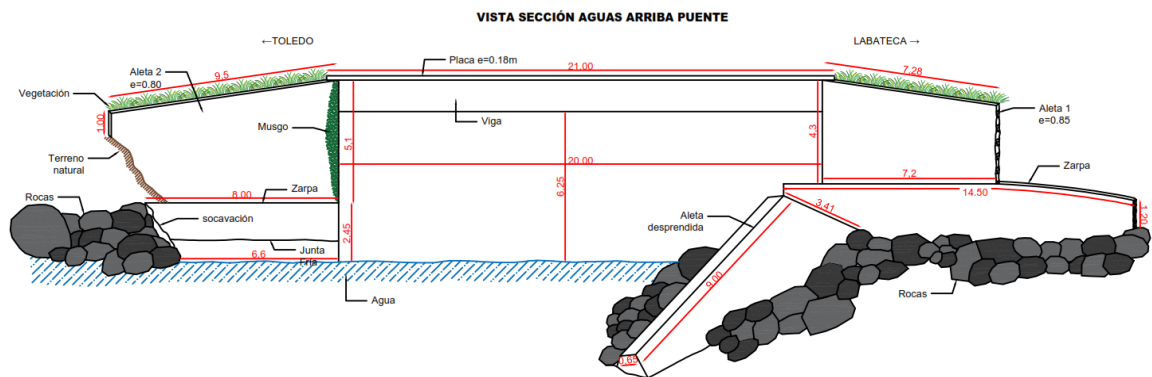
3.2 MODELACIÓN HIDRÁULICA CONDICIÓN ACTUAL

Para el modelo de simulación hidráulica se utilizará el software HEC-RAS 4.1 (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System), el cual está diseñado para hacer análisis hidráulicos unidimensionales para una red de canales naturales y artificiales.

En este estudio se utilizará el módulo de flujo permanente, a continuación, se presenta las condiciones actuales de la zona de estudio, así como la información incorporada al modelo hidráulico con HEC-RAS.

3.2.1 Situación actual del sector en estudio. En el paso sobre el río Culagá en la abscisa PR2+500 de la vía que conduce de Toledo a Labateca, actualmente existe un puente en concreto 6.50m de ancho y 21m de longitud, la sección hidráulica es de 20m x 6.25 como se observa en la figura 17.

Figura 17. Vista sección aguas arriba puente río Culagá



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran algunas fotografías de las condiciones actuales del puente, donde se observa en la figura 18 una de las mayores problemáticas presentadas en el sector que consiste en el desprendimiento de una de las aletas del puente ubicada en la margen derecha, aguas arriba del puente, producto de una creciente (se desconoce la fecha de la ocurrencia). Luego de este evento la alcaldía del municipio de Toledo decidió realizar una intervención al este estribo del puente, haciendo un reforzamiento de la estructura, esta información fue suministrada por los residentes del sector.

Figura 18. Fotografía sección puente (Aguas arriba)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Fotografía vista aguas arriba



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Fotografía vista aguas abajo



Fuente: Elaboración propia.

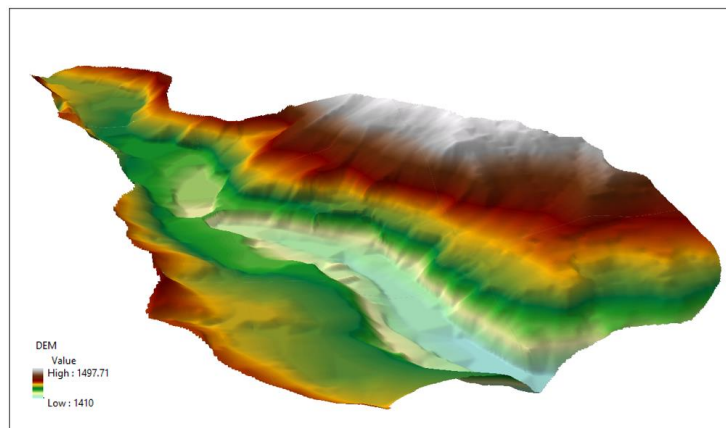
Figura 21. Fotografía vista superior tablero del puente



Fuente: Elaboración propia.

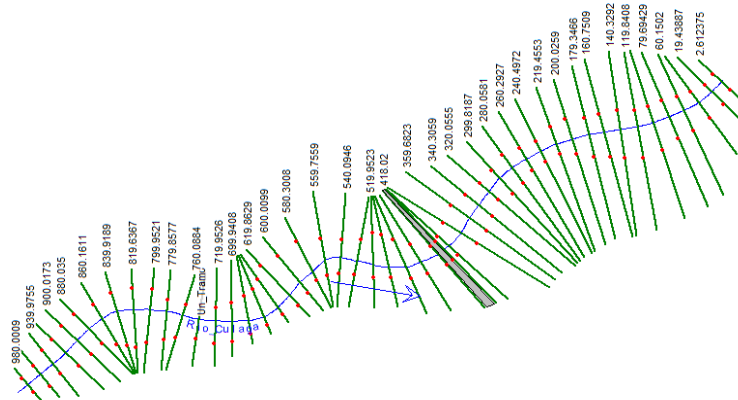
3.2.2 Levantamiento topo-batimétrico. El levantamiento de la información de campo del sector fue suministrado por la Gobernación de Norte de Santander, el esquema mostrado en la figura 22 es el empalme de la topografía y la batimetría, representado en un modelo digital de elevación (MDT). Para la realización de la modelación hidráulica del sector se tomó como base el MDT mostrado, importando la geometría del río, al HEC-RAS por medio de la extensión HEC-Geo-Ras de ArcGIS como se muestra en la figura 23. Se decidió modelar el cauce con secciones transversales cada 20m.

Figura 22. Modelo Digital de elevación sector de estudio



Fuente: Elaboración propia.

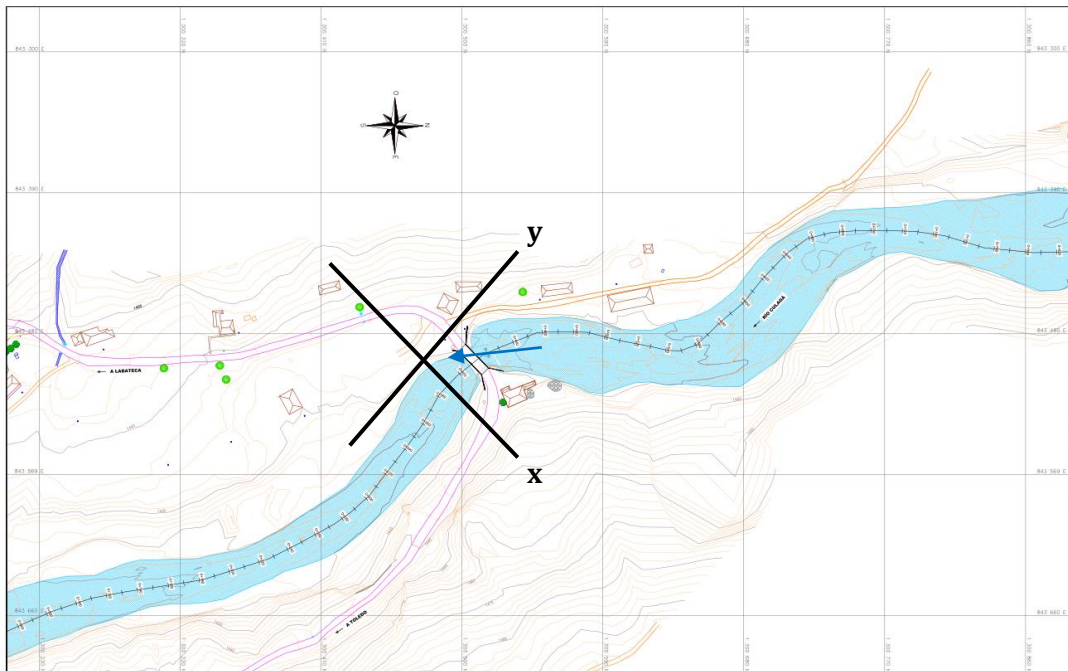
Figura 23. Vista en planta geometría río Culagá (Hec-Ras)



Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Alineamiento. El río Culagá presenta una sinuosidad media aguas arriba de la zona del proyecto, en la figura 24 se puede observar que, se dibuja un plano cartesiano en el eje del puente, en el sector próximo al paso del afluente por la estructura, el alineamiento presenta un esvíaje de aproximadamente 45° , donde se detecta a su vez una reducción de la sección hidráulica del río.

Figura 24. Alineamiento ligeramente sinuoso del río Culagá en cercanías al paso elevado PR2+500.

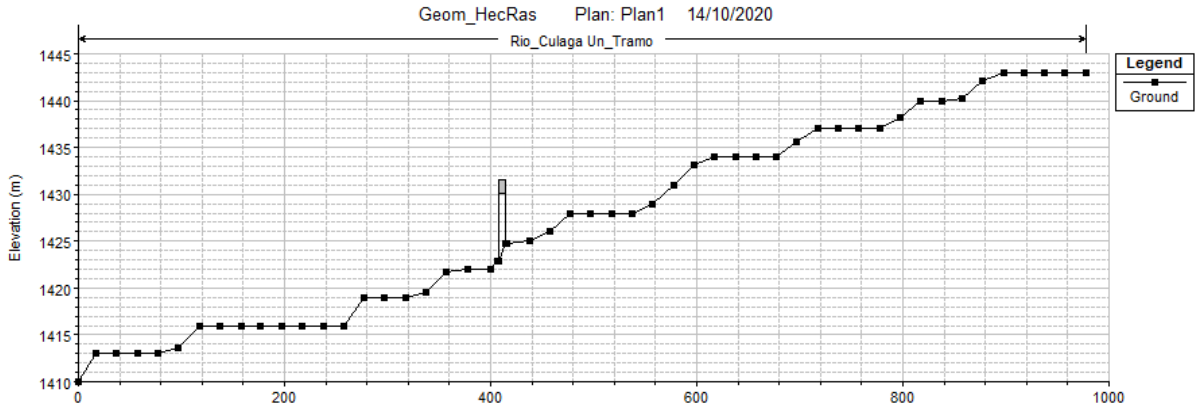


Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Pendiente. En la figura 25 aparece el perfil longitudinal del río Culagá en el tramo en estudio. Tiene una longitud de 980m. Se aprecia un cierto grado de irregularidad en el fondo, presentando en la parte más alta del tramo pendientes del orden de 3.2% y para la zona más baja peendientes del orden del 4%

En general la pendiente resulta bastante uniforme, con un valor promedio para todo el tramo de 3.3%, un valor alto pero consecuente con el relieve montañoso característico de este sector.

Figura 25. Pendiente longitudinal río Culagá en la zona de estudio. Captura de las salidas gráficas del software Hec-RAS



Fuente: Elaboración propia.

3.2.5 Coeficiente de resistencia al flujo. En el cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning, juega un papel importante la experiencia del diseñador. Para el caso de este proyecto de grado esos valores se adoptaron tomando como guía la literatura del libro Hidráulica de canales abiertos Chow⁵¹, donde hace referencia el método de Cowan, en este se determina el coeficiente “n” como $n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m_5$

Donde n_0 corresponde a la rugosidad del material del cauce principal y los restantes parámetros o factores que afectan el coeficiente de rugosidad y que respectivamente son: irregularidades en la superficie (n_1); cambios de forma y tamaño de la sección (n_2); obstrucciones (n_3); vegetación y condiciones de flujo (n_4) y estructura de los meandros (m_5), en la tabla 28 se muestra los valores utilizados para el cálculo del coeficiente de rugosidad, mediante la metodología de Cowan.

⁵¹ Ibid. p.104.

Tabla 28. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad (método Cowan)

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n ₀	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n ₁	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n ₂	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n ₃	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n ₄	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m ₅	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: CHOW, T., MAIDMENT, R., MAYS, W., SALDARRIAGA, J. y SANTOS, G. Hidrología aplicada. Bogotá: McGraw-Hill; 1992.

En la tabla 29 se observan los valores finalmente tomados para el coeficiente de rugosidad, para el cauce principal (main channel) de 0.03 y para las zonas de inundación izquierda y derecha (Left / Right Overbank) 0.04. Estos valores se ajustaron verificando que los resultados de la simulación se ajustaran razonablemente a las geoformas indicativas del cauce y referentes históricos de niveles máximos reportados.

Tabla 29. Valores coeficientes de Manning para el río Culagá

Valores coeficientes de Manning para río Culagá			
Factor	Margen izquierda	Cauce central	Margen Derecho
Material Involucrado n_0	0.023	0.026	0.023
Grado de Irregularidad n_1	0.001	0.001	0.001
Variación Sección Transversal n_2	0.002	0.002	0.002
Obstrucciones n_3	0.004	0.004	0.004
Vegetación n_4	0.010	0.001	0.010
Meandros m_5	1	1	1
Rugosidad de Manning n	0.04	0.03	0.040

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6 Coeficientes de pérdidas menores. Se utilizaron los coeficientes expansión y contracción de 0.3 y 0.1, respectivamente, de acuerdo con las recomendaciones de la USACE para cauces naturales. Estos valores incorporan las pérdidas de energía por aumento o reducción de la velocidad de flujo entre secciones.

3.2.7 Condiciones de frontera. Son niveles usados como condiciones iniciales de cálculo, que corresponde al primer valor de cálculo para las iteraciones que realiza el modelo. En este caso se supuso la condición de profundidad normal, HEC-RAS solicita el valor de la pendiente normal, para el río Culagá se incorporaron los valores presentados en la tabla 30. El modelo fue evaluado en flujo permanente y régimen de flujo mixto por tratarse principalmente de un cauce natural.

Tabla 30. Pendientes Normales usadas en el modelo Hec-Ras

Pendiente normal (m/m)	
Upstream	Downstream
Normal Depth = 0.032	Normal Depth = 0.04

Fuente: Elaboración propia.

3.2.8 Características del flujo. Una vez analizado el flujo en el río Culagá se obtiene las características principales de flujo, como se aprecia en la tabla 31. Estas tablas presentan el resultado para las simulaciones correspondientes a los caudales que corresponden a los periodos de retorno de 2.33 años y 100 años, respectivamente. Las tablas con la totalidad de los caudales aparecen en el Anexo 4 del presente informe. Los niveles simulados para el Q2.33 y Q100 aparecen en

las secciones transversales del sector estudiado del río Culagá en los planos correspondientes que acompañan el presente documento.

Tabla 31. Características del flujo en el río Culagá sector puente (Condición actual)

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
980.0	Tr2.33	144.4	1443	1444.66	1444.94	1445.82	4.78	31.03	24.76	1.28
980.0	Tr100	662.5	1443	1446.6	1447.59	1449.92	8.45	90.5	35.83	1.47
959.9	Tr2.33	144.4	1443	1445.07	1444.64	1445.47	2.8	51.66	30.43	0.69
959.9	Tr100	662.5	1443	1445.9	1447.03	1449.56	8.48	78.73	34.74	1.73
940.0	Tr2.33	144.4	1443	1444.63	1444.63	1445.33	3.7	39	28.25	1.01
940.0	Tr100	662.5	1443	1446.23	1447.02	1448.93	7.28	91.28	37.83	1.45
919.9	Tr2.33	144.4	1443	1443.86	1444.21	1445.01	4.74	30.45	37.05	1.67
919.9	Tr100	662.5	1443	1445.14	1446.15	1448.49	8.1	81.82	43.41	1.88
900.0	Tr2.33	144.4	1443	1444.15	1444.15	1444.66	3.18	45.39	44.35	1
900.0	Tr100	662.5	1443	1445.1	1445.96	1447.84	7.34	91.76	53.18	1.71
880.0	Tr2.33	144.4	1442.11	1443.12	1443.45	1444.26	4.54	30.72	50.88	2.04
880.0	Tr100	662.5	1442.11	1444.12	1445.05	1447.24	8.32	90.46	68.7	2.2
860.2	Tr2.33	144.4	1440.22	1441.49	1442.03	1443.35	6.12	24.38	34.23	2.33
860.2	Tr100	662.5	1440.22	1442.58	1443.65	1446.43	8.83	79.17	60.24	2.38
839.9	Tr2.33	144.4	1440	1440.53	1440.93	1442.01	5.4	26.75	55.86	2.49
839.9	Tr100	662.5	1440	1441.33	1442.41	1445.41	8.94	74.22	61.84	2.6
819.6	Tr2.33	144.4	1440	1440.75	1440.81	1441.21	2.99	48.32	66.33	1.12
819.6	Tr100	662.5	1440	1441.36	1442.18	1444.13	7.36	90.04	69.84	2.07
800.0	Tr2.33	144.4	1438.23	1439.53	1439.9	1440.75	4.9	29.47	40.4	1.83
800.0	Tr100	662.5	1438.23	1440.63	1441.49	1443.47	7.47	89.24	63.73	1.98

Tabla 31. (Continuación)

779.9	Tr2.33	144.4	1437	1438.38	1438.91	1440.04	5.7	25.34	27.86	1.91
779.9	Tr100	662.5	1437	1439.97	1440.86	1442.92	7.6	87.39	50.09	1.81
760.1	Tr2.33	144.4	1437	1438.69	1438.77	1439.43	3.81	37.88	30.26	1.09
760.1	Tr100	662.5	1437	1440.94	1440.94	1442.35	5.28	129.14	50.09	0.97
740.0	Tr2.33	144.4	1437	1438.26	1438.48	1439.16	4.22	34.26	33.48	1.33
740.0	Tr100	662.5	1437	1439.98	1440.53	1442.11	6.49	105.1	48.2	1.32
720.0	Tr2.33	144.4	1437	1438.35	1438.35	1438.94	3.4	42.41	36.29	1.01
720.0	Tr100	662.5	1437	1440.03	1440.35	1441.8	5.89	113.78	48.77	1.18
699.9	Tr2.33	144.4	1435.59	1437.25	1437.63	1438.55	5.05	28.57	43.06	1.98
699.9	Tr100	662.5	1435.59	1438.54	1439.41	1441.41	7.55	89.79	51.67	1.76
679.9	Tr2.33	144.4	1434	1435.15	1435.84	1437.53	6.83	21.13	24.46	2.35
679.9	Tr100	662.5	1434	1436.78	1437.96	1440.76	8.83	74.99	41.58	2.1
660.4	Tr2.33	144.4	1434	1434.77	1435.23	1436.35	5.56	25.99	37	2.12
660.4	Tr100	662.5	1434	1435.97	1437.17	1440.08	8.97	73.84	42.54	2.17
640.2	Tr2.33	144.4	1434	1434.81	1434.99	1435.55	3.81	37.89	48.21	1.37
640.2	Tr100	662.5	1434	1435.64	1436.67	1439.19	8.34	79.43	51.35	2.14
619.9	Tr2.33	144.4	1434	1434.89	1434.89	1435.33	2.93	49.33	57.4	1.01
619.9	Tr100	662.5	1434	1435.6	1436.41	1438.29	7.26	91.26	60.52	1.89
600.0	Tr2.33	144.4	1433.11	1433.99	1434.28	1434.95	4.34	33.3	54.31	1.77
600.0	Tr100	662.5	1433.11	1434.98	1435.83	1437.73	7.38	92.04	65.22	1.88
580.3	Tr2.33	144.4	1431	1431.6	1432.16	1433.83	6.62	21.81	40	2.86
580.3	Tr100	662.5	1431	1432.69	1433.85	1436.9	9.09	73.77	56.29	2.43
559.8	Tr2.33	144.4	1429.01	1430.46	1431.11	1432.43	6.21	23.25	29.59	2.24
559.8	Tr100	662.5	1429.01	1431.66	1432.84	1435.98	9.34	74.66	53.16	2.36

Tabla 31. (Continuación)

540.1	Tr2.33	144.4	1428	1429.19	1429.86	1431.46	6.67	21.65	24.15	2.25
540.1	Tr100	662.5	1428	1430.73	1432.03	1435.2	9.36	70.8	39.53	2.22
520.0	Tr2.33	144.4	1428	1428.84	1429.29	1430.36	5.46	26.47	35.75	2.02
520.0	Tr100	662.5	1428	1429.93	1431.21	1434.41	9.4	71.53	46.92	2.36
499.7	Tr2.33	144.4	1428	1428.91	1429.07	1429.63	3.77	38.33	44.37	1.29
499.7	Tr100	662.5	1428	1429.78	1430.85	1433.38	8.4	78.88	48.86	2.11
480.3	Tr2.33	144.4	1428	1428.97	1428.97	1429.46	3.08	46.88	48.98	1.01
480.3	Tr100	662.5	1428	1431.93	1430.66	1432.49	3.33	201.58	59.73	0.55
460.2	Tr2.33	144.4	1425.99	1428.17	1428.44	1429.12	4.3	33.57	46.52	1.62
460.2	Tr100	662.5	1425.99	1432.03		1432.41	2.78	251.97	66.78	0.42
440.8	Tr2.33	144.4	1425	1427.39	1426.27	1427.53	1.67	87.48	42.98	0.36
440.8	Tr100	662.5	1425	1432.13		1432.35	2.17	342.41	64.12	0.27
418.0	Tr2.33	144.4	1424.77	1426.97	1426.51	1427.46	3.09	46.68	23.26	0.7
418.0	Tr100	662.5	1424.77	1431.58	1429.33	1432.29	3.76	189.23	56.95	0.49
412.0	Bridge									
409.5	Tr2.33	144.4	1422.83	1425.39	1425.39	1426.27	4.15	34.76	19.76	1
409.5	Tr100	662.5	1422.83	1428.35	1428.42	1430.38	6.3	105.14	26.99	1.02
402.0	Tr2.33	144.4	1422	1424.23	1424.75	1425.93	5.78	24.98	19.13	1.62
402.0	Tr100	662.5	1422	1426.7	1427.59	1429.94	7.97	83.1	26.71	1.44
380.3	Tr2.33	144.4	1422	1423.09	1423.73	1425.22	6.47	22.33	24.73	2.17
380.3	Tr100	662.5	1422	1424.62	1425.97	1429.32	9.61	68.96	36.36	2.23
359.7	Tr2.33	144.4	1421.67	1422.83	1423.25	1424.23	5.24	27.55	33.48	1.85
359.7	Tr100	662.5	1421.67	1424.03	1425.36	1428.51	9.37	70.68	38.28	2.2
340.3	Tr2.33	144.4	1419.55	1421.16	1421.84	1423.42	6.65	21.73	22.82	2.18
340.3	Tr100	662.5	1419.55	1422.68	1424.21	1427.74	9.96	66.49	32.9	2.24

Tabla 31. (Continuación)

320.1	Tr2.33	144.4	1419	1420.2	1420.9	1422.53	6.77	21.34	21.81	2.18
320.1	Tr100	662.5	1419	1421.85	1423.39	1427.02	10.09	66.46	32.8	2.19
299.8	Tr2.33	144.4	1419	1420.15	1420.59	1421.59	5.33	27.12	27.32	1.71
299.8	Tr100	662.5	1419	1421.47	1422.85	1426.18	9.61	68.91	35.92	2.22
280.1	Tr2.33	144.4	1419	1420.45	1420.46	1421.1	3.56	40.51	32.77	1.02
280.1	Tr100	662.5	1419	1421.43	1422.62	1425.29	8.69	76.21	39.49	2
260.3	Tr2.33	144.4	1416	1417.65	1418.5	1420.54	7.53	19.18	17.34	2.29
260.3	Tr100	662.5	1416	1419.65	1421.16	1424.58	9.83	67.37	30.68	2.11
240.5	Tr2.33	144.4	1416	1418.4	1418.69	1419.56	4.77	30.26	21.78	1.29
240.5	Tr100	662.5	1416	1419.93	1421.05	1423.75	8.92	83.31	41.62	1.75
219.5	Tr2.33	144.4	1416	1417.75	1418.19	1419.17	5.29	27.32	23.51	1.57
219.5	Tr100	662.5	1416	1419.34	1420.52	1423.26	8.76	75.93	36.26	1.9
200.0	Tr2.33	144.4	1416	1417.51	1417.86	1418.73	4.9	29.47	25.19	1.45
200.0	Tr100	662.5	1416	1419.1	1420.22	1422.68	8.38	79.09	36.96	1.83
179.3	Tr2.33	144.4	1416	1417.52	1417.64	1418.33	3.99	36.23	29.01	1.14
179.3	Tr100	662.5	1416	1418.88	1419.9	1422.1	7.95	83.33	40.2	1.76
160.8	Tr2.33	144.4	1416	1417.2	1417.41	1418.08	4.17	34.63	33.11	1.3
160.8	Tr100	662.5	1416	1418.51	1419.47	1421.66	7.86	84.3	42.23	1.78
140.3	Tr2.33	144.4	1416	1417.59	1417.2	1417.88	2.4	60.25	42.52	0.64
140.3	Tr100	662.5	1416	1418.2	1419.11	1421.14	7.59	87.31	46.15	1.76
119.8	Tr2.33	144.4	1416	1417.21	1417.21	1417.76	3.26	44.24	41.15	1.01
119.8	Tr100	662.5	1416	1418.64	1419.08	1420.48	5.99	110.52	51.34	1.3
99.4	Tr2.33	144.4	1413.58	1414.98	1415.64	1417.22	6.63	21.77	26.44	2.33
99.4	Tr100	662.5	1413.58	1416.58	1417.6	1419.97	8.15	81.3	43.33	1.9

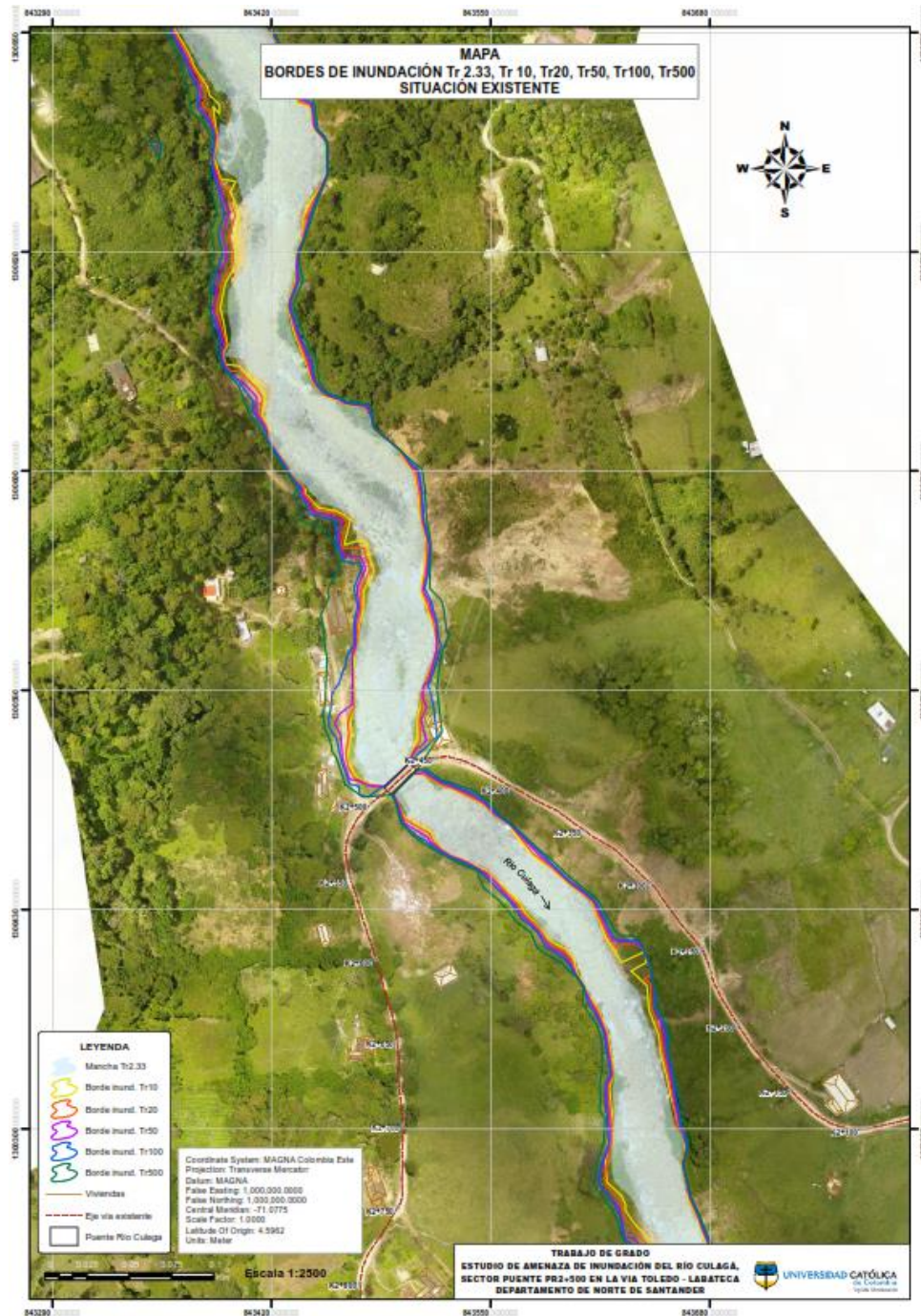
Tabla 31. (Continuación)

79.7	Tr2.33	144.4	1413	1414.31	1414.92	1416.27	6.2	23.27	24.21	2.02
79.7	Tr100	662.5	1413	1416.07	1417.09	1419.46	8.15	81.3	41.18	1.85
60.2	Tr2.33	144.4	1413	1414.26	1414.63	1415.48	4.89	29.54	30.47	1.59
60.2	Tr100	662.5	1413	1418.21	1416.69	1418.83	3.51	188.76	44.11	0.54
39.8	Tr2.33	144.4	1413	1414.98	1414.34	1415.27	2.37	60.96	32.43	0.55
39.8	Tr100	662.5	1413	1417.99		1418.78	3.93	168.52	40.1	0.61
19.4	Tr2.33	144.4	1413	1414.45	1414.45	1415.14	3.68	39.23	28.5	1
19.4	Tr100	662.5	1413	1416.85	1416.85	1418.61	5.87	113.85	34.26	0.99
2.6	Tr2.33	144.4	1410	1411.92	1412.75	1414.66	7.32	19.73	18.5	2.26
2.6	Tr100	662.5	1410	1413.99	1415.26	1418.18	9.09	74.14	31.53	1.81

Fuente: Elaboración propia.

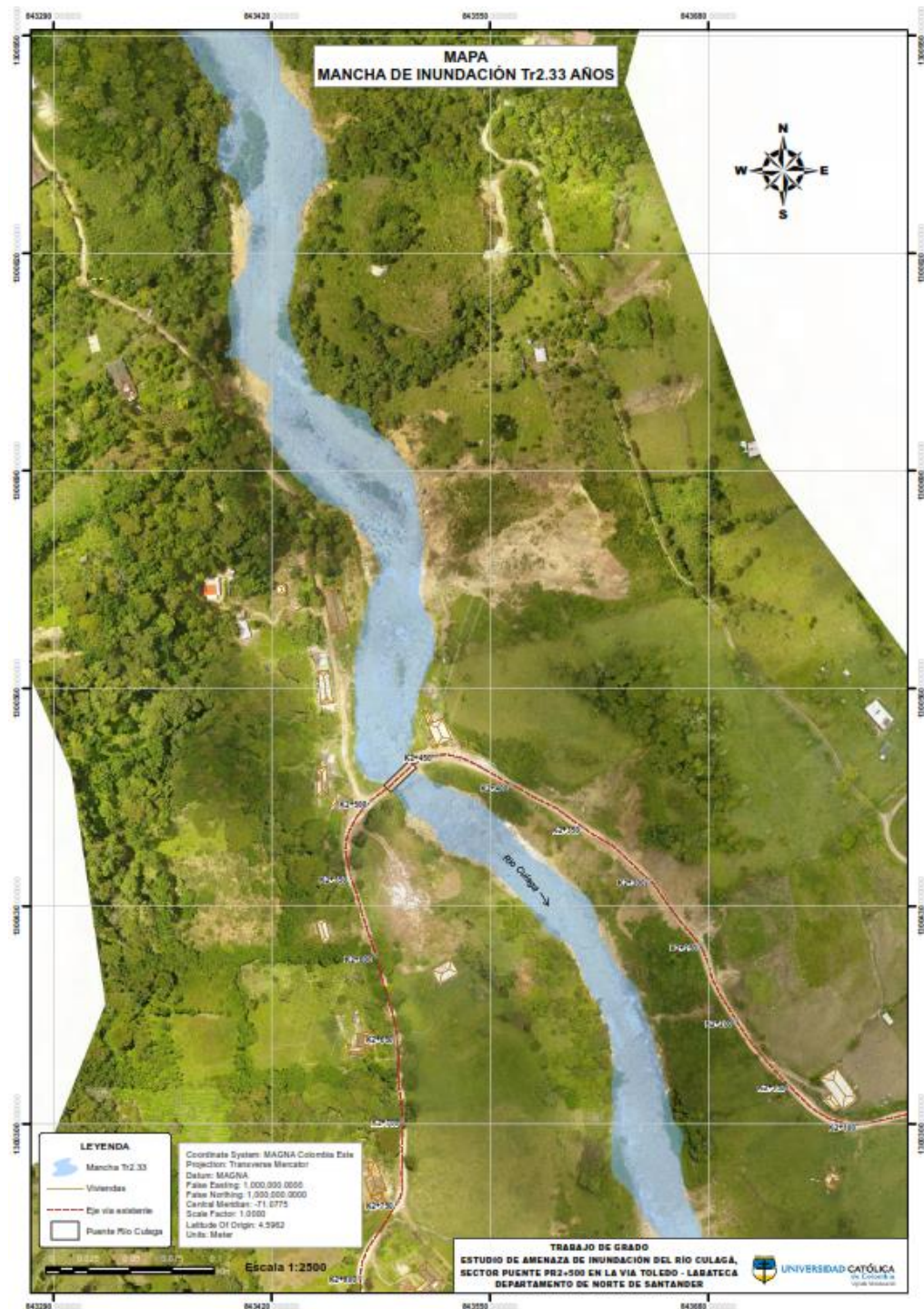
En la figura 26 se observa la implantación de los bordes de inundación asociadas a un Tr de 2.33, 10, 20, 50, 100 y 500 años en las condiciones existentes. En la figura 27 y 28 se muestran las manchas de inundación para Tr2.33 y Tr100 años.

Figura 26. Área de inundación para Tr2.33, 10, 20, 50, 100 y 500 años (Situación actual)



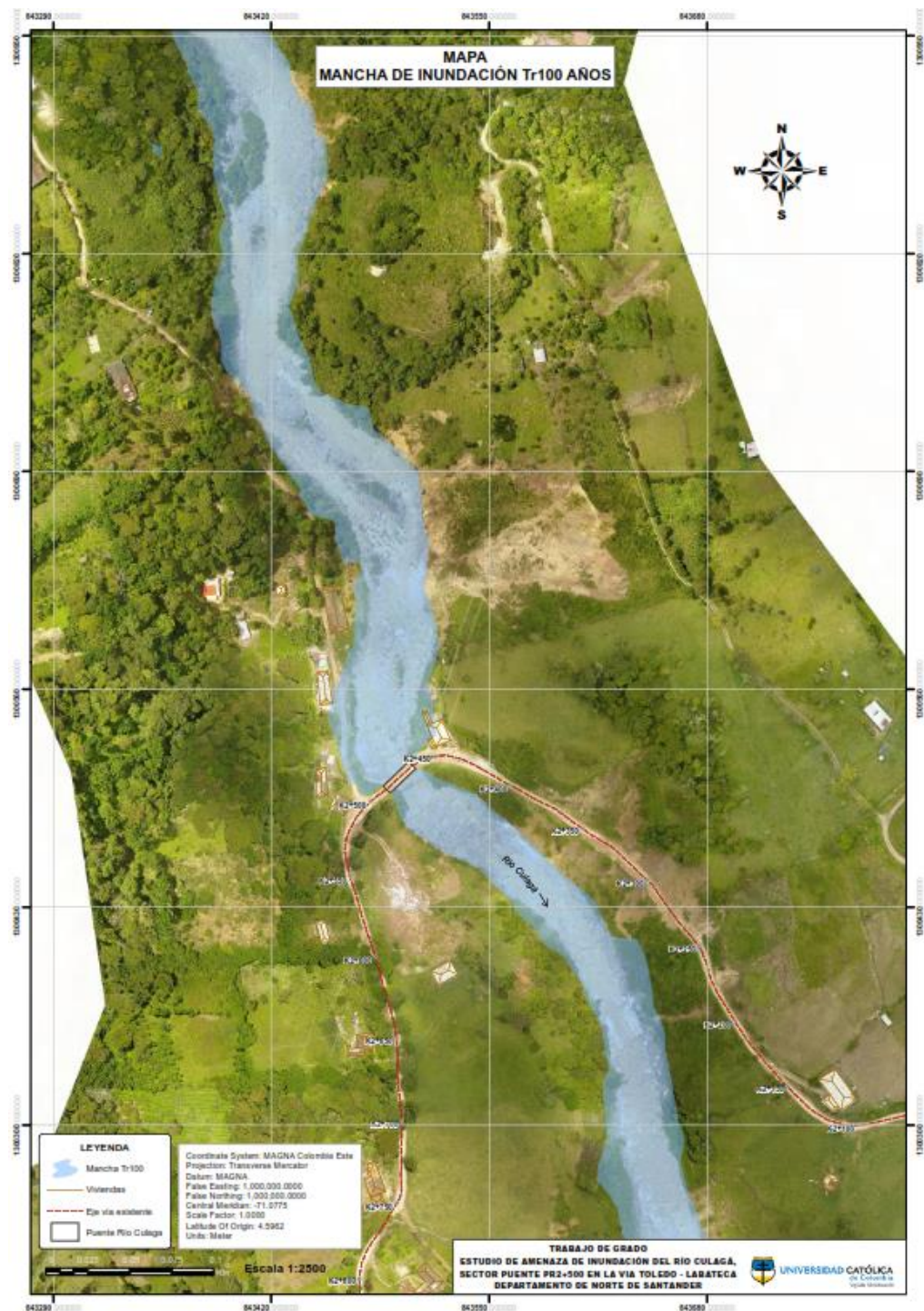
Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Planta mancha de inundación Tr2.33 (Situación actual)



Fuente: Elaboración propia.

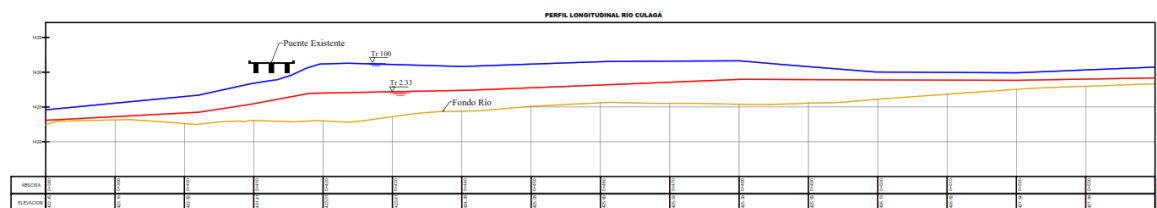
Figura 28. Planta mancha de inundación Tr100 (Situación actual)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 27, se visualiza el área inundable para un Tr100 años, aguas arriba en aproximaciones al puente, se observa una ampliación de la mancha de inundación generándose un represamiento, a su vez se observa la afectación que tendrían las viviendas que se encuentran en cercanías al puente. Según información de los residentes de esas viviendas, manifiestan que en alguna ocasión sí se presentó un aumento en la lámina de agua llegando hasta sus viviendas (versión de un residente que dice tener 50 años aproximadamente viviendo en la zona de estudio), situación que corrobora en alguna medida lo reflejado en el resultado del modelo.

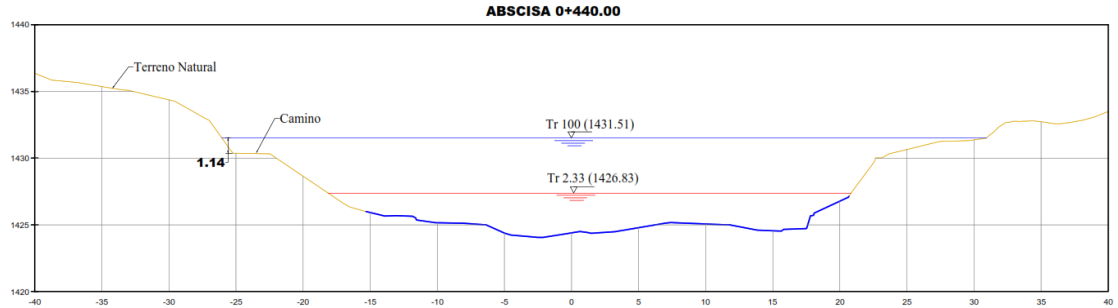
Figura 29. Perfil longitudinal simulado correspondiente al Q.233 y Q100 (Condición actual)



Fuente: Elaboración propia.

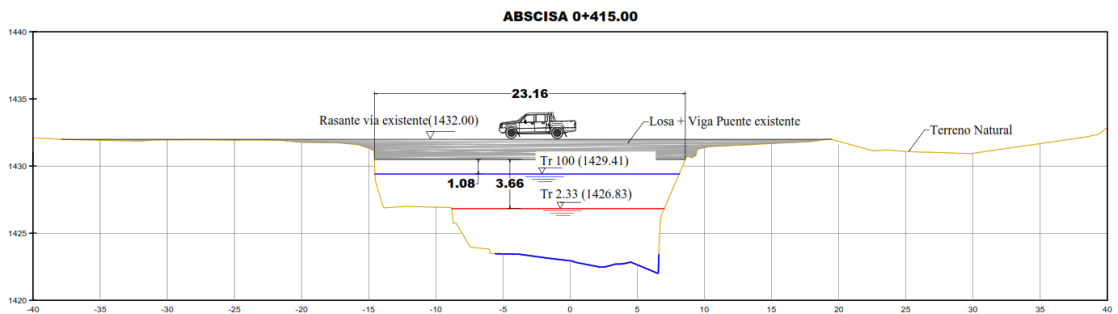
La figura 28 presenta el perfil longitudinal para el Tr2.33 y el Tr100, donde la línea de color café representa el fondo del río, la línea roja la lámina de inundación para el Tr2.33 y la línea azul la lámina de inundación para el Tr100. Se observa que 60 metros aguas arriba del puente ocurre un aumento de la lámina de agua (Tr100) llegando muy cerca a la cota inferior de la viga del puente. Se analiza que este represamiento, ocasionado por la reducción de la sección hidráulica del río en inmediaciones al puente y el esviaje del alineamiento del cauce con respecto a la entrada del flujo al paso elevado, hayan sido los factores que ocasionaron el desplome de parte de la estructura del puente sobre la margen derecha del río (ver figura) ante el evento de creciente ocurrido años atrás.

Figura 30. Sección aguas arriba del puente con lámina Q100 y Q2.33 (Condición actual)



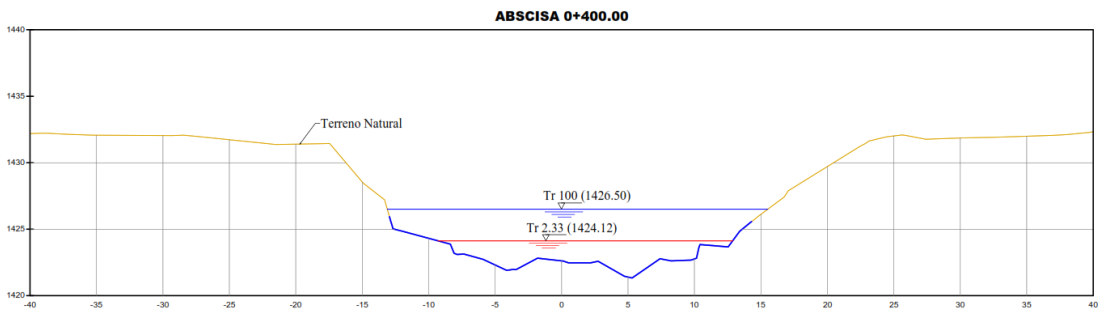
Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Sección puente existente con lámina Q2.33 y Q100 (Condición actual)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Sección aguas abajo del puente con lámina Q2.33 y Q100 (Condición actual)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 29 se muestra que la lámina de inundación del Tr 100 (línea azul) está llegando a 1.14m de profundidad en el camino que da acceso a las viviendas y a algunas veredas del sector, en el evento de presentarse esta situación estas personas quedarían incomunicadas con las cabeceras municipales de Toledo y Labateca.

En la figura 30 se muestra la sección transversal con el puente existente donde se observa que la lámina de agua para un T100 años (línea azul) está quedando a 1.08m de la base de la viga. Según el manual de diseño geométrico del INVIAS (Referencia 4.12) señala en su sección 7.1.1. “que sobre corrientes de agua relativamente limpias en toda época el gálibo debe ser mínimo dos metros (2.00m) por encima del Nivel de aguas Máximas Extraordinarias (N.A.M.E)”. Para este caso no se está cumpliendo la normatividad, lo que genera la necesidad de hacer una ampliación de la sección transversal del puente para cumplir con el mínimo exigido.

3.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA SITUACIÓN PROYECTADA

3.3.1 Ampliación de la sección hidráulica. De los resultados de la modelación hidráulica del río Culagá y más específicamente en el sector cercano al puente en la abscisa PR2+500 de la vía Toledo – Labateca, se determinan dos condiciones desfavorables. En primer lugar, el gálibo del puente existente bajo condiciones de la lámina de agua Q100 es de aproximadamente 1.08m, valor que resulta insuficiente según la normatividad INVIAS que para este tipo de estructuras prescribe un gálibo mínimo de 2.00m. En segundo lugar, las afectaciones que se observan de la mancha de inundación a las viviendas aledañas al puente y la incomunicación que resultaría del camino veredal ante la ocurrencia de este evento.

Por lo anterior, se recomienda las siguientes dos acciones: ampliar la sección hidráulica disponible bajo el puente pasando de un ancho actual de 20 metros a 37 metros de longitud, ampliando la luz libre del paso elevado, otra alternativa que se puede tener en cuenta para cumplir con el gálibo exigido por la normatividad INVIAS, es la elevación de la rasante de la vía, para este caso se dejará la misma cota de la rasante de la vía existente. La segunda acción implica en realizar un corte en el talud hacia el borde izquierdo del río en aproximaciones al puente con el fin de corregir el alineamiento del cauce, evitando así el impacto del agua hacia las viviendas del borde derecho del río.

Se presentan los resultados de la simulación hidráulica bajo la condición proyectada, según las acciones anteriormente descritas, cuyas características

geométricas aparecen en los planos correspondientes que acompañan el presente documento.

3.3.2 Características del flujo – condición proyectada. Siguiendo la metodología anteriormente expuesta, se realizó el ajuste de la geometría para simular las condiciones de flujo en la condición proyectada. La tabla 32 presenta los resultados de la simulación hidráulica en la condición proyectada.

Tabla 32. Características del flujo condición proyectada

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
979.64	Tr2.33	144.4	1444	1445.35	1445.55	1446.3	4.32	33.69	29.05	1.25
979.64	Tr100	662.5	1444	1447.09	1447.95	1450.04	7.79	92.61	38.07	1.44
959.73	Tr2.33	144.4	1442.51	1443.89	1444.43	1445.77	6.09	23.72	28.15	2.12
959.73	Tr100	662.5	1442.51	1445.47	1446.7	1449.56	8.96	73.95	33.79	1.93
939.85	Tr2.33	144.4	1442	1443.36	1443.89	1445.01	5.7	25.32	24.78	1.8
939.85	Tr100	662.5	1442	1444.96	1446.19	1449.06	8.98	74.53	33.36	1.87
920.16	Tr2.33	144.4	1442	1443.3	1443.61	1444.4	4.65	31.08	29.45	1.44
920.16	Tr100	662.5	1442	1444.61	1445.81	1448.52	8.77	76.46	38.85	1.91
899.63	Tr2.33	144.4	1442	1443.5	1443.5	1444.12	3.48	41.46	33.79	1
899.63	Tr100	662.5	1442	1444.61	1445.64	1447.84	7.98	84.99	45.63	1.72
879.65	Tr2.33	144.4	1441.56	1442.52	1442.89	1443.75	4.91	29.43	41.47	1.86
879.65	Tr100	662.5	1441.56	1443.62	1444.73	1447.27	8.46	78.3	47.65	2.11
859.92	Tr2.33	144.4	1440.17	1441.41	1441.9	1442.97	5.54	26.05	35.13	2.06
859.92	Tr100	662.5	1440.17	1442.43	1443.56	1446.49	9.03	76.76	57.35	2.34
840.10	Tr2.33	144.4	1439.94	1440.63	1441.01	1441.95	5.1	28.31	54.57	2.26
840.10	Tr100	662.5	1439.94	1441.42	1442.51	1445.54	8.99	73.66	60.13	2.59
820.17	Tr2.33	144.4	1438	1439.68	1440.19	1441.12	5.32	27.15	31.51	1.83
820.17	Tr100	662.5	1438	1440.62	1441.64	1444.37	8.59	77.74	64.7	2.47

Tabla 32. (Continuación)

800.07	Tr2.33	144.4	1438	1439.26	1439.64	1440.45	4.84	29.84	36.17	1.7
800.07	Tr100	662.5	1438	1440.43	1441.28	1443.31	7.52	88.13	61.86	2.01
779.93	Tr2.33	144.4	1436	1439.48	1438.53	1439.63	1.69	85.29	46.98	0.4
779.93	Tr100	662.5	1436	1442	1440.42	1442.47	3.09	232.48	71.19	0.48
761.06	Tr2.33	144.4	1437.63	1439	1439	1439.54	3.27	44.19	41.21	1.01
761.06	Tr100	662.5	1437.63	1440.93	1440.93	1442.33	5.26	129.48	51.14	0.97
740.20	Tr2.33	144.4	1436	1437.26	1437.81	1439.06	5.95	24.27	29.25	2.09
740.20	Tr100	662.5	1436	1440.98	1439.84	1441.71	3.9	187.46	53.18	0.6
719.82	Tr2.33	144.4	1436	1437.45	1437.64	1438.37	4.24	34.07	28.27	1.23
719.82	Tr100	662.5	1436	1440.09	1440.09	1441.57	5.58	135.38	48.82	0.91
700.15	Tr2.33	144.4	1435.59	1436.88	1437.22	1438	4.69	30.77	37.21	1.65
700.15	Tr100	662.5	1435.59	1438.13	1439.06	1441.23	7.8	85.63	49.86	1.86
679.80	Tr2.33	144.4	1434	1435.16	1435.77	1437.21	6.35	22.75	27.39	2.22
679.80	Tr100	662.5	1434	1436.63	1437.81	1440.58	8.8	75.84	41.57	2.03
659.58	Tr2.33	144.4	1434	1434.83	1435.24	1436.18	5.15	28.03	36.94	1.89
659.58	Tr100	662.5	1434	1436.02	1437.16	1439.92	8.75	75.74	42.99	2.1
639.74	Tr2.33	144.4	1434	1434.84	1434.99	1435.53	3.67	39.33	48.16	1.3
639.74	Tr100	662.5	1434	1435.67	1436.68	1439.12	8.22	80.59	50.87	2.09
619.97	Tr2.33	144.4	1433.01	1434.34	1434.56	1435.13	3.95	36.54	54.45	1.54
619.97	Tr100	662.5	1433.01	1435.16	1436.09	1438.35	7.9	83.82	60.68	2.14
599.80	Tr2.33	144.4	1432	1432.82	1433.27	1434.38	5.53	26.12	40.56	2.2
599.80	Tr100	662.5	1432	1433.89	1434.96	1437.53	8.46	78.34	53.28	2.23
579.85	Tr2.33	144.4	1431.36	1432.56	1432.83	1433.45	4.18	34.56	52.36	1.64
579.85	Tr100	662.5	1431.36	1433.39	1434.32	1436.62	7.96	83.28	63.67	2.22

Tabla 32. (Continuación)

560.13	Tr2.33	144.4	1430	1430.74	1431.3	1432.61	6.05	23.88	35.24	2.35
560.13	Tr100	662.5	1430	1431.94	1433.02	1435.74	8.63	76.73	54.24	2.32
540.75	Tr2.33	144.4	1428	1429.24	1429.95	1431.58	6.77	21.32	22.83	2.24
540.75	Tr100	662.5	1428	1430.77	1432.02	1434.97	9.11	74.5	44.51	2.14
521.00	Tr2.33	144.4	1428	1428.84	1429.33	1430.49	5.69	25.38	34.47	2.12
521.00	Tr100	662.5	1428	1430.02	1431.18	1434.19	9.05	73.22	50.46	2.4
500.17	Tr2.33	144.4	1426	1427.82	1428.32	1429.55	5.82	24.8	32.64	2.13
500.17	Tr100	662.5	1426	1428.99	1430.21	1433.29	9.19	72.12	43.22	2.27
480.39	Tr2.33	144.4	1426	1426.97	1427.43	1428.57	5.59	25.82	39.5	2.21
480.39	Tr100	662.5	1426	1428.04	1429.26	1432.45	9.3	71.21	45.52	2.38
464.42	Tr2.33	144.4	1426	1426.85	1427.14	1427.86	4.45	32.45	39.63	1.57
464.42	Tr100	662.5	1426	1427.94	1429.03	1431.65	8.53	77.67	43.55	2.04
440.79	Tr2.33	144.4	1424.74	1426.18	1426.49	1427.27	4.62	31.29	38.42	1.63
440.79	Tr100	662.5	1424.74	1427.39	1428.44	1430.9	8.29	79.91	41.83	1.92
418.00	Tr2.33	144.4	1422.36	1423.8	1424.43	1426.08	6.69	21.59	27.07	2.39
418.00	Tr100	662.5	1422.36	1425.22	1426.56	1429.85	9.53	69.5	36.06	2.19
412.00	Bridge									
409.53	Tr2.33	144.4	1422.1	1423.74	1424.25	1425.41	5.72	25.24	27.6	1.91
409.53	Tr100	662.5	1422.1	1426.02	1426.5	1428.35	6.76	97.98	33.32	1.26
402.03	Tr2.33	144.4	1422.07	1423.72	1424.11	1425.02	5.05	28.59	28.4	1.61
402.03	Tr100	662.5	1422.07	1426.31	1426.31	1427.93	5.65	117.25	36.49	1.01
379.97	Tr2.33	144.4	1422	1423.31	1423.67	1424.49	4.81	30.01	30.36	1.55
379.97	Tr100	662.5	1422	1424.99	1425.75	1427.62	7.17	92.36	40.85	1.52

Tabla 32. (Continuación)

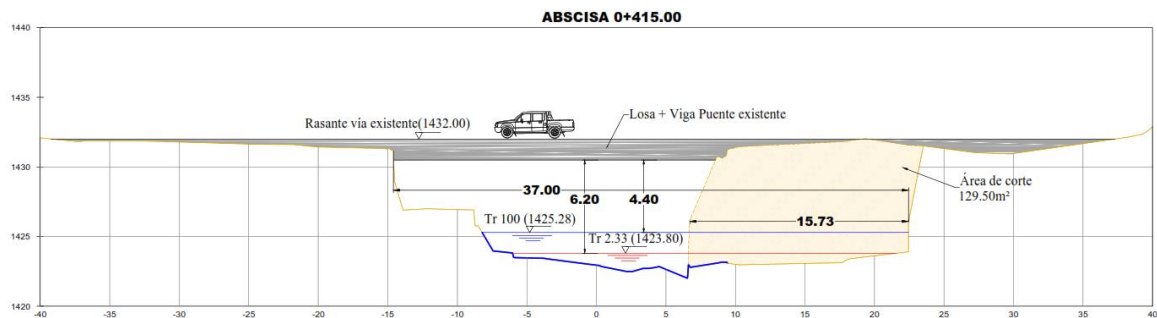
360.23	Tr2.33	144.4	1420.84	1422.3	1422.78	1423.89	5.59	25.84	32.76	2.01
360.23	Tr100	662.5	1420.84	1423.85	1424.85	1427.17	8.06	82.15	39.87	1.79
340.09	Tr2.33	144.4	1420	1421.22	1421.81	1423.11	6.1	23.69	24.63	1.99
340.09	Tr100	662.5	1420	1423	1424.18	1426.68	8.49	78	33.75	1.78
320.07	Tr2.33	144.4	1418	1419.72	1420.47	1422.26	7.06	20.45	19.46	2.2
320.07	Tr100	662.5	1418	1421.65	1423.07	1426.1	9.34	70.94	31.81	2
301.31	Tr2.33	144.4	1418	1419.74	1420.25	1421.37	5.67	25.49	23.19	1.73
301.31	Tr100	662.5	1418	1421.39	1422.65	1425.46	8.94	74.1	35.19	1.97
280.38	Tr2.33	144.4	1418	1419.41	1419.84	1420.81	5.23	27.61	24.49	1.57
280.38	Tr100	662.5	1418	1421.03	1422.26	1424.83	8.63	76.81	36.1	1.89
259.44	Tr2.33	144.4	1416	1417.86	1418.6	1420.17	6.74	21.43	17.21	1.93
259.44	Tr100	662.5	1416	1419.83	1421.13	1424.17	9.23	71.76	36.49	2.1
239.96	Tr2.33	144.4	1416	1418.18	1418.51	1419.34	4.76	30.34	29.67	1.5
239.96	Tr100	662.5	1416	1419.52	1420.68	1423.45	8.78	75.47	37.63	1.98
220.33	Tr2.33	144.4	1416	1418.06	1418.24	1418.91	4.09	35.3	33.82	1.28
220.33	Tr100	662.5	1416	1419.36	1420.39	1422.81	8.23	80.46	35.55	1.75
199.47	Tr2.33	144.4	1416	1417.47	1417.77	1418.55	4.62	31.28	28.76	1.41
199.47	Tr100	662.5	1416	1418.89	1419.91	1422.34	8.23	80.66	39.33	1.82
180.00	Tr2.33	144.4	1416	1417.61	1417.61	1418.24	3.53	40.86	32.44	1.01
180.00	Tr100	662.5	1416	1418.9	1419.78	1421.79	7.56	90.34	44.42	1.56
160.24	Tr2.33	144.4	1416	1417.27	1417.41	1418.03	3.88	37.24	34.38	1.19
160.24	Tr100	662.5	1416	1418.57	1419.42	1421.43	7.51	89.52	43.95	1.63
139.93	Tr2.33	144.4	1414	1415.76	1416.33	1417.54	5.91	24.45	25.36	1.92
139.93	Tr100	662.5	1414	1417.25	1418.35	1420.89	8.45	78.37	42.46	1.99

Tabla 32. (Continuación)

119.68	Tr2.33	144.4	1414	1416.21	1416.26	1416.88	3.62	39.89	34.08	1.07
119.68	Tr100	662.5	1414	1417.5	1418.29	1420.11	7.16	92.8	47.92	1.63
99.38	Tr2.33	144.4	1414	1415.2	1415.61	1416.51	5.07	28.48	31.26	1.7
99.38	Tr100	662.5	1414	1416.68	1417.59	1419.66	7.64	86.72	44.08	1.74
80.14	Tr2.33	144.4	1413.65	1415.14	1415.35	1416	4.1	35.23	33.43	1.28
80.14	Tr100	662.5	1413.65	1416.64	1417.34	1419.16	7.03	94.17	42.32	1.51
59.92	Tr2.33	144.4	1412	1413.89	1414.41	1415.57	5.75	25.13	18.63	1.58
59.92	Tr100	662.5	1412	1415.41	1416.38	1418.69	8.02	82.59	40.11	1.78
40.10	Tr2.33	144.4	1412	1413.13	1413.71	1415	6.07	23.8	25.49	2.01
40.10	Tr100	662.5	1412	1417.2	1415.99	1418.08	4.17	159.26	36.87	0.63
19.69	Tr2.33	144.4	1412	1413.48	1413.59	1414.33	4.08	35.37	25.86	1.12
19.69	Tr100	662.5	1412	1416.13	1416.13	1417.91	5.93	111.83	31.83	1.01
1.27	Tr2.33	144.4	1410	1411.88	1412.49	1413.9	6.28	22.99	21.91	1.96
1.27	Tr100	662.5	1410	1414.11	1415.15	1417.57	8.28	82.33	31.52	1.53

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Sección transversal con implantación de la sección hidráulica proyectada y lámina de inundación Q100 y Q2.33 años

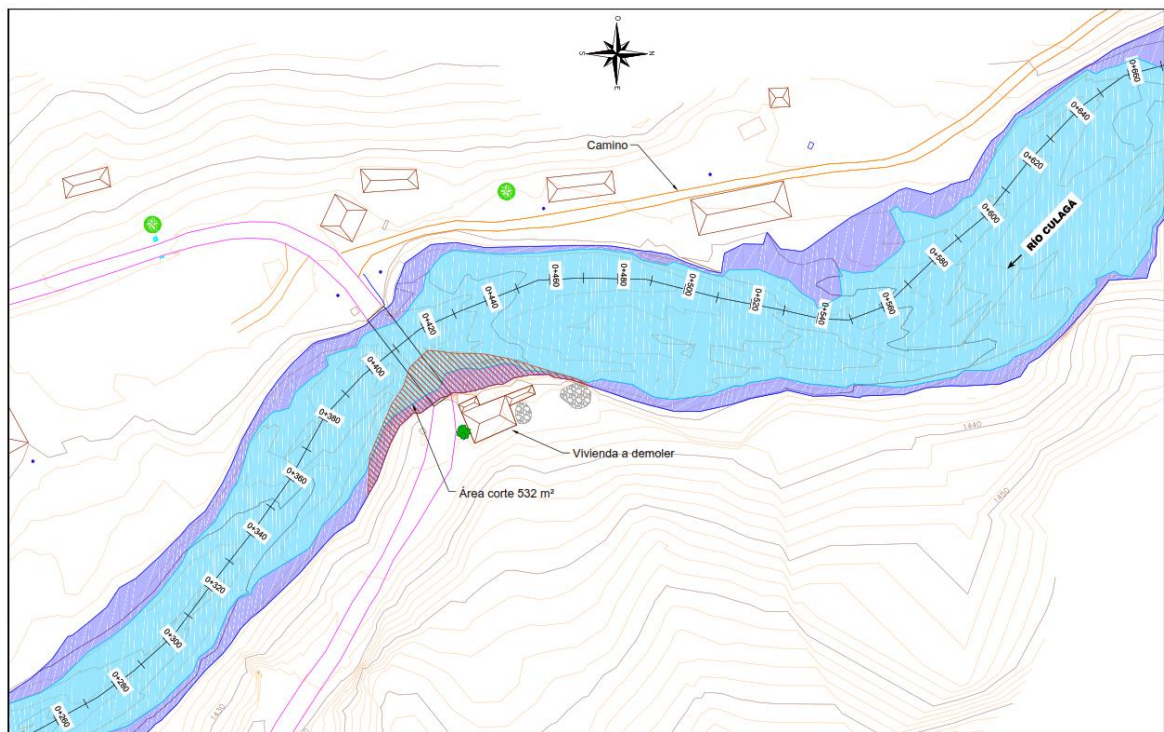


Fuente: Elaboración propia.

La figura 32 muestra la sección hidráulica proyectada donde se amplía la luz del puente de 20 metros a 37 metros de longitud. Es evidente que aumento de la

sección hidráulica reduce la altura de la lámina de agua permitiendo obtener un gálibo de 4.40m, con lo cual se tiene un adecuado margen de protección del paso ante una creciente.

Figura 34. Planta inundación Q2.33 y Q100 condición proyectada

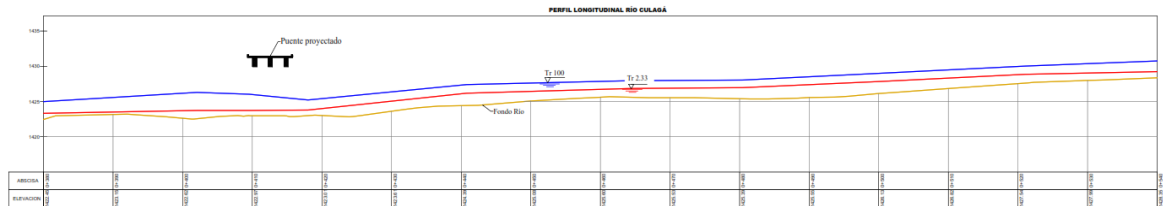


Fuente: Elaboración propia.

La figura 33 muestra la visualización de las manchas de inundación Q2.33 (achurado azul claro) y Q100 (achurado azul oscuro) de la condición proyectada. En esta imagen se identifica con un achurado de líneas color vinotinto el área de terreno que se propone cortar con el fin de mejorar la alineación del cauce y ampliar la geometría hidráulica del puente.

Se observa que realizando este corte y ampliando la sección del puente, la mancha del Q100, que en la condición existente ocupaba un área importante llegando hasta las viviendas y al camino de acceso veredal, ahora se aleja del borde derecho del río. La única casa existente hacia el borde izquierdo sí quedaría afectada con la intervención del cauce, y que esta deberá ser negociada con el propietario para adquirir el predio por parte del ente gubernamental.

Figura 35. Perfil longitudinal simulado correspondiente al Q.233 y Q100 (Condición proyectada)



Fuente: Elaboración propia.

La figura 34 presenta el perfil longitudinal para el Tr2.33 y el Tr100, donde la línea de color café representa el fondo del río, la línea roja la lámina de inundación para el Tr2.33 y la línea azul la lámina de inundación para el Tr100 para la condición proyectada. Se observa una disminución significativa de la lámina de agua con respecto a la condición existente.

3.4 AMENAZA POR INUNDACIÓN

El siguiente capítulo se procesa en tres etapas: áreas inundables, profundidad y velocidad. Se visualizarán en este documento solo los mapas de la situación proyectada para un período de retorno de 100 años, los mapas restantes para el Tr2.33, Tr10 Tr50 y Tr 500 se encuentran como anexos de este informe.

3.4.1 Areas Inundables. En el siguiente mapa se muestra el área de inundación de la condición proyectada para un período de retorno de 100 años. Este mapa se obtiene realizando una importación del modelo hidráulico planteado en el programa HEC-RAS a un formato GIS que es compatible con ArcGis, toda la información es procesada mediante HEC-geoRAS; la ventaja de realizar este procedimiento con esta herramienta radica en la capacidad de ArcGis para mejorar tanto la representación visual como el manejo de la información.

Figura 36. Mancha de inundación Q 100 años (Condición proyectada)



Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Profundidad de lámina. En el siguiente mapa se identifican las profundidades de la lámina de agua para Tr100 años. Este mapa es consecuencia de la comparación de la superficie del terreno con la zona de inundación. Se identifica con un color azul intenso las zonas donde se presentan alturas de lámina de agua que oscilan entre los 2.00m y 3.80m, las profundidades con azul menos intenso corresponden a profundidades menores a los 2.00m

Este mapa se genera por medio de una capa tipo raster que se crea de la importación de resultados del programa HEC-RAS a Gis con los datos de las profundidades.

Figura 37. Mapa de profundidades Q 100 años (Condición proyectada)

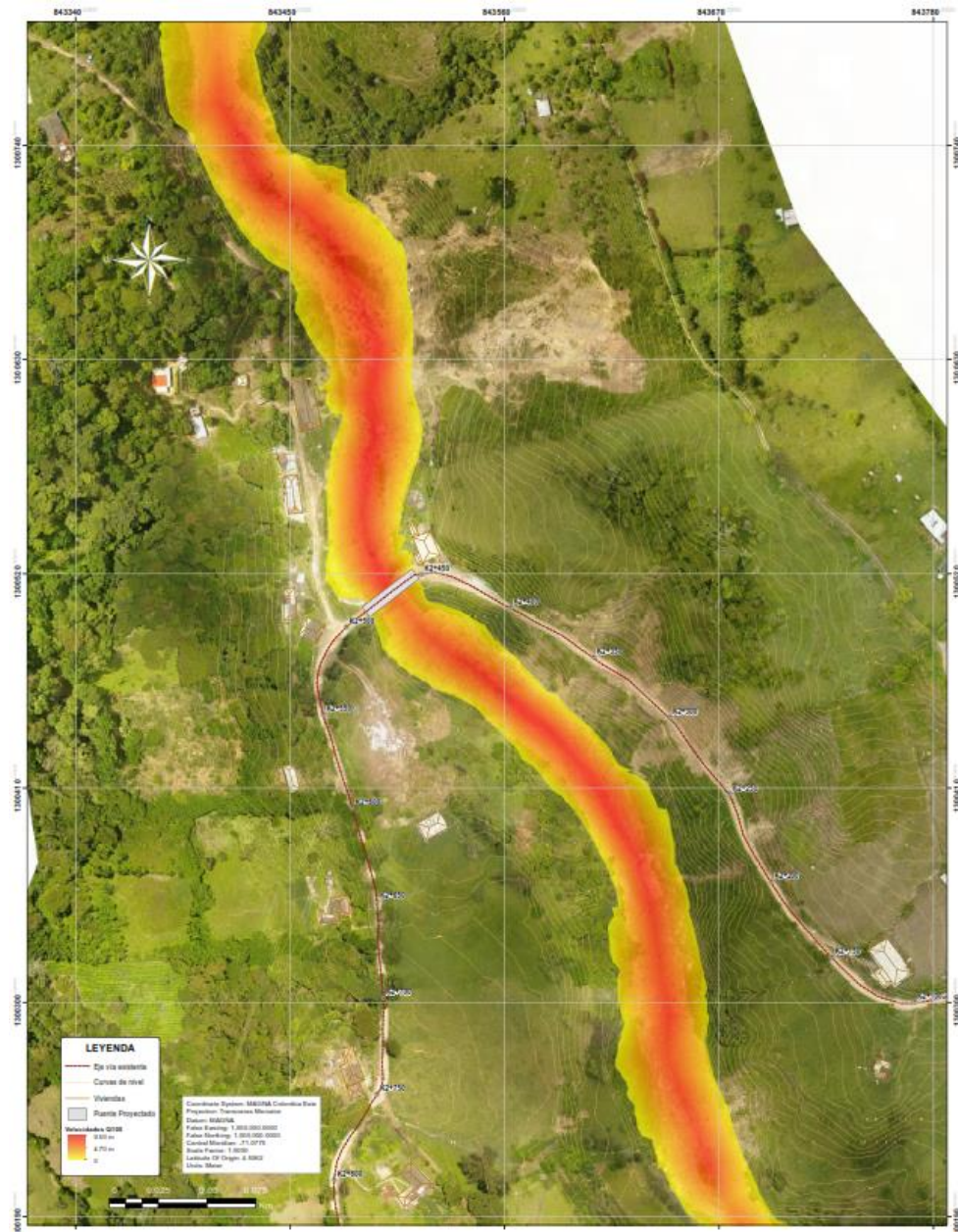


Fuente: Elaboración propia.

3.4.3 Velocidades del flujo. El siguiente mapa muestra las velocidades asociadas al caudal para período de retorno de 100 años, se identifican en color naranja intenso las velocidades mayores a 4.70 m/s hasta 9.50 m/s, que generalmente coinciden con el eje del río. Las velocidades menores a 4.00 m/s se identifican con

color amarillo.

Figura 38. Mapa de velocidades para Tr 100 años condición proyectada



Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Para el desarrollo del presente proyecto se analizó la información suministrada por la Gobernación de Norte de Santander con la cual se estimó el número de curva y la sección hidráulica del río Culagá en la Abscisa PR2+500 en el sector Puente, en una longitud de 500m aguas arriba y 500m aguas abajo.

La estación meteorológica utilizada para el presente proyecto fue la Estación Labateca con código de identificación IDEAM [37010010], por ser la más homogénea y continúa. Para esta estación se realizó un análisis de frecuencias, utilizando distribuciones continuas (Normal, Log normal, Gumbel, Log Gumbel y Log Pearson tipo III), aplicándoles una prueba de bondad y ajuste, obteniendo que la que mejor se ajusta al comportamiento de los datos históricos es la distribución de probabilidad Gumbel.

El río Culaga se encuentra entre los municipios de Toledo y Labateca en el Departamento de Norte de Santander y hace parte de una cuenca que abarca un área de 221.71 km², configurada de forma Oval redonda - oval oblonga y caracterizada con un factor de forma pequeño, que la hace menos propensa a depender de crecientes por tener menor rapidez para la concentración del escurrimiento de una lluvia intensa.

La modelación hidrológica en la cuenca permitió estimar los caudales máximos en el sector puente PR2+500 para los períodos de retorno entre 2.33 y 500 años. Los valores obtenidos estuvieron entre los 144.40 m³/s y los 1112.40 m³/s, teniendo en cuenta que el caudal de diseño de 100 años fue de 662.50 m³/s. Estos caudales fueron calculados mediante la aplicación de un modelo lluvia-escorrentía en HEC-HMS, empleando tormentas de diseño para cada uno de los periodos de retorno a partir de información de curvas IDF representativas de la zona de estudio.

Los niveles del Río Culaga fueron estimados a partir de los caudales de diseño elaborando un modelo hidráulico en el programa HEC-RAS. Para este modelo se tomó un tramo de aproximadamente 1000m en el cual se definieron un total de 51 secciones transversales, para las cuales se estimaron las condiciones de rugosidad y de frontera.

Al realizar el análisis de las áreas inundables del río Culaga, se obtiene que para el tiempo de retorno de 100 años, existe la probabilidad de se vean afectadas las viviendas del borde derecho y el camino de acceso que comunica cabeceras municipales, adicionalmente la sección hidráulica del puente no cumple con el

gálibo mínimo exigido en la normativa del INVIAS para el periodo de diseño. Se evidencia que estas afectaciones podrían ocurrir por un represamiento que se presenta a la margen derecha generada por una reducción de la sección del río Culaga aguas arriba en cercanías al puente.

Se realizó una simulación hidráulica para analizar la disminución de los niveles del río, con el fin de estudiar la reducción de los impactos que tendría una posible inundación; además de evaluar el gálibo mínimo exigido por el INVIAS, considerando una sección hidráulica modificada mediante un corte para mejorar el alineamiento del cauce y aumentar la geometría transversal en el borde izquierdo del río en la zona del puente. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios debido a que se reduce la cota de la lámina de agua, permitiendo obtener para el Q100 un gálibo de 4.40m cumpliendo con la normativa y un área inundable que no alcanza a afectar las viviendas del borde derecho del río.

Por otro lado, el presente estudio permite conocer las características y condiciones del flujo que son de gran importancia para el manejo, planificación y administración de la cuenca del río Culaga, además de ser beneficiosa para la continuación de este tipo de estudios y para nuevos proyectos con los cuales se pueda ver beneficiada la población.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda para el presente estudio realizar la ampliación de la sección hidráulica del puente existente de 23 metros a 37 metros de longitud hacia el borde izquierdo del río Culagá (Lado Toledo) con el fin de evitar el remanso del flujo y respectivo impacto en las viviendas ubicadas hacia el borde derecho del río en aproximaciones al puente; además de cumplir con el gálibo mínimo exigido. Para estas obras se deberá reubicar las familias que poseen vivienda en la margen izquierda del río en la zona cercana al puente, hasta el momento del presente estudio solo estaría afectada una vivienda que actualmente funciona como tienda . Adicionalmente se sugiere una reforestación a la margen del río Culagá para fortalecer la conservación del recurso natural y a la vez disminuir los efectos de erosión del suelo producidas por la precipitación.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDIA DE BOGOTA. Proyecto de organización territorial amenaza por inundación. Bogotá: La Alcaldía, 2019.

ASENCIO, R. Métodos para la determinación del tiempo de concentración (tc) de una cuenca hidrográfica. (En línea) (Citado el 27 de junio del 2016). Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10779/Tiempo%20de%20concentraci%C3%B3n.pdf>

BENAYAS R. GEASIG. Para que sirve esto. (En línea) (Citado el 24 de abril del 2016). Disponible en: <https://www.geasig.com/que-es-hec-ras-y-para-que-sirve/>

CARDENAS N, MUÑOZ J. y RIAÑO, E. Evaluación de amenaza por inundación en el sector Betania del municipio de gachancipá, perteneciente a la cuenca alta del río Bogotá. Trabajo de grado. Bogota: Universidad Católica de Colombia; 2017.

CARDONA B. Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas. Maestría en energía y ambiente. Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2016.

CHOW, T. "Handbook of Applied Hydrology". Bogotá: McGraw Hill Book Company: 1992.

CHOW, T., MAIDMENT, R., MAYS, W., SALDARRIAGA, J. y SANTOS, G. Hidrología aplicada. Bogotá: McGraw-Hill; 1951.

_____. Hidrología aplicada. Bogotá: McGraw-Hill; 1992.

_____. Hidrología aplicada. Bogotá: McGraw-Hill; 1994.

CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Ley 1523 de 2012 (abril 24) Diario Oficial No. 48.411 de 24 de abril de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Bogota: El Congreso; 2012.

CONSEJO MUNICIPAL DE GESTION DEL RIESGO. Plan municipal para la gestión del riesgo. Departamento Norte de Santander: Alcaldía de Lobateca; 2014.

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. Título I, relacionado con la protección del ambiente. (En línea) (Citado el 19 de abril del 2018). Disponible en: [http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Colombia/\(Microsoft%20Word%20-%20Constituci.pdf](http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Colombia/(Microsoft%20Word%20-%20Constituci.pdf)

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL. Plan estrategico ambiental regional. Bogotá: CORPONOR; 2016.

FIGUEROA, K. y VELASQUEZ, S. Estudio de amenaza por inundación en la cabecera municipal del municipio de garzón-huila, mediante el software hec-ras en 2d para tr 10, 20 y 100 años. Bogota: Universidad Catolica de Colombia; 2019.

GARZON, J. y SUA, N. Estudios y diseños para la adecuación hidráulica de 5 km del río chicú como medida de prevención y control de inundaciones. Bogota: Universidad Catolica de Colombia; 2019.

GUERRERO, R, SERPA, D. y VASQUEZ, D. Análisis geomorfológico de la cuenca del Río Mazán. (En línea) (Citado el 18 de septiembre del 2015). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303541456_analisis_geomorfologico_de_la_cuenca_del_rio_mazan

GUITIERREZ, M., PARODI, G. y DAMIANO, F. Análisis de amenaza por inundación en área urbana empleando modelos hidrodinámicos y herramientas sig (Pergamino, Argentina). Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Clima y Agua; 2016.

HURTADO, E. Análisis del impacto del fenómeno “la niña” 2010-2011 en la hidroclimatología del país. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; 2016.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. IDEAM. Informe Batimetria Lago Tota. Bogotá: El Instituto; 2016.

INSTITUTO DISTRITAL DE GESTION DE RIESGO. Caracterización General del Escenario de Riesgo por Inundación. Bogotá: IDIGER; 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de drenaje para carreteras. Bogotá: INVIAS; 2013.

MEJIA, L. Análisis de amenaza por inundación para la localidad de Tunjuelito, desarrollado a través de sistemas de información geográfica. Bogota: Universidad Católica de Colombia; 2014.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Decreto 1807 de 2014. (Septiembre 19) Diario Oficial No. 49.279 Bogota: La Presidencia; 2014.

ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS. Definición de llanura de inundación y evaluación del peligro de inundaciones. (En línea) (Citado el 19 de Octubre del 2018). Disponible en: <https://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/ch13.htm>

PALACIOS, C. y BERMUDEZ, O. Análisis del riesgo por inundación utilizando herramientas Sig para la cuenca del Río Quito. Manizales: Universidad de Manizales; 2016.

PASCUAL, J. y DIAZ, M. Guía práctica sobre la modelización hidrológica y el modelo HEC-HMS. Madrid: Centro para el Conocimiento del Paisaje, Instituto IMDEA Agua; 2016.

PEREZ, G. Modelación hidrológica continua para fines de pronóstico de avenidas en ríos. Subcoordinación de posgrado, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del agua, Coordinación de desarrollo Profesional e institucional, 2015.

PORRAS, J. y SERRANO, A. Estudio hidrológico-hidráulico para el diseño del puente sobre la quebrada padre José Ruta Sixaola-Gandoca. San Jose de Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería; 2014.

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 1974 de 2013. Por el cual se establece el procedimiento para la expedición y actualización del Plan Nacional de Gestión del Riesgo. Bogota: La Presidencia; 2013.

RODRÍGUEZ, E. Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2016. 379 p.

ROJAS, J. Morfometría de cuencas. (En línea) (Citado el 21 de Mayo del 2010). Disponible en: <http://julianrojo.weebly.com/uploads/1/2/0/0/12008328/morfometria.pdf>

SEDANO, K. Gestión integrada del riesgo de Inundaciones en Colombia. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2012.

SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL DE COLOMBIA. Mapas de inundación de Colombia. (En línea) (Citado el 13 de Julio del 2019). Disponible en: <http://www.siac.gov.co/inundaciones>

UNIVERSIDAD DE SONORA. Hidrología superficial. (En línea) (Citado el 22 de Agosto del 2013). Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10706/capitulo3.pdf>

VILLEGAS, B. Agua y SIG, planteamientos para las secuencias de escorrentías. (En línea) (Citado el 08 de Diciembre del 2014). Disponible en: <https://aguaysig.com/tiempo-de-concentracion-de-la-cuenca/>

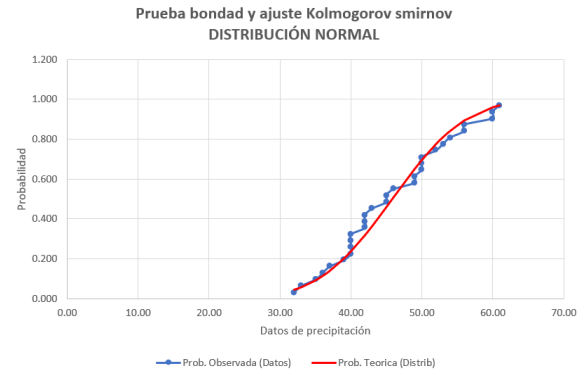
ANEXOS

Anexo A. Distribuciones de probabilidad

DISTRIBUCIÓN NORMAL

N°	AÑO	Precip
		max 24 h (mm)
1	1990	50.00
2	1991	45.00
3	1992	50.00
4	1993	45.00
5	1994	39.00
6	1995	40.00
7	1996	61.00
8	1997	32.00
9	1998	42.00
10	1999	56.00
11	2000	33.00
12	2001	36.00
13	2002	40.00
14	2003	42.00
15	2004	49.00
16	2005	46.00
17	2006	43.00
18	2007	53.00
19	2008	48.00
20	2009	60.00
21	2010	42.00
22	2011	54.00
23	2012	56.00
24	2013	35.00
25	2014	37.00
26	2015	50.00
27	2016	60.00
28	2017	40.00
29	2018	40.00
30	2019	52.00
Numero de datos n		30
Media X		45.87
Desv. Estandar s		8.19
Coef. Asimetría Cs		0.24

		Probabilidad Observada	Probabilidad Teórica	DISTRIBUCIÓN NORMAL			
m	x	P(x)	Z	F(x)	Delta		
1	32.00	0.032	-1.693	0.04551	0.01325		
2	33.00	0.065	-1.571	0.05809	0.00642		
3	35.00	0.097	-1.327	0.09226	0.00452		
4	36.00	0.129	-1.205	0.11411	0.01493		
5	37.00	0.161	-1.083	0.13941	0.02188		
6	39.00	0.194	-0.838	0.20101	0.00747		
7	40.00	0.226	-0.716	0.23700	0.01119		
8	40.00	0.258	-0.716	0.23700	0.02107		
9	40.00	0.290	-0.716	0.23700	0.05333		
10	40.00	0.323	-0.716	0.23700	0.08558		
11	42.00	0.355	-0.472	0.31847	0.03637		
12	42.00	0.387	-0.472	0.31847	0.06863		
13	42.00	0.419	-0.472	0.31847	0.10089		
14	43.00	0.452	-0.350	0.36317	0.08844		
15	45.00	0.484	-0.106	0.45779	0.02608		
16	45.00	0.516	-0.106	0.45779	0.05834		
17	46.00	0.548	0.016	0.50638	0.04200		
18	49.00	0.581	0.383	0.64914	0.06849		
19	49.00	0.613	0.383	0.64914	0.03624		
20	50.00	0.645	0.505	0.69322	0.04805		
21	50.00	0.677	0.505	0.69322	0.01580		
22	50.00	0.710	0.505	0.69322	0.01646		
23	52.00	0.742	0.749	0.77307	0.03113		
24	53.00	0.774	0.871	0.80812	0.03393		
25	54.00	0.806	0.993	0.83891	0.03246		
26	56.00	0.839	1.237	0.89195	0.05324		
27	56.00	0.871	1.237	0.89195	0.02098		
28	60.00	0.903	1.726	0.95782	0.05459		
29	60.00	0.935	1.726	0.95782	0.02234		
30	61.00	0.968	1.848	0.96770	0.00005		

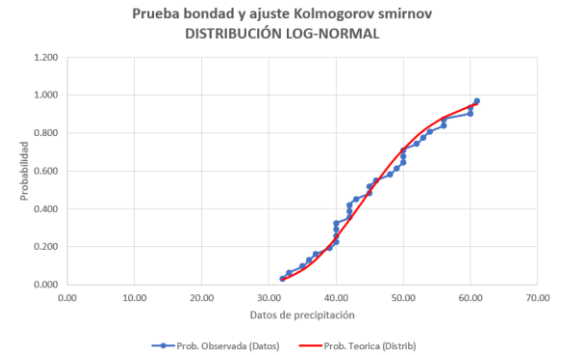


Delta teórico Δ	0.1009
Delta tabular Δ_0	0.240
Nivel de significancia	0.05
Grado de libertad	29

Como el $\Delta < \Delta O$ se refiere que el **ajuste es bueno** a un nivel de significancia del 0.05

DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL

N°	AÑO	Precip max 24 h (mm)	Probabilidad		DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL						
			Observada	Teórica	m	x	Y = Ln(x)	P(x)	Z	F(x)	Delta
1	1990	50.00			1	32.00	3.466	0.032	-1.918	0.02756	0.005
2	1991	45.00			2	33.00	3.497	0.065	-1.747	0.04032	0.024
3	1992	50.00			3	35.00	3.555	0.097	-1.419	0.07795	0.019
4	1993	45.00			4	36.00	3.584	0.129	-1.262	0.10347	0.026
5	1994	39.00			5	37.00	3.611	0.161	-1.110	0.13350	0.028
6	1995	40.00			6	39.00	3.664	0.194	-0.817	0.20697	0.013
7	1996	61.00			7	40.00	3.689	0.226	-0.676	0.24952	0.024
8	1997	32.00			8	40.00	3.689	0.258	-0.676	0.24952	0.009
9	1998	42.00			9	40.00	3.689	0.290	-0.676	0.24952	0.041
10	1999	56.00			10	40.00	3.689	0.323	-0.676	0.24952	0.073
11	2000	33.00			11	42.00	3.738	0.355	-0.404	0.34311	0.012
12	2001	36.00			12	42.00	3.738	0.387	-0.404	0.34311	0.044
13	2002	40.00			13	42.00	3.738	0.419	-0.404	0.34311	0.076
14	2003	42.00			14	43.00	3.761	0.452	-0.273	0.39243	0.059
15	2004	49.00			15	45.00	3.807	0.484	-0.020	0.49202	0.008
16	2005	46.00			16	45.00	3.807	0.516	-0.020	0.49202	0.024
17	2006	43.00			17	46.00	3.829	0.548	0.102	0.54062	0.008
18	2007	53.00			18	48.00	3.871	0.581	0.339	0.63269	0.052
19	2008	48.00			19	49.00	3.892	0.613	0.454	0.67508	0.062
20	2009	60.00			20	50.00	3.912	0.645	0.567	0.71464	0.069
21	2010	42.00			21	50.00	3.912	0.677	0.567	0.71464	0.037
22	2011	54.00			22	50.00	3.912	0.710	0.567	0.71464	0.005
23	2012	56.00			23	52.00	3.951	0.742	0.785	0.78377	0.042
24	2013	35.00			24	53.00	3.970	0.774	0.891	0.81327	0.039
25	2014	37.00			25	54.00	3.989	0.806	0.995	0.83891	0.032
26	2015	50.00			26	56.00	4.025	0.839	1.198	0.88298	0.044
27	2016	60.00			27	56.00	4.025	0.871	1.198	0.88298	0.012
28	2017	40.00			28	60.00	4.094	0.903	1.582	0.94318	0.040
29	2018	40.00			29	60.00	4.094	0.935	1.582	0.94318	0.008
30	2019	52.00			30	61.00	4.111	0.968	1.674	0.95293	0.015
Numero de datos n		30									
Media X (ln)		3.81									
Desv. Estandar s (ln)		0.18									



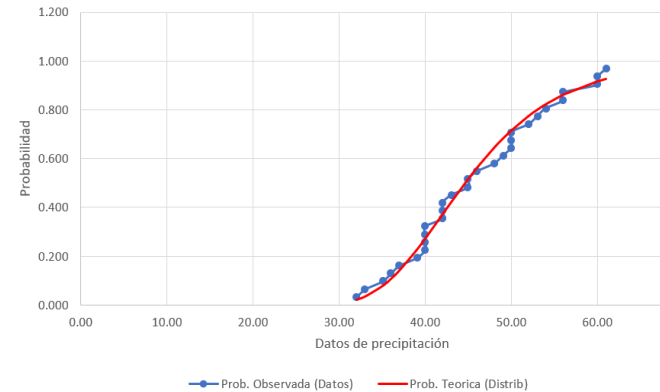
Grado de libertad	29.00
Delta teórico Δ	0.076
Delta tabular ΔO	0.240
Nivel de significancia	0.05

Como el $\Delta < \Delta O$ se refiere que **el ajuste es bueno** a un nivel de significancia del 0.05

DISTRIBUCIÓN GUMBEL

DISTRIBUCIÓN GUMBEL					
			Probailidad Teorica	Probailidad Observada	
m	xi	yi	Px	Fxm	S
1	32.00	-1.347	0.021	0.032	0.01090
2	33.00	-1.211	0.035	0.065	0.02970
3	35.00	-0.940	0.077	0.097	0.01940
4	36.00	-0.804	0.107	0.129	0.02194
5	37.00	-0.668	0.142	0.161	0.01907
6	39.00	-0.396	0.226	0.194	0.03262
7	40.00	-0.261	0.273	0.226	0.04736
8	40.00	-0.261	0.273	0.258	0.01510
9	40.00	-0.261	0.273	0.290	0.01716
10	40.00	-0.261	0.273	0.323	0.04942
11	42.00	0.011	0.372	0.355	0.01711
12	42.00	0.011	0.372	0.387	0.01515
13	42.00	0.011	0.372	0.419	0.04741
14	43.00	0.147	0.422	0.452	0.02989
15	45.00	0.418	0.518	0.484	0.03400
16	45.00	0.418	0.518	0.516	0.00174
17	46.00	0.554	0.563	0.548	0.01462
18	48.00	0.826	0.645	0.581	0.06479
19	49.00	0.962	0.682	0.613	0.06944
20	50.00	1.098	0.716	0.645	0.07112
21	50.00	1.098	0.716	0.677	0.03886
22	50.00	1.098	0.716	0.710	0.00660
23	52.00	1.369	0.775	0.742	0.03352
24	53.00	1.505	0.801	0.774	0.02671
25	54.00	1.641	0.824	0.806	0.01736
26	56.00	1.912	0.863	0.839	0.02397
27	56.00	1.912	0.863	0.871	0.00829
28	60.00	2.456	0.918	0.903	0.01455
29	60.00	2.456	0.918	0.935	0.01771
30	61.00	2.592	0.928	0.968	0.03991

Prueba bondad y ajuste Kolmogorov smirnov
DISTRIBUCIÓN GUMBEL

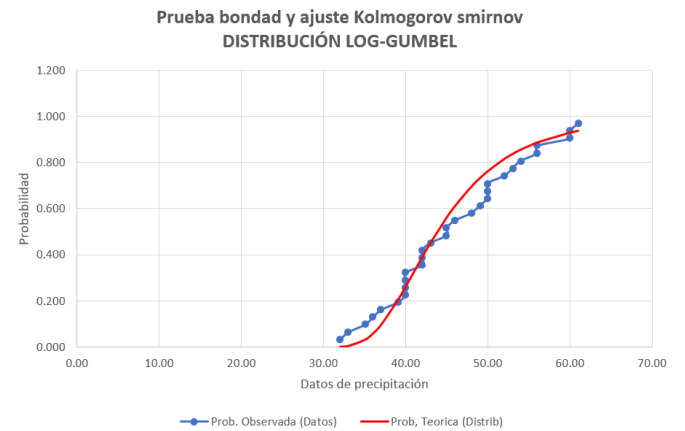


a	0.14
Sn (Tabla 3.6 Hidrologia en la ingenieria German Monsalve)	1.11
xf	41.92
Yn (Tabla 3.6 Hidrologia en la ingenieria German Monsalve)	0.54
S (Desviación estándar)	8.19
X (Promedio de los datos de la muestra)	45.87
n (numero de datos)	30.00
Delta teórico Δ	0.071
Delta tabular ΔO	0.240

Como el $\Delta < \Delta O$ se refiere que **el ajuste es bueno** a un nivel de significancia del 0.05

DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL

		Probabilidad Observada	DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL					Probabilidad Teórica
m	x	P(x)	Ln(x)	(Ln(x)-MediaLn(X))^2	y	G(y)	Delta	
1	32.00	0.032	3.466	0.119	-1.883	0.001	0.031	
2	33.00	0.065	3.497	0.098	-1.663	0.005	0.059	
3	35.00	0.097	3.555	0.065	-1.243	0.031	0.066	
4	36.00	0.129	3.584	0.051	-1.042	0.059	0.070	
5	37.00	0.161	3.611	0.040	-0.846	0.097	0.064	
6	39.00	0.194	3.664	0.022	-0.470	0.202	0.008	
7	40.00	0.226	3.689	0.015	-0.289	0.263	0.037	
8	40.00	0.258	3.689	0.015	-0.289	0.263	0.005	
9	40.00	0.290	3.689	0.015	-0.289	0.263	0.027	
10	40.00	0.323	3.689	0.015	-0.289	0.263	0.060	
11	42.00	0.355	3.738	0.005	0.059	0.390	0.035	
12	42.00	0.387	3.738	0.005	0.059	0.390	0.002	
13	42.00	0.419	3.738	0.005	0.059	0.390	0.030	
14	43.00	0.452	3.761	0.002	0.227	0.451	0.001	
15	45.00	0.484	3.807	0.000	0.552	0.562	0.078	
16	45.00	0.516	3.807	0.000	0.552	0.562	0.046	
17	46.00	0.548	3.829	0.000	0.709	0.611	0.063	
18	48.00	0.581	3.871	0.004	1.012	0.695	0.115	
19	49.00	0.613	3.892	0.007	1.160	0.731	0.118	
20	50.00	0.645	3.912	0.010	1.304	0.762	0.117	
21	50.00	0.677	3.912	0.010	1.304	0.762	0.085	
22	50.00	0.710	3.912	0.010	1.304	0.762	0.053	
23	52.00	0.742	3.951	0.020	1.584	0.815	0.073	
24	53.00	0.774	3.970	0.026	1.720	0.836	0.062	
25	54.00	0.806	3.989	0.032	1.854	0.855	0.049	
26	56.00	0.839	4.025	0.046	2.113	0.886	0.047	
27	56.00	0.871	4.025	0.046	2.113	0.886	0.015	
28	60.00	0.903	4.094	0.081	2.606	0.929	0.026	
29	60.00	0.935	4.094	0.081	2.606	0.929	0.007	
30	61.00	0.968	4.111	0.090	2.724	0.936	0.031	
Suma			0.935					

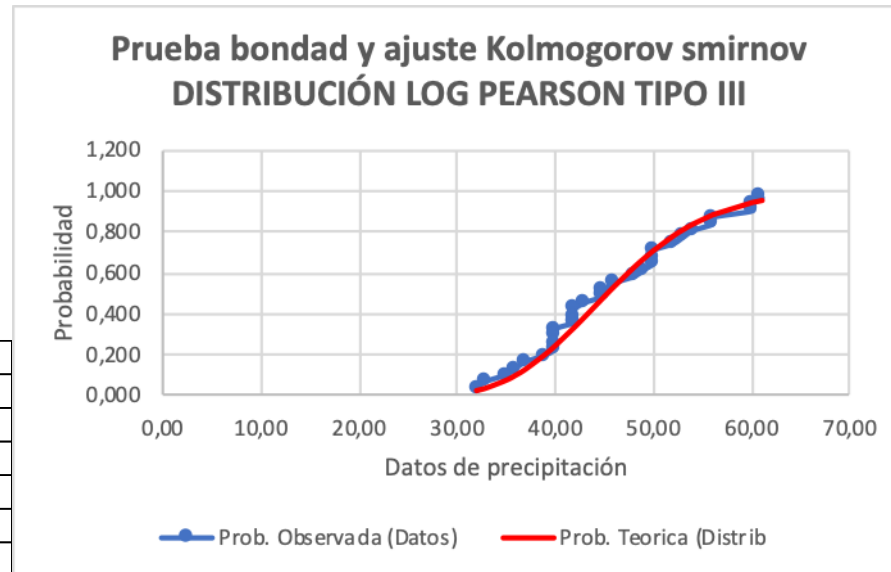


Numero de datos n	30
Media x (ln)	3.810
Desv. Estandar $S_{ln(x)}$	0.180
α	0.14
μ	3.73
Delta teórico Δ	0.118
Delta tabular ΔO	0.240
Grado de libertad	29

DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III

DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III											
m	x	Y = Log(x)	P(x>=xd)	P. n.e. (Probabilidad de no excedencia) = G(y) DATOS	T (años)	KT Teorico	P(x) Teorica	z	KT=f(z)	P n.e. TEO = G(y)	Delta
1	61.00	1.785	0.032	0.968	31.0	1.674	0.045150029	1.694	1.674	0.955	0.013
2	60.00	1.778	0.065	0.935	15.5	1.582	0.05495655	1.599	1.582	0.945	0.010
3	60.00	1.778	0.097	0.903	10.3	1.582	0.05495655	1.599	1.582	0.945	0.042
4	56.00	1.748	0.129	0.871	7.8	1.198	0.114548081	1.203	1.198	0.885	0.014
5	56.00	1.748	0.161	0.839	6.2	1.198	0.114548081	1.203	1.198	0.885	0.047
6	54.00	1.732	0.194	0.806	5.2	0.995	0.159786351	0.995	0.995	0.840	0.034
7	53.00	1.724	0.226	0.774	4.4	0.891	0.186934068	0.889	0.891	0.813	0.039
8	52.00	1.716	0.258	0.742	3.9	0.785	0.217236596	0.782	0.786	0.783	0.041
9	50.00	1.699	0.290	0.710	3.4	0.567	0.287870513	0.560	0.567	0.712	0.002
10	50.00	1.699	0.323	0.677	3.1	0.567	0.287870513	0.560	0.567	0.712	0.035
11	50.00	1.699	0.355	0.645	2.8	0.567	0.287870513	0.560	0.567	0.712	0.067
12	49.00	1.690	0.387	0.613	2.6	0.454	0.327801766	0.446	0.454	0.672	0.059
13	48.00	1.681	0.419	0.581	2.4	0.339	0.370575554	0.330	0.340	0.629	0.049
14	46.00	1.663	0.452	0.548	2.2	0.102	0.46309182	0.093	0.103	0.537	0.011
15	45.00	1.653	0.484	0.516	2.1	-0.020	0.511831024	-0.030	-0.019	0.488	0.028
16	45.00	1.653	0.516	0.484	1.9	-0.020	0.511831024	-0.030	-0.019	0.488	0.004
17	43.00	1.633	0.548	0.452	1.8	-0.273	0.611344982	-0.283	-0.273	0.389	0.063
18	42.00	1.623	0.581	0.419	1.7	-0.404	0.660125427	-0.413	-0.404	0.340	0.079
19	42.00	1.623	0.613	0.387	1.6	-0.404	0.660125427	-0.413	-0.404	0.340	0.047
20	42.00	1.623	0.645	0.355	1.6	-0.404	0.660125427	-0.413	-0.404	0.340	0.015
21	40.00	1.602	0.677	0.323	1.5	-0.676	0.752220245	-0.681	-0.676	0.248	0.075
22	40.00	1.602	0.710	0.290	1.4	-0.676	0.752220245	-0.681	-0.676	0.248	0.043
23	40.00	1.602	0.742	0.258	1.3	-0.676	0.752220245	-0.681	-0.676	0.248	0.010
24	40.00	1.602	0.774	0.226	1.3	-0.676	0.752220245	-0.681	-0.676	0.248	0.022
25	39.00	1.591	0.806	0.194	1.2	-0.817	0.793857735	-0.820	-0.816	0.206	0.013
26	37.00	1.568	0.839	0.161	1.2	-1.110	0.86597281	-1.108	-1.110	0.134	0.027
27	36.00	1.556	0.871	0.129	1.1	-1.262	0.895484202	-1.256	-1.262	0.105	0.025
28	35.00	1.544	0.903	0.097	1.1	-1.419	0.920630131	-1.409	-1.420	0.079	0.017
29	33.00	1.519	0.935	0.065	1.1	-1.747	0.957812064	-1.726	-1.747	0.042	0.022
30	32.00	1.505	0.968	0.032	1.0	-1.918	0.970692132	-1.891	-1.918	0.029	0.003

Numero de datos n	30
Media x (Log)	1.655
Desv. Estandar S (Log)	0.078
Coefficiente Asimetria	-0.0636
k	-0.0106
Delta teórico Δ	0.079
Delta tabular ΔO	0.240



$\text{Log } X_T = \text{prom}(\text{Log}X) + K_T * \text{DesvEst}(\text{Log}X)$
 $(\text{Log}X_T - \text{prom}(\text{Log}X)) / \text{DesvEst}(\text{Log}X) = K_T$
 $P \text{ n.e.} = 1-p$

Como el $\Delta < \Delta O$ se refiere que **el ajuste es bueno** a un nivel de significancia del 0.05

Anexo B. Análisis de factores de frecuencia hidrológica

MODELO FACTORES DE FRECUENCIA DIST. LOG GUMBEL

Prec. Max. 24h	m	Ln(x)
61.00	1	4.11
60.00	2	4.09
60.00	3	4.09
56.00	4	4.03
56.00	5	4.03
54.00	6	3.99
53.00	7	3.97
52.00	8	3.95
50.00	9	3.91
50.00	10	3.91
50.00	11	3.91
49.00	12	3.89
48.00	13	3.87
46.00	14	3.83
45.00	15	3.81
45.00	16	3.81
43.00	17	3.76
42.00	18	3.74
42.00	19	3.74
42.00	20	3.74
40.00	21	3.69
40.00	22	3.69
40.00	23	3.69
40.00	24	3.69
39.00	25	3.66
37.00	26	3.61
36.00	27	3.58
35.00	28	3.56
33.00	29	3.50
32.00	30	3.47

F.d.p Log Gumbel			
Tr	KT	Log(P_T)	Pmax 24h (Log Gumbel)
1.10	-1.13	3.61	36.85
2.33	0.00	3.81	45.17
5.00	0.72	3.94	51.39
10.00	1.30	4.04	57.09
20.00	1.87	4.15	63.14
50.00	2.59	4.28	71.94
100.00	3.14	4.37	79.33
500.00	4.39	4.60	99.44

Media Ln(x)	3.810
DesvEstnd	0.180

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

$$\log(P_T) = \bar{x} + K_T S$$

$$Pmax(Log Gumbel) = Exp(\log(P_T))$$

MODELO FACTORES DE FRECUENCIA DIST. GUMBEL

Prec. Max. 24h	m
61.00	1
60.00	2
60.00	3
56.00	4
56.00	5
54.00	6
53.00	7
52.00	8
50.00	9
50.00	10
50.00	11
49.00	12
48.00	13
46.00	14
45.00	15
45.00	16
43.00	17
42.00	18
42.00	19
42.00	20
40.00	21
40.00	22
40.00	23
40.00	24
39.00	25
37.00	26
36.00	27
35.00	28
33.00	29
32.00	30

f.d.p Gumbel		
Tr	KT	Pmax 24h (Gumbel)
1.1	-1.13	36.60
2.33	0.00	45.88
5	0.72	51.76
10	1.30	56.55
20	1.87	61.15
50	2.59	67.10
100	3.14	71.56
500	4.39	81.86

Media	45.9
DesvEstnd	8.19

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

$$P_{\max} (\text{Gumbel}) = \bar{x} + K_T S$$

MODELO FACTORES DE FRECUENCIA DIST. LOG NORMAL

Prec. Max. 24h	m	(x-Media)^3
61	1	3465.80
60	2	2823.15
60	3	2823.15
56	4	1040.54
56	5	1040.54
54	6	538.03
53	7	362.98
52	8	230.72
50	9	70.62
50	10	70.62
50	11	70.62
49	12	30.76
48	13	9.71
46	14	0.00
45	15	-0.65
45	16	-0.65
43	17	-23.56
42	18	-57.81
42	19	-57.81
42	20	-57.81
40	21	-201.92
40	22	-201.92
40	23	-201.92
40	24	-201.92
39	25	-323.77
37	26	-697.08
36	27	-960.53
35	28	-1283.18
33	29	-2130.09
32	30	-2666.34
	Suma	3510.26

f.d.p Log Normal		
Tr	KT	Pmax 24h (Log Normal)
1.1	-1.41	34.32
2.33	0.06	46.35
5	0.83	52.68
10	1.51	58.24
20	1.69	59.74
50	1.98	62.08
100	2.46	65.98
500	2.86	69.26

Media	45.9
DesvEstnd	8.19
Coef. Oblicui	0.18

KT = Se obtiene del cuadro 3A.1 (Libro hidrología en la ingeniería)

$$P_{max} (\text{LogNormal}) = \bar{x} + K_T S$$

MODELO FACTORES DE FRECUENCIA DIST. NORMAL

Prec. Max. 24h	m
61	1
60	2
60	3
56	4
56	5
54	6
53	7
52	8
50	9
50	10
50	11
49	12
48	13
46	14
45	15
45	16
43	17
42	18
42	19
42	20
40	21
40	22
40	23
40	24
39	25
37	26
36	27
35	28
33	29
32	30

f.d.p Normal				
Tr	p	w	KT	Pmax 24h (Normal)
1.1	0.909	0.437	-1.289	35.306
2.33	0.429	1.301	0.178	47.325
5	0.200	1.794	0.841	52.759
10	0.100	2.146	1.282	56.365
20	0.050	2.448	1.645	59.342
50	0.020	2.797	2.054	62.692
100	0.010	3.035	2.327	64.924
500	0.002	3.526	2.879	69.443

Media	45.87
DesvEstnd	8.19

$$P = \frac{1}{Tr}$$

$$W = \left[\ln \left(\frac{1}{P^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

(0 < p < 0.5)

Cuando p > 0.5, 1-p es sustituido por p

$$KT = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328 w^2}{1 + 143278w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}$$

$$P_{max} (Normal) = \bar{x} + K_T S$$

MODELO FACTORES DE FRECUENCIA DIST. LOG PEARSON TIPO III

Prec. Max. 24h	m	yi	(yi-Media(ln)) ³
61	1	4.111	0.027
60	2	4.094	0.023
60	3	4.094	0.023
56	4	4.025	0.010
56	5	4.025	0.010
54	6	3.989	0.006
53	7	3.970	0.004
52	8	3.951	0.003
50	9	3.912	0.001
50	10	3.912	0.001
50	11	3.912	0.001
49	12	3.892	0.001
48	13	3.871	0.000
46	14	3.829	0.000
45	15	3.807	0.000
45	16	3.807	0.000
43	17	3.761	0.000
42	18	3.738	0.000
42	19	3.738	0.000
42	20	3.738	0.000
40	21	3.689	-0.002
40	22	3.689	-0.002
40	23	3.689	-0.002
40	24	3.689	-0.002
39	25	3.664	-0.003
37	26	3.611	-0.008
36	27	3.584	-0.012
35	28	3.555	-0.017
33	29	3.497	-0.031
32	30	3.466	-0.041

f.d.p Log Pearson Tipo III			
Tr	KT	Log(P_T)	Pmax 24h (LogPearsonIII)
1.1	-2.22	3.41	30.31
2.33	0.09	3.83	45.91
5	0.84	3.96	52.54
10	1.28	4.04	56.85
20	1.59	4.10	60.13
50	2.05	4.18	65.31
100	2.33	4.23	68.58
500	2.58	4.27	71.73

Media (ln)	3.81
DesvEstnd (ln)	0.18
Coef. Oblicui	-0.002

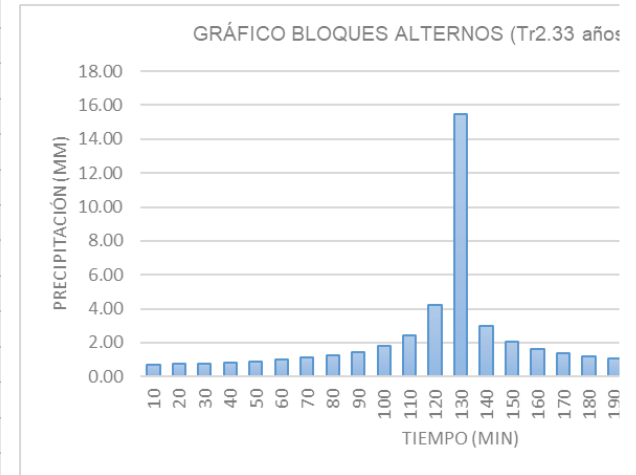
KT = Se obtiene del cuadro 3A.2 (Libro hidrología en la ingeniería)

$$\log(P_T) = \bar{x} + K_T S$$

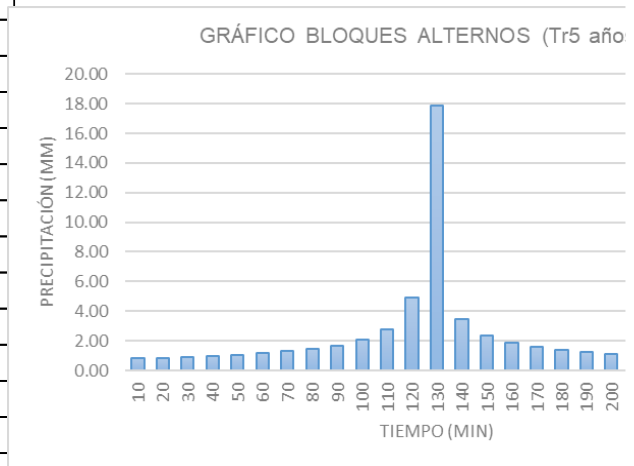
$$P_{max}(\text{Log Pearson tipo III}) = \text{Exp}(\log(P_T))$$

Anexo C. Bloques Alternos

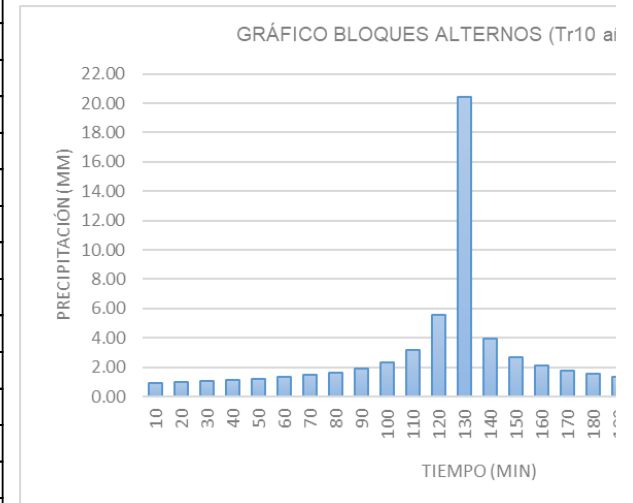
Hietograma Tr 2.33						
Orden	Tiempo (min)	Intensidad (mm/h)	P(mm)	Prec. Efectiva del intervalo	Orden	Organizado para SCS
	0		0.00	0.00		
1	10	92.85	15.48	15.48	24	0.70
2	20	59.17	19.72	4.25	22	0.74
3	30	45.46	22.73	3.01	20	0.79
4	40	37.71	25.14	2.41	18	0.84
5	50	32.62	27.18	2.04	16	0.91
6	60	28.97	28.97	1.79	14	1.00
7	70	26.21	30.58	1.61	12	1.11
8	80	24.03	32.04	1.46	10	1.25
9	90	22.26	33.39	1.35	8	1.46
10	100	20.79	34.64	1.25	6	1.79
11	110	19.54	35.82	1.18	4	2.41
12	120	18.46	36.93	1.11	2	4.25
13	130	17.53	37.98	1.05	1	15.48
14	140	16.70	38.97	1.00	3	3.01
15	150	15.97	39.93	0.95	5	2.04
16	160	15.31	40.84	0.91	7	1.61
17	170	14.72	41.71	0.88	9	1.35
18	180	14.19	42.56	0.84	11	1.18
19	190	13.70	43.37	0.81	13	1.05
20	200	13.25	44.16	0.79	15	0.95
21	210	12.83	44.92	0.76	17	0.88
22	220	12.45	45.65	0.74	19	0.81
23	230	12.10	46.37	0.72	21	0.76
24	240	11.77	47.07	0.70	23	0.72
25	250	11.46	47.74	0.68	25	0.68



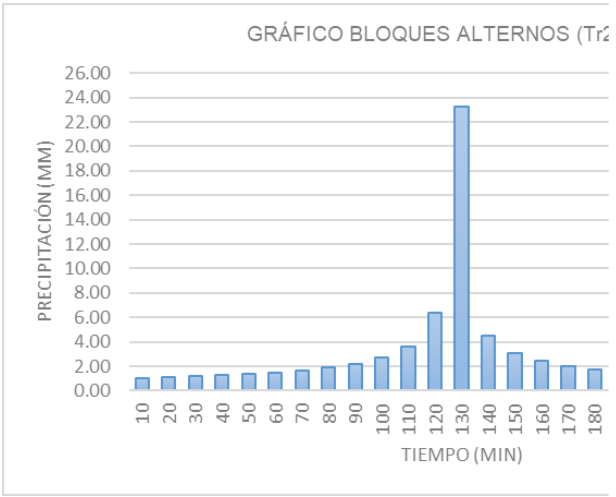
Hietograma Tr 5						
Orden	Tiempo (min)	Intensidad (mm/h)	P(mm)	Prec. Efectiva del intervalo	Orden	Organizado para SCS
	0		0.00	0.00		
1	10	107.35	17.89	17.89	24	0.80
2	20	68.41	22.80	4.91	22	0.85
3	30	52.56	26.28	3.48	20	0.91
4	40	43.60	29.06	2.78	18	0.97
5	50	37.71	31.43	2.36	16	1.05
6	60	33.50	33.50	2.07	14	1.15
7	70	30.30	35.35	1.86	12	1.28
8	80	27.78	37.04	1.69	10	1.45
9	90	25.74	38.60	1.56	8	1.69
10	100	24.03	40.05	1.45	6	2.07
11	110	22.59	41.41	1.36	4	2.78
12	120	21.35	42.69	1.28	2	4.91
13	130	20.26	43.91	1.21	1	17.89
14	140	19.31	45.06	1.15	3	3.48
15	150	18.46	46.16	1.10	5	2.36
16	160	17.71	47.22	1.05	7	1.86
17	170	17.02	48.23	1.01	9	1.56
18	180	16.40	49.20	0.97	11	1.36
19	190	15.83	50.14	0.94	13	1.21
20	200	15.32	51.05	0.91	15	1.10
21	210	14.84	51.93	0.88	17	1.01
22	220	14.40	52.78	0.85	19	0.94
23	230	13.99	53.61	0.83	21	0.88
24	240	13.60	54.41	0.80	23	0.83
25	250	13.25	55.20	0.78	25	0.78



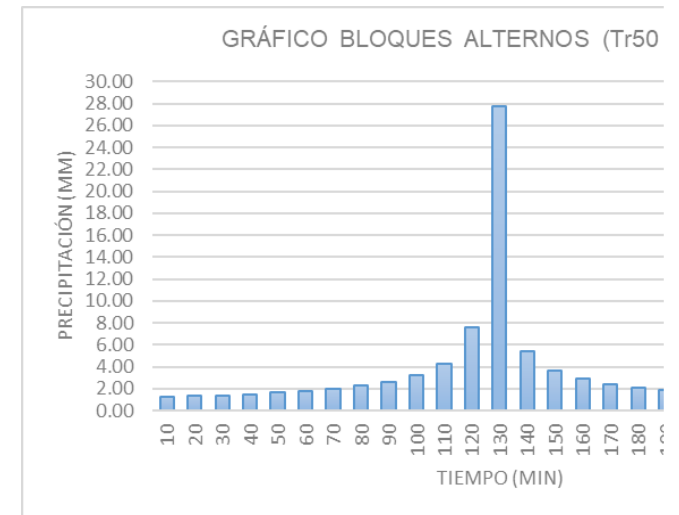
Hietograma Tr 10						
Orden	Tiempo (min)	Intensidad (mm/h)	P(mm)	Prec. Efectiva del intervalo	Orden	Organizado para SCS
	0		0.00	0.00		
1	10	122.46	20.41	20.41	24	0.92
2	20	78.04	26.01	5.60	22	0.97
3	30	59.96	29.98	3.97	20	1.04
4	40	49.73	33.16	3.18	18	1.11
5	50	43.02	35.85	2.69	16	1.20
6	60	38.21	38.21	2.36	14	1.32
7	70	34.57	40.33	2.12	12	1.46
8	80	31.69	42.26	1.93	10	1.65
9	90	29.36	44.04	1.78	8	1.93
10	100	27.41	45.69	1.65	6	2.36
11	110	25.77	47.24	1.55	4	3.18
12	120	24.35	48.70	1.46	2	5.60
13	130	23.12	50.09	1.38	1	20.41
14	140	22.03	51.40	1.32	3	3.97
15	150	21.06	52.66	1.26	5	2.69
16	160	20.20	53.86	1.20	7	2.12
17	170	19.42	55.02	1.16	9	1.78
18	180	18.71	56.13	1.11	11	1.55
19	190	18.06	57.20	1.07	13	1.38
20	200	17.47	58.24	1.04	15	1.26
21	210	16.93	59.24	1.00	17	1.16
22	220	16.42	60.21	0.97	19	1.07
23	230	15.95	61.16	0.94	21	1.00
24	240	15.52	62.07	0.92	23	0.94
25	250	15.11	62.97	0.89	25	0.89



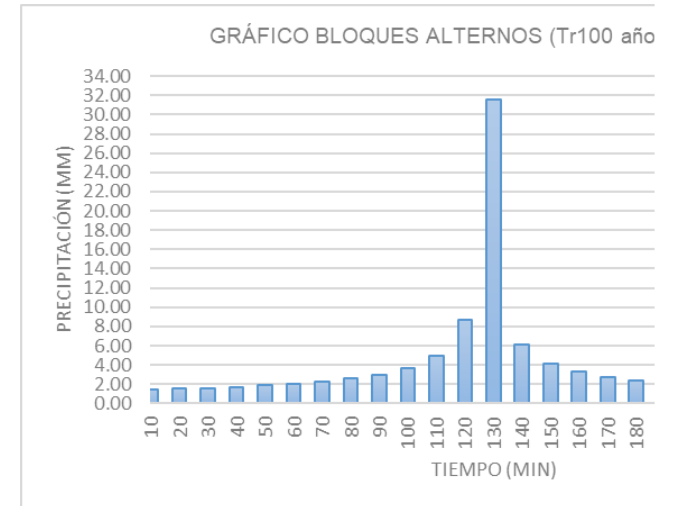
Hietograma Tr 20						
Orden	Tiempo (min)	Intensidad (mm/h)	P(mm)	Prec. Efectiva del intervalo	Orden	Organizado para SCS
	0		0.00	0.00		
1	10	139.70	23.28	23.28	24	1.05
2	20	89.02	29.67	6.39	22	1.11
3	30	68.40	34.20	4.52	20	1.18
4	40	56.73	37.82	3.62	18	1.27
5	50	49.07	40.89	3.07	16	1.37
6	60	43.59	43.59	2.69	14	1.50
7	70	39.43	46.01	2.42	12	1.67
8	80	36.16	48.21	2.20	10	1.89
9	90	33.49	50.24	2.03	8	2.20
10	100	31.27	52.12	1.89	6	2.69
11	110	29.40	53.89	1.77	4	3.62
12	120	27.78	55.56	1.67	2	6.39
13	130	26.37	57.14	1.58	1	23.28
14	140	25.13	58.64	1.50	3	4.52
15	150	24.03	60.07	1.43	5	3.07
16	160	23.04	61.44	1.37	7	2.42
17	170	22.15	62.76	1.32	9	2.03
18	180	21.34	64.03	1.27	11	1.77
19	190	20.61	65.25	1.22	13	1.58
20	200	19.93	66.43	1.18	15	1.43
21	210	19.31	67.58	1.14	17	1.32
22	220	18.73	68.69	1.11	19	1.22
23	230	18.20	69.76	1.08	21	1.14
24	240	17.70	70.81	1.05	23	1.08
25	250	17.24	71.83	1.02	25	1.02



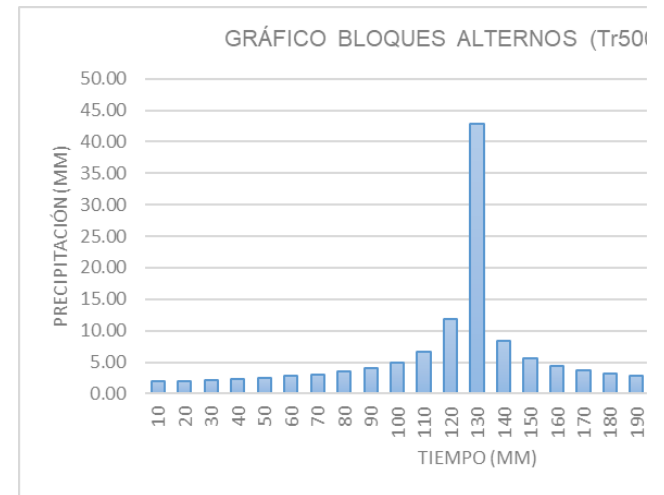
Hietograma Tr 50						
Orden	Tiempo (min)	Intensidad (mm/h)	P(mm)	Prec. Efectiva del intervalo	Orden	Organizado para SCS
	0		0.00	0.00		
1	10	166.26	27.71	27.71	24	1.25
2	20	105.95	35.32	7.61	22	1.32
3	30	81.41	40.70	5.39	20	1.41
4	40	67.52	45.02	4.31	18	1.51
5	50	58.41	48.67	3.66	16	1.63
6	60	51.88	51.88	3.21	14	1.79
7	70	46.93	54.75	2.88	12	1.98
8	80	43.03	57.37	2.62	10	2.25
9	90	39.86	59.79	2.41	8	2.62
10	100	37.22	62.04	2.25	6	3.21
11	110	34.99	64.14	2.10	4	4.31
12	120	33.06	66.12	1.98	2	7.61
13	130	31.39	68.00	1.88	1	27.71
14	140	29.91	69.79	1.79	3	5.39
15	150	28.60	71.49	1.71	5	3.66
16	160	27.42	73.13	1.63	7	2.88
17	170	26.36	74.70	1.57	9	2.41
18	180	25.40	76.21	1.51	11	2.10
19	190	24.52	77.66	1.46	13	1.88
20	200	23.72	79.07	1.41	15	1.71
21	210	22.98	80.43	1.36	17	1.57
22	220	22.30	81.75	1.32	19	1.46
23	230	21.66	83.03	1.28	21	1.36
24	240	21.07	84.28	1.25	23	1.28
25	250	20.52	85.49	1.21	25	1.21



Hietograma Tr 100						
Orden	Tiempo (min)	Intensidad (mm/h)	P(mm)	Prec. Efectiva del intervalo	Orden	Organizado para SCS
	0		0.00	0.00		
1	10	189.66	31.61	31.61	24	1.42
2	20	120.87	40.29	8.68	22	1.51
3	30	92.87	46.43	6.14	20	1.60
4	40	77.03	51.35	4.92	18	1.72
5	50	66.63	55.52	4.17	16	1.86
6	60	59.18	59.18	3.66	14	2.04
7	70	53.54	62.46	3.28	12	2.26
8	80	49.09	65.45	2.99	10	2.56
9	90	45.47	68.21	2.75	8	2.99
10	100	42.46	70.77	2.56	6	3.66
11	110	39.91	73.17	2.40	4	4.92
12	120	37.72	75.43	2.26	2	8.68
13	130	35.80	77.57	2.14	1	31.61
14	140	34.12	79.61	2.04	3	6.14
15	150	32.62	81.56	1.95	5	4.17
16	160	31.28	83.42	1.86	7	3.28
17	170	30.07	85.21	1.79	9	2.75
18	180	28.98	86.93	1.72	11	2.40
19	190	27.98	88.59	1.66	13	2.14
20	200	27.06	90.20	1.60	15	1.95
21	210	26.21	91.75	1.55	17	1.79
22	220	25.43	93.26	1.51	19	1.66
23	230	24.71	94.72	1.46	21	1.55
24	240	24.04	96.14	1.42	23	1.46
25	250	23.41	97.52	1.38	25	1.38



Hietograma Tr 500						
Orden	Tiempo (min)	Intensidad (mm/h)	P(mm)	Prec. Efectiva del intervalo	Orden	Organizado para SCS
	0		0.00	0.00		
1	10	257.51	42.92	42.92	24	1.93
2	20	164.10	54.70	11.78	22	2.04
3	30	126.08	63.04	8.34	20	2.18
4	40	104.58	69.72	6.68	18	2.34
5	50	90.46	75.38	5.66	16	2.53
6	60	80.35	80.35	4.97	14	2.77
7	70	72.69	84.81	4.45	12	3.07
8	80	66.65	88.86	4.06	10	3.48
9	90	61.74	92.60	3.74	8	4.06
10	100	57.65	96.08	3.48	6	4.97
11	110	54.19	99.34	3.26	4	6.68
12	120	51.21	102.41	3.07	2	11.78
13	130	48.61	105.32	2.91	1	42.92
14	140	46.32	108.09	2.77	3	8.34
15	150	44.29	110.73	2.64	5	5.66
16	160	42.47	113.26	2.53	7	4.45
17	170	40.83	115.69	2.43	9	3.74
18	180	39.34	118.03	2.34	11	3.26
19	190	37.98	120.28	2.25	13	2.91
20	200	36.74	122.46	2.18	15	2.64
21	210	35.59	124.57	2.11	17	2.43
22	220	34.53	126.62	2.04	19	2.25
23	230	33.55	128.60	1.99	21	2.11
24	240	32.63	130.53	1.93	23	1.99
25	250	31.78	132.41	1.88	25	1.88



Anexo D. Reportes simulación hidráulica condición actual

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
980.00	Tr2.33	144.40	1443.00	1444.66	1444.94	1445.82	4.78	31.03	24.76	1.28
980.00	Tr10	278.60	1443.00	1445.32	1445.85	1447.18	6.15	48.71	29.05	1.36
980.00	Tr20	368.10	1443.00	1445.67	1446.33	1447.93	6.82	59.35	31.24	1.39
980.00	Tr50	520.00	1443.00	1446.18	1447.03	1449.03	7.74	76.08	34.06	1.44
980.00	Tr100	662.50	1443.00	1446.60	1447.59	1449.92	8.45	90.50	35.83	1.47
980.00	Tr500	1112.40	1443.00	1447.67	1449.17	1452.30	10.17	131.58	40.45	1.54
959.90	Tr2.33	144.40	1443.00	1445.07	1444.64	1445.47	2.80	51.66	30.43	0.69
959.90	Tr10	278.60	1443.00	1444.82	1445.44	1446.84	6.30	44.26	29.14	1.63
959.90	Tr20	368.10	1443.00	1445.11	1445.85	1447.58	6.96	52.89	30.64	1.69
959.90	Tr50	520.00	1443.00	1445.54	1446.49	1448.67	7.84	66.44	32.87	1.74
959.90	Tr100	662.50	1443.00	1445.90	1447.03	1449.56	8.48	78.73	34.74	1.73
959.90	Tr500	1112.40	1443.00	1446.88	1448.46	1451.95	10.04	115.07	39.38	1.73
939.98	Tr2.33	144.40	1443.00	1444.63	1444.63	1445.33	3.70	39.00	28.25	1.01
939.98	Tr10	278.60	1443.00	1445.44	1445.44	1446.42	4.40	63.38	32.59	1.01
939.98	Tr20	368.10	1443.00	1445.88	1445.88	1447.00	4.70	78.34	35.01	1.00
939.98	Tr50	520.00	1443.00	1446.01	1446.49	1448.01	6.28	82.85	35.72	1.32
939.98	Tr100	662.50	1443.00	1446.23	1447.02	1448.93	7.28	91.28	37.83	1.45
939.98	Tr500	1112.40	1443.00	1447.00	1448.42	1451.40	9.32	122.90	44.83	1.63
919.93	Tr2.33	144.40	1443.00	1443.86	1444.21	1445.01	4.74	30.45	37.05	1.67
919.93	Tr10	278.60	1443.00	1444.30	1444.85	1446.09	5.92	47.10	39.07	1.72
919.93	Tr20	368.10	1443.00	1444.56	1445.20	1446.66	6.43	57.29	40.40	1.72
919.93	Tr50	520.00	1443.00	1444.90	1445.72	1447.61	7.29	71.37	42.17	1.79
919.93	Tr100	662.50	1443.00	1445.14	1446.15	1448.49	8.10	81.82	43.41	1.88
919.93	Tr500	1112.40	1443.00	1445.80	1447.39	1450.90	10.00	111.55	46.75	2.03
900.02	Tr2.33	144.40	1443.00	1444.15	1444.15	1444.66	3.18	45.39	44.35	1.00
900.02	Tr10	278.60	1443.00	1444.56	1444.73	1445.52	4.35	64.19	47.94	1.18
900.02	Tr20	368.10	1443.00	1444.69	1445.06	1446.09	5.24	70.54	49.15	1.37
900.02	Tr50	520.00	1443.00	1444.92	1445.55	1447.00	6.41	82.05	51.33	1.56
900.02	Tr100	662.50	1443.00	1445.10	1445.96	1447.84	7.34	91.76	53.18	1.71
900.02	Tr500	1112.40	1443.00	1445.62	1447.02	1450.20	9.54	120.93	59.09	1.98
880.04	Tr2.33	144.40	1442.11	1443.12	1443.45	1444.26	4.54	30.72	50.88	2.04
880.04	Tr10	278.60	1442.11	1443.50	1443.99	1445.08	5.82	50.74	56.37	1.99
880.04	Tr20	368.10	1442.11	1443.69	1444.27	1445.61	6.45	62.36	62.87	2.00
880.04	Tr50	520.00	1442.11	1443.94	1444.69	1446.46	7.46	78.24	66.89	2.10
880.04	Tr100	662.50	1442.11	1444.12	1445.05	1447.24	8.32	90.46	68.70	2.20
880.04	Tr500	1112.40	1442.11	1444.57	1445.99	1449.50	10.51	122.94	73.76	2.44

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
860.16	Tr2.33	144.40	1440.22	1441.49	1442.03	1443.35	6.12	24.38	34.23	2.33
860.16	Tr10	278.60	1440.22	1441.91	1442.57	1444.23	6.83	42.06	50.12	2.37
860.16	Tr20	368.10	1440.22	1442.10	1442.88	1444.79	7.36	51.94	53.46	2.34
860.16	Tr50	520.00	1440.22	1442.37	1443.29	1445.66	8.15	66.91	57.51	2.34
860.16	Tr100	662.50	1440.22	1442.58	1443.65	1446.43	8.83	79.17	60.24	2.38
860.16	Tr500	1112.40	1440.22	1443.09	1444.61	1448.64	10.65	111.69	66.31	2.52
839.92	Tr2.33	144.40	1440.00	1440.53	1440.93	1442.01	5.40	26.75	55.86	2.49
839.92	Tr10	278.60	1440.00	1440.79	1441.40	1443.08	6.70	41.58	57.82	2.52
839.92	Tr20	368.10	1440.00	1440.93	1441.67	1443.70	7.37	49.92	58.89	2.55
839.92	Tr50	520.00	1440.00	1441.15	1442.07	1444.62	8.25	63.05	60.52	2.58
839.92	Tr100	662.50	1440.00	1441.33	1442.41	1445.41	8.94	74.22	61.84	2.60
839.92	Tr500	1112.40	1440.00	1441.81	1443.33	1447.63	10.69	104.62	65.26	2.66
819.64	Tr2.33	144.40	1440.00	1440.75	1440.81	1441.21	2.99	48.32	66.33	1.12
819.64	Tr10	278.60	1440.00	1440.94	1441.24	1442.01	4.58	60.77	67.26	1.54
819.64	Tr20	368.10	1440.00	1441.04	1441.49	1442.54	5.41	68.06	67.84	1.72
819.64	Tr50	520.00	1440.00	1441.22	1441.86	1443.38	6.51	79.93	68.93	1.93
819.64	Tr100	662.50	1440.00	1441.36	1442.18	1444.13	7.36	90.04	69.84	2.07
819.64	Tr500	1112.40	1440.00	1441.76	1443.04	1446.29	9.43	118.20	72.41	2.34
799.95	Tr2.33	144.40	1438.23	1439.53	1439.90	1440.75	4.90	29.47	40.40	1.83
799.95	Tr10	278.60	1438.23	1440.03	1440.46	1441.47	5.31	52.47	59.13	1.80
799.95	Tr20	368.10	1438.23	1440.20	1440.72	1441.96	5.87	62.73	60.40	1.83
799.95	Tr50	520.00	1438.23	1440.44	1441.14	1442.76	6.74	77.39	62.27	1.90
799.95	Tr100	662.50	1438.23	1440.63	1441.49	1443.47	7.47	89.24	63.73	1.98
799.95	Tr500	1112.40	1438.23	1441.12	1442.42	1445.53	9.34	121.26	67.50	2.15
779.86	Tr2.33	144.40	1437.00	1438.38	1438.91	1440.04	5.70	25.34	27.86	1.91
779.86	Tr10	278.60	1437.00	1439.03	1439.63	1440.88	6.04	46.13	36.88	1.72
779.86	Tr20	368.10	1437.00	1439.32	1439.98	1441.40	6.39	57.64	41.02	1.72
779.86	Tr50	520.00	1437.00	1439.70	1440.46	1442.21	7.02	74.15	46.28	1.76
779.86	Tr100	662.50	1437.00	1439.97	1440.86	1442.92	7.60	87.39	50.09	1.81
779.86	Tr500	1112.40	1437.00	1440.65	1441.97	1444.95	9.21	123.32	55.41	1.87
760.09	Tr2.33	144.40	1437.00	1438.69	1438.77	1439.43	3.81	37.88	30.26	1.09
760.09	Tr10	278.60	1437.00	1439.54	1439.54	1440.42	4.16	67.01	38.21	1.00
760.09	Tr20	368.10	1437.00	1439.94	1439.94	1440.94	4.44	82.93	42.08	1.00
760.09	Tr50	520.00	1437.00	1440.48	1440.48	1441.71	4.92	107.04	46.48	0.98
760.09	Tr100	662.50	1437.00	1440.94	1440.94	1442.35	5.28	129.14	50.09	0.97
760.09	Tr500	1112.40	1437.00	1441.57	1442.18	1444.18	7.23	162.19	55.02	1.21
739.99	Tr2.33	144.40	1437.00	1438.26	1438.48	1439.16	4.22	34.26	33.48	1.33
739.99	Tr10	278.60	1437.00	1438.81	1439.16	1440.16	5.15	54.11	38.34	1.38
739.99	Tr20	368.10	1437.00	1439.12	1439.53	1440.69	5.53	66.68	41.14	1.36
739.99	Tr50	520.00	1437.00	1439.60	1440.09	1441.47	6.07	86.98	45.06	1.33

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
739.99	Tr100	662.50	1437.00	1439.98	1440.53	1442.11	6.49	105.10	48.20	1.32
739.99	Tr500	1112.40	1437.00	1440.86	1441.72	1443.93	7.87	149.65	53.42	1.37
719.95	Tr2.33	144.40	1437.00	1438.35	1438.35	1438.94	3.40	42.41	36.29	1.01
719.95	Tr10	278.60	1437.00	1439.03	1439.03	1439.87	4.05	68.79	41.37	1.00
719.95	Tr20	368.10	1437.00	1439.40	1439.40	1440.37	4.37	84.38	44.08	1.00
719.95	Tr50	520.00	1437.00	1439.75	1439.91	1441.13	5.20	100.59	46.77	1.10
719.95	Tr100	662.50	1437.00	1440.03	1440.35	1441.80	5.89	113.78	48.77	1.18
719.95	Tr500	1112.40	1437.00	1440.82	1441.52	1443.64	7.48	153.60	51.76	1.31
699.94	Tr2.33	144.40	1435.59	1437.25	1437.63	1438.55	5.05	28.57	43.06	1.98
699.94	Tr10	278.60	1435.59	1437.65	1438.20	1439.49	6.01	46.55	45.99	1.89
699.94	Tr20	368.10	1435.59	1437.89	1438.51	1440.00	6.44	57.61	47.71	1.84
699.94	Tr50	520.00	1435.59	1438.25	1439.00	1440.75	7.03	75.07	50.01	1.78
699.94	Tr100	662.50	1435.59	1438.54	1439.41	1441.41	7.55	89.79	51.67	1.76
699.94	Tr500	1112.40	1435.59	1439.29	1440.50	1443.24	8.90	130.63	56.12	1.75
679.92	Tr2.33	144.40	1434.00	1435.15	1435.84	1437.53	6.83	21.13	24.46	2.35
679.92	Tr10	278.60	1434.00	1435.72	1436.60	1438.66	7.60	36.66	30.40	2.21
679.92	Tr20	368.10	1434.00	1436.02	1437.00	1439.23	7.94	46.35	33.58	2.16
679.92	Tr50	520.00	1434.00	1436.45	1437.52	1440.07	8.42	61.73	38.08	2.11
679.92	Tr100	662.50	1434.00	1436.78	1437.96	1440.76	8.83	74.99	41.58	2.10
679.92	Tr500	1112.40	1434.00	1437.61	1439.14	1442.68	9.97	112.12	46.75	2.01
660.40	Tr2.33	144.40	1434.00	1434.77	1435.23	1436.35	5.56	25.99	37.00	2.12
660.40	Tr10	278.60	1434.00	1435.12	1435.86	1437.71	7.12	39.11	38.64	2.26
660.40	Tr20	368.10	1434.00	1435.33	1436.21	1438.40	7.76	47.43	39.65	2.27
660.40	Tr50	520.00	1434.00	1435.67	1436.74	1439.34	8.49	61.28	41.21	2.22
660.40	Tr100	662.50	1434.00	1435.97	1437.17	1440.08	8.97	73.84	42.54	2.17
660.40	Tr500	1112.40	1434.00	1436.77	1438.33	1442.09	10.22	109.02	46.12	2.11
640.19	Tr2.33	144.40	1434.00	1434.81	1434.99	1435.55	3.81	37.89	48.21	1.37
640.19	Tr10	278.60	1434.00	1435.03	1435.53	1436.69	5.70	48.89	49.09	1.82
640.19	Tr20	368.10	1434.00	1435.18	1435.84	1437.37	6.55	56.16	49.64	1.97
640.19	Tr50	520.00	1434.00	1435.42	1436.28	1438.37	7.61	68.35	50.54	2.09
640.19	Tr100	662.50	1434.00	1435.64	1436.67	1439.19	8.34	79.43	51.35	2.14
640.19	Tr500	1112.40	1434.00	1436.24	1437.72	1441.38	10.05	110.94	53.98	2.21
619.86	Tr2.33	144.40	1434.00	1434.89	1434.89	1435.33	2.93	49.33	57.40	1.01
619.86	Tr10	278.60	1434.00	1435.20	1435.37	1436.07	4.13	67.50	58.73	1.23
619.86	Tr20	368.10	1434.00	1435.27	1435.65	1436.62	5.15	71.52	59.04	1.49
619.86	Tr50	520.00	1434.00	1435.44	1436.06	1437.52	6.39	81.42	59.78	1.75
619.86	Tr100	662.50	1434.00	1435.60	1436.41	1438.29	7.26	91.26	60.52	1.89
619.86	Tr500	1112.40	1434.00	1436.06	1437.40	1440.47	9.30	119.59	62.80	2.15
600.01	Tr2.33	144.40	1433.11	1433.99	1434.28	1434.95	4.34	33.30	54.31	1.77

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
600.01	Tr10	278.60	1433.11	1434.38	1434.77	1435.69	5.05	55.28	58.48	1.63
600.01	Tr20	368.10	1433.11	1434.56	1435.05	1436.18	5.63	65.93	60.38	1.67
600.01	Tr50	520.00	1433.11	1434.79	1435.47	1437.00	6.60	80.16	63.01	1.79
600.01	Tr100	662.50	1433.11	1434.98	1435.83	1437.73	7.38	92.04	65.22	1.88
600.01	Tr500	1112.40	1433.11	1435.46	1436.81	1439.81	9.34	124.99	71.42	2.08
580.30	Tr2.33	144.40	1431.00	1431.60	1432.16	1433.83	6.62	21.81	40.00	2.86
580.30	Tr10	278.60	1431.00	1431.96	1432.73	1434.81	7.47	37.31	44.32	2.60
580.30	Tr20	368.10	1431.00	1432.17	1433.05	1435.33	7.87	46.78	47.46	2.53
580.30	Tr50	520.00	1431.00	1432.46	1433.48	1436.16	8.52	61.23	52.38	2.46
580.30	Tr100	662.50	1431.00	1432.69	1433.85	1436.90	9.09	73.77	56.29	2.43
580.30	Tr500	1112.40	1431.00	1433.26	1434.82	1438.97	10.68	108.48	64.09	2.44
559.76	Tr2.33	144.40	1429.01	1430.46	1431.11	1432.43	6.21	23.25	29.59	2.24
559.76	Tr10	278.60	1429.01	1430.91	1431.69	1433.70	7.40	37.64	34.82	2.27
559.76	Tr20	368.10	1429.01	1431.14	1431.99	1434.24	7.81	48.07	50.30	2.35
559.76	Tr50	520.00	1429.01	1431.43	1432.45	1435.19	8.67	62.49	51.90	2.35
559.76	Tr100	662.50	1429.01	1431.66	1432.84	1435.98	9.34	74.66	53.16	2.36
559.76	Tr500	1112.40	1429.01	1432.27	1433.89	1438.14	10.99	108.22	56.47	2.39
540.09	Tr2.33	144.40	1428.00	1429.19	1429.86	1431.46	6.67	21.65	24.15	2.25
540.09	Tr10	278.60	1428.00	1429.72	1430.63	1432.80	7.78	35.81	29.42	2.25
540.09	Tr20	368.10	1428.00	1430.03	1431.05	1433.38	8.10	45.42	32.52	2.19
540.09	Tr50	520.00	1428.00	1430.42	1431.61	1434.38	8.81	59.04	36.45	2.21
540.09	Tr100	662.50	1428.00	1430.73	1432.03	1435.20	9.36	70.80	39.53	2.22
540.09	Tr500	1112.40	1428.00	1431.47	1433.15	1437.43	10.88	106.29	53.02	2.22
519.95	Tr2.33	144.40	1428.00	1428.84	1429.29	1430.36	5.46	26.47	35.75	2.02
519.95	Tr10	278.60	1428.00	1429.18	1429.93	1431.76	7.12	39.12	39.12	2.27
519.95	Tr20	368.10	1428.00	1429.38	1430.27	1432.46	7.77	47.46	41.30	2.29
519.95	Tr50	520.00	1428.00	1429.68	1430.78	1433.54	8.71	60.20	44.32	2.33
519.95	Tr100	662.50	1428.00	1429.93	1431.21	1434.41	9.40	71.53	46.92	2.36
519.95	Tr500	1112.40	1428.00	1434.51	1432.31	1435.06	3.52	390.17	98.00	0.45
499.65	Tr2.33	144.40	1428.00	1428.91	1429.07	1429.63	3.77	38.33	44.37	1.29
499.65	Tr10	278.60	1428.00	1429.15	1429.64	1430.78	5.65	49.29	45.62	1.74
499.65	Tr20	368.10	1428.00	1429.32	1429.97	1431.46	6.48	56.81	46.48	1.87
499.65	Tr50	520.00	1428.00	1429.56	1430.45	1432.51	7.60	68.45	47.78	2.03
499.65	Tr100	662.50	1428.00	1429.78	1430.85	1433.38	8.40	78.88	48.86	2.11
499.65	Tr500	1112.40	1428.00	1434.55		1435.02	3.11	400.45	85.72	0.40
480.33	Tr2.33	144.40	1428.00	1428.97	1428.97	1429.46	3.08	46.88	48.98	1.01
480.33	Tr10	278.60	1428.00	1429.42	1429.50	1430.25	4.03	69.11	49.71	1.09
480.33	Tr20	368.10	1428.00	1429.47	1429.81	1430.83	5.16	71.36	49.78	1.38
480.33	Tr50	520.00	1428.00	1429.66	1430.28	1431.76	6.42	81.02	50.10	1.61
480.33	Tr100	662.50	1428.00	1431.93	1430.66	1432.49	3.33	201.58	59.73	0.55

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
480.33	Tr500	1112.40	1428.00	1434.50		1435.00	3.18	381.23	77.62	0.40
460.18	Tr2.33	144.40	1425.99	1428.17	1428.44	1429.12	4.30	33.57	46.52	1.62
460.18	Tr10	278.60	1425.99	1428.63	1429.00	1429.93	5.05	55.13	48.93	1.52
460.18	Tr20	368.10	1425.99	1428.84	1429.30	1430.45	5.61	65.63	49.94	1.56
460.18	Tr50	520.00	1425.99	1430.83	1429.76	1431.30	3.05	174.91	60.43	0.54
460.18	Tr100	662.50	1425.99	1432.03		1432.41	2.78	251.97	66.78	0.42
460.18	Tr500	1112.40	1425.99	1434.57		1434.95	2.84	433.24	77.62	0.34
440.79	Tr2.33	144.40	1425.00	1427.39	1426.27	1427.53	1.67	87.48	42.98	0.36
440.79	Tr10	278.60	1425.00	1428.82	1426.92	1429.00	1.88	154.28	49.94	0.32
440.79	Tr20	368.10	1425.00	1429.70	1427.28	1429.89	1.96	199.71	53.83	0.30
440.79	Tr50	520.00	1425.00	1431.00		1431.21	2.09	273.15	58.81	0.28
440.79	Tr100	662.50	1425.00	1432.13		1432.35	2.17	342.41	64.12	0.27
440.79	Tr500	1112.40	1425.00	1434.62		1434.92	2.56	518.78	78.22	0.27
418.02	Tr2.33	144.40	1424.77	1426.97	1426.51	1427.46	3.09	46.68	23.26	0.70
418.02	Tr10	278.60	1424.77	1428.31	1427.43	1428.93	3.49	79.82	27.27	0.65
418.02	Tr20	368.10	1424.77	1429.19	1427.98	1429.82	3.53	104.18	28.25	0.59
418.02	Tr50	520.00	1424.77	1430.45	1428.72	1431.15	3.70	140.67	29.98	0.54
418.02	Tr100	662.50	1424.77	1431.58	1429.33	1432.29	3.76	189.23	56.95	0.49
418.02	Tr500	1112.40	1424.77	1434.28	1430.99	1434.88	3.70	396.12	94.25	0.40
412.00	Bridge									
409.53	Tr2.33	144.40	1422.83	1425.39	1425.39	1426.27	4.15	34.76	19.76	1.00
409.53	Tr10	278.60	1422.83	1426.11	1426.40	1427.71	5.60	49.71	21.77	1.18
409.53	Tr20	368.10	1422.83	1426.04	1426.96	1429.02	7.65	48.14	21.60	1.64
409.53	Tr50	520.00	1422.83	1426.67	1427.74	1430.20	8.32	62.50	23.61	1.63
409.53	Tr100	662.50	1422.83	1428.35	1428.42	1430.38	6.30	105.14	26.99	1.02
409.53	Tr500	1112.40	1422.83	1428.69	1430.08	1433.51	9.73	114.32	27.85	1.53
402.03	Tr2.33	144.40	1422.00	1424.23	1424.75	1425.93	5.78	24.98	19.13	1.62
402.03	Tr10	278.60	1422.00	1424.98	1425.71	1427.37	6.84	40.75	22.52	1.62
402.03	Tr20	368.10	1422.00	1425.14	1426.23	1428.67	8.33	44.21	22.84	1.91
402.03	Tr50	520.00	1422.00	1425.71	1426.97	1429.85	9.01	57.70	24.36	1.87
402.03	Tr100	662.50	1422.00	1426.70	1427.59	1429.94	7.97	83.10	26.71	1.44
402.03	Tr500	1112.40	1422.00	1427.54	1429.25	1433.15	10.49	106.07	28.19	1.73
380.32	Tr2.33	144.40	1422.00	1423.09	1423.73	1425.22	6.47	22.33	24.73	2.17
380.32	Tr10	278.60	1422.00	1423.60	1424.52	1426.68	7.78	35.82	28.61	2.22
380.32	Tr20	368.10	1422.00	1423.78	1424.95	1427.84	8.92	41.29	30.04	2.43
380.32	Tr50	520.00	1422.00	1424.16	1425.50	1429.04	9.78	53.14	32.87	2.46
380.32	Tr100	662.50	1422.00	1424.62	1425.97	1429.32	9.61	68.96	36.36	2.23
380.32	Tr500	1112.40	1422.00	1425.27	1427.24	1432.39	11.82	94.13	39.88	2.46

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
359.68	Tr2.33	144.40	1421.67	1422.83	1423.25	1424.23	5.24	27.55	33.48	1.85
359.68	Tr10	278.60	1421.67	1423.18	1423.92	1425.69	7.02	39.71	34.88	2.10
359.68	Tr20	368.10	1421.67	1423.35	1424.30	1426.68	8.09	45.52	35.53	2.28
359.68	Tr50	520.00	1421.67	1423.66	1424.87	1427.93	9.15	56.82	36.80	2.35
359.68	Tr100	662.50	1421.67	1424.03	1425.36	1428.51	9.37	70.68	38.28	2.20
359.68	Tr500	1112.40	1421.67	1424.68	1426.59	1431.45	11.52	96.58	40.90	2.39
340.31	Tr2.33	144.40	1419.55	1421.16	1421.84	1423.42	6.65	21.73	22.82	2.18
340.31	Tr10	278.60	1419.55	1421.69	1422.59	1424.85	7.87	35.42	28.52	2.25
340.31	Tr20	368.10	1419.55	1421.93	1423.00	1425.77	8.69	42.38	30.58	2.36
340.31	Tr50	520.00	1419.55	1422.29	1423.69	1427.04	9.65	53.87	31.88	2.37
340.31	Tr100	662.50	1419.55	1422.68	1424.21	1427.74	9.96	66.49	32.90	2.24
340.31	Tr500	1112.40	1419.55	1423.48	1425.64	1430.67	11.87	93.72	35.28	2.33
320.06	Tr2.33	144.40	1419.00	1420.20	1420.90	1422.53	6.77	21.34	21.81	2.18
320.06	Tr10	278.60	1419.00	1420.77	1421.74	1424.02	7.98	34.93	25.60	2.18
320.06	Tr20	368.10	1419.00	1421.05	1422.17	1424.92	8.72	42.22	27.43	2.24
320.06	Tr50	520.00	1419.00	1421.46	1422.84	1426.23	9.68	53.99	30.18	2.26
320.06	Tr100	662.50	1419.00	1421.85	1423.39	1427.02	10.09	66.46	32.80	2.19
320.06	Tr500	1112.40	1419.00	1422.69	1424.84	1429.98	12.05	96.42	38.46	2.22
299.82	Tr2.33	144.40	1419.00	1420.15	1420.59	1421.59	5.33	27.12	27.32	1.71
299.82	Tr10	278.60	1419.00	1420.59	1421.37	1423.09	7.00	39.79	30.20	1.95
299.82	Tr20	368.10	1419.00	1420.82	1421.78	1423.97	7.86	46.84	31.68	2.06
299.82	Tr50	520.00	1419.00	1421.15	1422.36	1425.28	9.00	57.80	33.85	2.20
299.82	Tr100	662.50	1419.00	1421.47	1422.85	1426.18	9.61	68.91	35.92	2.22
299.82	Tr500	1112.40	1419.00	1422.15	1424.19	1429.21	11.78	94.85	40.49	2.40
280.06	Tr2.33	144.40	1419.00	1420.45	1420.46	1421.10	3.56	40.51	32.77	1.02
280.06	Tr10	278.60	1419.00	1420.69	1421.19	1422.37	5.74	48.49	34.39	1.54
280.06	Tr20	368.10	1419.00	1420.87	1421.59	1423.16	6.71	54.88	35.69	1.73
280.06	Tr50	520.00	1419.00	1421.15	1422.15	1424.38	7.95	65.38	37.63	1.93
280.06	Tr100	662.50	1419.00	1421.43	1422.62	1425.29	8.69	76.21	39.49	2.00
280.06	Tr500	1112.40	1419.00	1422.03	1423.86	1428.22	11.02	101.33	45.68	2.28
260.29	Tr2.33	144.40	1416.00	1417.65	1418.50	1420.54	7.53	19.18	17.34	2.29
260.29	Tr10	278.60	1416.00	1418.42	1419.45	1421.71	8.03	34.69	22.54	2.07
260.29	Tr20	368.10	1416.00	1418.78	1419.90	1422.48	8.51	43.24	24.97	2.07
260.29	Tr50	520.00	1416.00	1419.26	1420.58	1423.67	9.30	55.94	28.05	2.10
260.29	Tr100	662.50	1416.00	1419.65	1421.16	1424.58	9.83	67.37	30.68	2.11
260.29	Tr500	1112.40	1416.00	1420.53	1422.81	1427.51	11.74	96.87	36.61	2.14
240.50	Tr2.33	144.40	1416.00	1418.40	1418.69	1419.56	4.77	30.26	21.78	1.29
240.50	Tr10	278.60	1416.00	1419.11	1419.62	1420.83	5.82	49.40	40.89	1.37
240.50	Tr20	368.10	1416.00	1419.33	1420.02	1421.61	6.75	58.36	41.08	1.51
240.50	Tr50	520.00	1416.00	1419.64	1420.59	1422.81	8.05	71.32	41.36	1.67

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
240.50	Tr100	662.50	1416.00	1419.93	1421.05	1423.75	8.92	83.31	41.62	1.75
240.50	Tr500	1112.40	1416.00	1420.59	1422.47	1426.72	11.49	110.79	42.20	2.02
219.46	Tr2.33	144.40	1416.00	1417.75	1418.19	1419.17	5.29	27.32	23.51	1.57
219.46	Tr10	278.60	1416.00	1418.38	1419.03	1420.43	6.33	43.99	29.18	1.65
219.46	Tr20	368.10	1416.00	1418.66	1419.42	1421.17	7.02	52.45	31.70	1.74
219.46	Tr50	520.00	1416.00	1419.03	1420.02	1422.32	8.04	64.77	34.88	1.87
219.46	Tr100	662.50	1416.00	1419.34	1420.52	1423.26	8.76	75.93	36.26	1.90
219.46	Tr500	1112.40	1416.00	1420.07	1421.79	1426.14	10.94	103.62	39.48	2.05
200.03	Tr2.33	144.40	1416.00	1417.51	1417.86	1418.73	4.90	29.47	25.19	1.45
200.03	Tr10	278.60	1416.00	1418.11	1418.69	1419.98	6.06	45.97	29.73	1.56
200.03	Tr20	368.10	1416.00	1418.41	1419.12	1420.68	6.67	55.17	31.98	1.62
200.03	Tr50	520.00	1416.00	1418.80	1419.73	1421.76	7.61	68.29	34.94	1.74
200.03	Tr100	662.50	1416.00	1419.10	1420.22	1422.68	8.38	79.09	36.96	1.83
200.03	Tr500	1112.40	1416.00	1419.77	1421.52	1425.48	10.58	105.12	40.42	2.10
179.35	Tr2.33	144.40	1416.00	1417.52	1417.64	1418.33	3.99	36.23	29.01	1.14
179.35	Tr10	278.60	1416.00	1417.98	1418.42	1419.52	5.50	50.65	32.85	1.41
179.35	Tr20	368.10	1416.00	1418.24	1418.84	1420.20	6.20	59.38	34.90	1.52
179.35	Tr50	520.00	1416.00	1418.60	1419.42	1421.22	7.17	72.53	38.02	1.66
179.35	Tr100	662.50	1416.00	1418.88	1419.90	1422.10	7.95	83.33	40.20	1.76
179.35	Tr500	1112.40	1416.00	1419.50	1421.05	1424.74	10.14	109.70	44.49	2.06
160.75	Tr2.33	144.40	1416.00	1417.20	1417.41	1418.08	4.17	34.63	33.11	1.30
160.75	Tr10	278.60	1416.00	1417.65	1418.10	1419.21	5.54	50.33	36.24	1.50
160.75	Tr20	368.10	1416.00	1417.89	1418.49	1419.86	6.21	59.26	37.91	1.59
160.75	Tr50	520.00	1416.00	1418.24	1419.04	1420.83	7.13	72.97	40.33	1.69
160.75	Tr100	662.50	1416.00	1418.51	1419.47	1421.66	7.86	84.30	42.23	1.78
160.75	Tr500	1112.40	1416.00	1419.15	1420.65	1424.14	9.89	112.43	45.98	2.02
140.33	Tr2.33	144.40	1416.00	1417.59	1417.20	1417.88	2.40	60.25	42.52	0.64
140.33	Tr10	278.60	1416.00	1418.26	1417.82	1418.75	3.09	90.12	46.48	0.71
140.33	Tr20	368.10	1416.00	1417.66	1418.17	1419.40	5.85	62.97	42.89	1.54
140.33	Tr50	520.00	1416.00	1417.96	1418.68	1420.34	6.83	76.09	44.70	1.67
140.33	Tr100	662.50	1416.00	1418.20	1419.11	1421.14	7.59	87.31	46.15	1.76
140.33	Tr500	1112.40	1416.00	1418.80	1420.20	1423.48	9.58	116.09	49.69	2.00
119.84	Tr2.33	144.40	1416.00	1417.21	1417.21	1417.76	3.26	44.24	41.15	1.01
119.84	Tr10	278.60	1416.00	1417.83	1417.83	1418.61	3.93	70.95	45.58	1.01
119.84	Tr20	368.10	1416.00	1418.17	1418.17	1419.08	4.24	86.91	47.97	1.00
119.84	Tr50	520.00	1416.00	1418.67	1418.68	1419.77	4.64	112.08	51.56	1.00
119.84	Tr100	662.50	1416.00	1418.64	1419.08	1420.48	5.99	110.52	51.34	1.30
119.84	Tr500	1112.40	1416.00	1419.04	1420.12	1422.69	8.46	131.49	53.90	1.73
99.42	Tr2.33	144.40	1413.58	1414.98	1415.64	1417.22	6.63	21.77	26.44	2.33

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
99.42	Tr10	278.60	1413.58	1415.55	1416.30	1418.12	7.11	39.19	35.00	2.15
99.42	Tr20	368.10	1413.58	1415.84	1416.65	1418.61	7.37	49.93	39.21	2.09
99.42	Tr50	520.00	1413.58	1416.25	1417.17	1419.31	7.75	67.14	42.30	1.96
99.42	Tr100	662.50	1413.58	1416.58	1417.60	1419.97	8.15	81.30	43.33	1.90
99.42	Tr500	1112.40	1413.58	1417.34	1418.79	1422.11	9.67	115.02	45.71	1.95
79.69	Tr2.33	144.40	1413.00	1414.31	1414.92	1416.27	6.20	23.27	24.21	2.02
79.69	Tr10	278.60	1413.00	1414.92	1415.71	1417.40	6.98	39.93	30.24	1.94
79.69	Tr20	368.10	1413.00	1415.26	1416.10	1417.95	7.27	50.61	33.60	1.89
79.69	Tr50	520.00	1413.00	1415.73	1416.64	1418.75	7.70	67.49	38.27	1.85
79.69	Tr100	662.50	1413.00	1416.07	1417.09	1419.46	8.15	81.30	41.18	1.85
79.69	Tr500	1112.40	1413.00	1416.88	1418.32	1421.61	9.63	115.54	43.03	1.88
60.15	Tr2.33	144.40	1413.00	1414.26	1414.63	1415.48	4.89	29.54	30.47	1.59
60.15	Tr10	278.60	1413.00	1414.73	1415.32	1416.68	6.19	44.98	35.68	1.76
60.15	Tr20	368.10	1413.00	1416.60	1415.68	1417.09	3.08	119.63	42.03	0.58
60.15	Tr50	520.00	1413.00	1417.48	1416.23	1418.04	3.31	156.93	43.29	0.56
60.15	Tr100	662.50	1413.00	1418.21	1416.69	1418.83	3.51	188.76	44.11	0.54
60.15	Tr500	1112.40	1413.00	1420.14	1417.93	1420.96	4.03	280.26	53.90	0.52
39.84	Tr2.33	144.40	1413.00	1414.98	1414.34	1415.27	2.37	60.96	32.43	0.55
39.84	Tr10	278.60	1413.00	1415.94	1415.06	1416.40	3.00	92.80	34.05	0.58
39.84	Tr20	368.10	1413.00	1416.47		1417.03	3.30	111.45	35.53	0.60
39.84	Tr50	520.00	1413.00	1417.29		1417.98	3.68	141.36	37.89	0.61
39.84	Tr100	662.50	1413.00	1417.99		1418.78	3.93	168.52	40.10	0.61
39.84	Tr500	1112.40	1413.00	1419.85		1420.91	4.57	251.07	50.62	0.59
19.44	Tr2.33	144.40	1413.00	1414.45	1414.45	1415.14	3.68	39.23	28.50	1.00
19.44	Tr10	278.60	1413.00	1415.22	1415.22	1416.26	4.51	61.80	30.07	1.00
19.44	Tr20	368.10	1413.00	1415.66	1415.66	1416.89	4.90	75.10	30.93	1.00
19.44	Tr50	520.00	1413.00	1416.30	1416.30	1417.82	5.45	95.49	32.55	1.00
19.44	Tr100	662.50	1413.00	1416.85	1416.85	1418.61	5.87	113.85	34.26	0.99
19.44	Tr500	1112.40	1413.00	1418.36	1418.36	1420.71	6.83	169.12	39.03	0.97
2.61	Tr2.33	144.40	1410.00	1411.92	1412.75	1414.66	7.32	19.73	18.50	2.26
2.61	Tr10	278.60	1410.00	1412.65	1413.57	1415.81	7.87	35.41	24.77	2.10
2.61	Tr20	368.10	1410.00	1413.01	1414.02	1416.43	8.20	44.91	27.89	2.06
2.61	Tr50	520.00	1410.00	1413.54	1414.70	1417.39	8.69	60.18	30.01	1.91
2.61	Tr100	662.50	1410.00	1413.99	1415.26	1418.18	9.09	74.14	31.53	1.81
2.61	Tr500	1112.40	1410.00	1415.25	1416.78	1420.30	10.06	116.30	35.17	1.64

Anexo E. Reportes simulación hidráulica condición proyectada

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
979.64	Tr2.33	144.40	1444.00	1445.35	1445.55	1446.30	4.32	33.69	29.05	1.25
979.64	Tr10	278.60	1444.00	1445.93	1446.34	1447.50	5.59	51.58	32.60	1.33
979.64	Tr20	368.10	1444.00	1446.24	1446.77	1448.17	6.23	62.13	34.19	1.36
979.64	Tr50	520.00	1444.00	1446.71	1447.41	1449.19	7.10	78.49	36.37	1.41
979.64	Tr100	662.50	1444.00	1447.09	1447.95	1450.04	7.79	92.61	38.07	1.44
979.64	Tr500	1112.40	1444.00	1448.09	1449.35	1452.31	9.45	132.94	42.50	1.51
959.73	Tr2.33	144.40	1442.51	1443.89	1444.43	1445.77	6.09	23.72	28.15	2.12
959.73	Tr10	278.60	1442.51	1444.39	1445.16	1447.00	7.15	38.96	31.00	2.04
959.73	Tr20	368.10	1442.51	1444.68	1445.58	1447.68	7.68	47.94	31.73	1.99
959.73	Tr50	520.00	1442.51	1445.11	1446.18	1448.70	8.40	61.93	32.84	1.95
959.73	Tr100	662.50	1442.51	1445.47	1446.70	1449.56	8.96	73.95	33.79	1.93
959.73	Tr500	1112.40	1442.51	1446.45	1448.13	1451.86	10.30	108.62	37.33	1.87
939.85	Tr2.33	144.40	1442.00	1443.36	1443.89	1445.01	5.70	25.32	24.78	1.80
939.85	Tr10	278.60	1442.00	1443.91	1444.62	1446.30	6.84	40.72	30.56	1.89
939.85	Tr20	368.10	1442.00	1444.18	1445.03	1447.05	7.50	49.11	31.67	1.91
939.85	Tr50	520.00	1442.00	1444.60	1445.66	1448.16	8.37	62.45	32.50	1.90
939.85	Tr100	662.50	1442.00	1444.96	1446.19	1449.06	8.98	74.53	33.36	1.87
939.85	Tr500	1112.40	1442.00	1445.99	1447.74	1451.44	10.39	110.23	35.85	1.80
920.16	Tr2.33	144.40	1442.00	1443.30	1443.61	1444.40	4.65	31.08	29.45	1.44
920.16	Tr10	278.60	1442.00	1443.77	1444.33	1445.64	6.06	45.95	33.35	1.65
920.16	Tr20	368.10	1442.00	1444.00	1444.72	1446.38	6.83	53.86	35.24	1.77
920.16	Tr50	520.00	1442.00	1444.33	1445.31	1447.55	7.95	65.66	37.17	1.86
920.16	Tr100	662.50	1442.00	1444.61	1445.81	1448.52	8.77	76.46	38.85	1.91
920.16	Tr500	1112.40	1442.00	1445.42	1447.18	1451.00	10.53	109.91	43.76	1.96
899.63	Tr2.33	144.40	1442.00	1443.50	1443.50	1444.12	3.48	41.46	33.79	1.00
899.63	Tr10	278.60	1442.00	1444.04	1444.21	1445.10	4.56	61.12	38.77	1.15
899.63	Tr20	368.10	1442.00	1444.15	1444.59	1445.78	5.65	65.30	39.88	1.38
899.63	Tr50	520.00	1442.00	1444.38	1445.16	1446.89	7.02	74.97	42.80	1.60
899.63	Tr100	662.50	1442.00	1444.61	1445.64	1447.84	7.98	84.99	45.63	1.72
899.63	Tr500	1112.40	1442.00	1445.26	1446.87	1450.36	10.12	117.16	53.45	1.92

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
879.65	Tr2.33	144.40	1441.56	1442.52	1442.89	1443.75	4.91	29.43	41.47	1.86
879.65	Tr10	278.60	1441.56	1442.94	1443.48	1444.71	5.89	47.27	43.82	1.81
879.65	Tr20	368.10	1441.56	1443.15	1443.81	1445.33	6.54	56.26	44.96	1.87
879.65	Tr50	520.00	1441.56	1443.41	1444.31	1446.36	7.61	68.30	46.45	2.01
879.65	Tr100	662.50	1441.56	1443.62	1444.73	1447.27	8.46	78.30	47.65	2.11
879.65	Tr500	1112.40	1441.56	1444.20	1445.82	1449.73	10.42	107.05	53.62	2.28
859.92	Tr2.33	144.40	1440.17	1441.41	1441.90	1442.97	5.54	26.05	35.13	2.06
859.92	Tr10	278.60	1440.17	1441.81	1442.44	1444.00	6.55	42.84	49.37	2.15
859.92	Tr20	368.10	1440.17	1442.00	1442.74	1444.60	7.17	52.37	54.31	2.20
859.92	Tr50	520.00	1440.17	1442.24	1443.18	1445.61	8.20	65.74	56.35	2.28
859.92	Tr100	662.50	1440.17	1442.43	1443.56	1446.49	9.03	76.76	57.35	2.34
859.92	Tr500	1112.40	1440.17	1442.95	1444.57	1448.92	11.04	107.29	60.01	2.47
840.10	Tr2.33	144.40	1439.94	1440.63	1441.01	1441.95	5.10	28.31	54.57	2.26
840.10	Tr10	278.60	1439.94	1440.89	1441.48	1443.04	6.50	42.89	56.57	2.38
840.10	Tr20	368.10	1439.94	1441.04	1441.76	1443.66	7.18	51.26	57.56	2.43
840.10	Tr50	520.00	1439.94	1441.24	1442.17	1444.67	8.20	63.44	58.97	2.52
840.10	Tr100	662.50	1439.94	1441.42	1442.51	1445.54	8.99	73.66	60.13	2.59
840.10	Tr500	1112.40	1439.94	1441.88	1443.46	1447.97	10.93	102.03	63.21	2.72
820.17	Tr2.33	144.40	1438.00	1439.68	1440.19	1441.12	5.32	27.15	31.51	1.83
820.17	Tr10	278.60	1438.00	1440.14	1440.65	1441.93	5.92	47.14	62.86	2.17
820.17	Tr20	368.10	1438.00	1440.27	1440.91	1442.54	6.68	55.26	63.33	2.27
820.17	Tr50	520.00	1438.00	1440.46	1441.30	1443.52	7.75	67.46	64.07	2.39
820.17	Tr100	662.50	1438.00	1440.62	1441.64	1444.37	8.59	77.74	64.70	2.47
820.17	Tr500	1112.40	1438.00	1441.05	1442.56	1446.78	10.63	106.03	66.39	2.64
800.07	Tr2.33	144.40	1438.00	1439.26	1439.64	1440.45	4.84	29.84	36.17	1.70
800.07	Tr10	278.60	1438.00	1439.82	1440.27	1441.20	5.20	53.58	47.89	1.57
800.07	Tr20	368.10	1438.00	1440.05	1440.54	1441.67	5.63	65.42	59.45	1.71
800.07	Tr50	520.00	1438.00	1440.26	1440.94	1442.53	6.68	77.87	60.79	1.88
800.07	Tr100	662.50	1438.00	1440.43	1441.28	1443.31	7.52	88.13	61.86	2.01
800.07	Tr500	1112.40	1438.00	1440.86	1442.22	1445.59	9.63	115.75	64.84	2.27
779.93	Tr2.33	144.40	1436.00	1439.48	1438.53	1439.63	1.69	85.29	46.98	0.40

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
779.93	Tr10	278.60	1436.00	1440.28	1439.16	1440.53	2.25	124.85	53.50	0.45
779.93	Tr20	368.10	1436.00	1440.73	1439.50	1441.05	2.51	150.33	58.17	0.46
779.93	Tr50	520.00	1436.00	1441.43	1440.01	1441.83	2.84	193.19	65.28	0.47
779.93	Tr100	662.50	1436.00	1442.00	1440.42	1442.47	3.09	232.48	71.19	0.48
779.93	Tr500	1112.40	1436.00	1443.48	1441.57	1444.12	3.68	339.85	74.62	0.49
761.06	Tr2.33	144.40	1437.63	1439.00	1439.00	1439.54	3.27	44.19	41.21	1.01
761.06	Tr10	278.60	1437.63	1439.60	1439.60	1440.43	4.03	69.09	41.78	1.00
761.06	Tr20	368.10	1437.63	1439.93	1439.93	1440.93	4.44	83.03	42.09	1.01
761.06	Tr50	520.00	1437.63	1440.47	1440.47	1441.70	4.92	106.73	46.63	0.99
761.06	Tr100	662.50	1437.63	1440.93	1440.93	1442.33	5.26	129.48	51.14	0.97
761.06	Tr500	1112.40	1437.63	1442.22	1442.22	1443.97	5.97	202.86	62.15	0.92
740.20	Tr2.33	144.40	1436.00	1437.26	1437.81	1439.06	5.95	24.27	29.25	2.09
740.20	Tr10	278.60	1436.00	1437.81	1438.47	1440.00	6.55	42.52	36.84	1.94
740.20	Tr20	368.10	1436.00	1438.10	1438.83	1440.52	6.90	53.82	39.93	1.83
740.20	Tr50	520.00	1436.00	1440.39	1439.38	1441.02	3.58	157.32	50.08	0.59
740.20	Tr100	662.50	1436.00	1440.98	1439.84	1441.71	3.90	187.46	53.18	0.60
740.20	Tr500	1112.40	1436.00	1442.44	1441.10	1443.49	4.73	272.64	64.28	0.63
719.82	Tr2.33	144.40	1436.00	1437.45	1437.64	1438.37	4.24	34.07	28.27	1.23
719.82	Tr10	278.60	1436.00	1438.42	1438.42	1439.42	4.46	64.75	35.47	0.97
719.82	Tr20	368.10	1436.00	1438.86	1438.86	1440.02	4.82	81.27	39.09	0.95
719.82	Tr50	520.00	1436.00	1439.52	1439.52	1440.88	5.29	108.62	44.45	0.94
719.82	Tr100	662.50	1436.00	1440.09	1440.09	1441.57	5.58	135.38	48.82	0.91
719.82	Tr500	1112.40	1436.00	1441.37	1441.37	1443.33	6.59	200.99	53.69	0.93
700.15	Tr2.33	144.40	1435.59	1436.88	1437.22	1438.00	4.69	30.77	37.21	1.65
700.15	Tr10	278.60	1435.59	1437.28	1437.85	1439.11	5.98	46.59	41.29	1.80
700.15	Tr20	368.10	1435.59	1437.51	1438.18	1439.70	6.55	56.22	43.67	1.84
700.15	Tr50	520.00	1435.59	1437.85	1438.65	1440.55	7.27	71.73	47.56	1.87
700.15	Tr100	662.50	1435.59	1438.13	1439.06	1441.23	7.80	85.63	49.86	1.86
700.15	Tr500	1112.40	1435.59	1438.95	1440.17	1442.97	8.92	127.76	53.40	1.76
679.80	Tr2.33	144.40	1434.00	1435.16	1435.77	1437.21	6.35	22.75	27.39	2.22
679.80	Tr10	278.60	1434.00	1435.67	1436.44	1438.34	7.23	38.53	34.18	2.17
679.80	Tr20	368.10	1434.00	1435.93	1436.80	1438.94	7.68	47.93	37.62	2.17

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
679.80	Tr50	520.00	1434.00	1436.31	1437.35	1439.84	8.32	62.59	40.06	2.10
679.80	Tr100	662.50	1434.00	1436.63	1437.81	1440.58	8.80	75.84	41.57	2.03
679.80	Tr500	1112.40	1434.00	1437.56	1439.04	1442.45	9.85	116.46	45.69	1.86
659.58	Tr2.33	144.40	1434.00	1434.83	1435.24	1436.18	5.15	28.03	36.94	1.89
659.58	Tr10	278.60	1434.00	1435.20	1435.87	1437.42	6.61	42.17	38.84	2.02
659.58	Tr20	368.10	1434.00	1435.42	1436.21	1438.08	7.23	50.94	39.98	2.04
659.58	Tr50	520.00	1434.00	1435.75	1436.73	1439.09	8.10	64.22	41.64	2.08
659.58	Tr100	662.50	1434.00	1436.02	1437.16	1439.92	8.75	75.74	42.99	2.10
659.58	Tr500	1112.40	1434.00	1436.83	1438.35	1441.93	10.00	111.79	45.67	2.01
639.74	Tr2.33	144.40	1434.00	1434.84	1434.99	1435.53	3.67	39.33	48.16	1.30
639.74	Tr10	278.60	1434.00	1435.07	1435.53	1436.61	5.49	50.71	48.93	1.72
639.74	Tr20	368.10	1434.00	1435.23	1435.84	1437.26	6.31	58.29	49.43	1.86
639.74	Tr50	520.00	1434.00	1435.47	1436.29	1438.27	7.41	70.20	50.21	2.00
639.74	Tr100	662.50	1434.00	1435.67	1436.68	1439.12	8.22	80.59	50.87	2.09
639.74	Tr500	1112.40	1434.00	1436.28	1437.74	1441.32	9.94	111.94	52.55	2.16
619.97	Tr2.33	144.40	1433.01	1434.34	1434.56	1435.13	3.95	36.54	54.45	1.54
619.97	Tr10	278.60	1433.01	1434.63	1435.06	1436.05	5.26	52.92	56.17	1.73
619.97	Tr20	368.10	1433.01	1434.78	1435.33	1436.62	6.00	61.38	57.52	1.85
619.97	Tr50	520.00	1433.01	1434.99	1435.75	1437.53	7.06	73.67	59.46	2.02
619.97	Tr100	662.50	1433.01	1435.16	1436.09	1438.35	7.90	83.82	60.68	2.14
619.97	Tr500	1112.40	1433.01	1435.64	1437.05	1440.58	9.85	113.18	62.60	2.32
599.80	Tr2.33	144.40	1432.00	1432.82	1433.27	1434.38	5.53	26.12	40.56	2.20
599.80	Tr10	278.60	1432.00	1433.20	1433.81	1435.29	6.40	43.52	48.64	2.16
599.80	Tr20	368.10	1432.00	1433.40	1434.11	1435.85	6.94	53.03	49.95	2.15
599.80	Tr50	520.00	1432.00	1433.67	1434.56	1436.74	7.76	66.99	51.81	2.18
599.80	Tr100	662.50	1432.00	1433.89	1434.96	1437.53	8.46	78.34	53.28	2.23
599.80	Tr500	1112.40	1432.00	1434.45	1436.01	1439.76	10.21	109.63	57.81	2.30
579.85	Tr2.33	144.40	1431.36	1432.56	1432.83	1433.45	4.18	34.56	52.36	1.64
579.85	Tr10	278.60	1431.36	1432.86	1433.32	1434.38	5.46	51.04	58.21	1.86
579.85	Tr20	368.10	1431.36	1433.01	1433.60	1434.95	6.18	59.59	59.83	1.98
579.85	Tr50	520.00	1431.36	1433.22	1433.99	1435.84	7.17	72.54	62.14	2.12
579.85	Tr100	662.50	1431.36	1433.39	1434.32	1436.62	7.96	83.28	63.67	2.22

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
579.85	Tr500	1112.40	1431.36	1433.83	1435.21	1438.85	9.93	112.06	67.77	2.47
560.13	Tr2.33	144.40	1430.00	1430.74	1431.30	1432.61	6.05	23.88	35.24	2.35
560.13	Tr10	278.60	1430.00	1431.19	1431.91	1433.57	6.83	40.78	40.60	2.18
560.13	Tr20	368.10	1430.00	1431.41	1432.21	1434.12	7.29	50.52	45.69	2.21
560.13	Tr50	520.00	1430.00	1431.71	1432.65	1434.99	8.01	64.91	50.60	2.26
560.13	Tr100	662.50	1430.00	1431.94	1433.02	1435.74	8.63	76.73	54.24	2.32
560.13	Tr500	1112.40	1430.00	1432.49	1434.01	1437.94	10.34	107.63	57.88	2.42
540.75	Tr2.33	144.40	1428.00	1429.24	1429.95	1431.58	6.77	21.32	22.83	2.24
540.75	Tr10	278.60	1428.00	1429.83	1430.67	1432.73	7.54	36.95	30.10	2.17
540.75	Tr20	368.10	1428.00	1430.12	1431.02	1433.25	7.84	47.09	39.92	2.26
540.75	Tr50	520.00	1428.00	1430.48	1431.57	1434.18	8.54	61.71	42.43	2.18
540.75	Tr100	662.50	1428.00	1430.77	1432.02	1434.97	9.11	74.50	44.51	2.14
540.75	Tr500	1112.40	1428.00	1431.51	1433.19	1437.22	10.72	109.23	49.62	2.14
521.00	Tr2.33	144.40	1428.00	1428.84	1429.33	1430.49	5.69	25.38	34.47	2.12
521.00	Tr10	278.60	1428.00	1429.21	1430.02	1431.81	7.13	39.08	38.02	2.25
521.00	Tr20	368.10	1428.00	1429.46	1430.34	1432.36	7.54	48.84	40.74	2.20
521.00	Tr50	520.00	1428.00	1429.77	1430.80	1433.39	8.43	61.68	43.96	2.27
521.00	Tr100	662.50	1428.00	1430.02	1431.18	1434.19	9.05	73.22	50.46	2.40
521.00	Tr500	1112.40	1428.00	1430.60	1432.21	1436.48	10.74	103.53	54.51	2.49
500.17	Tr2.33	144.40	1426.00	1427.82	1428.32	1429.55	5.82	24.80	32.64	2.13
500.17	Tr10	278.60	1426.00	1428.20	1428.93	1430.82	7.17	38.86	40.58	2.34
500.17	Tr20	368.10	1426.00	1428.41	1429.27	1431.45	7.72	47.70	41.30	2.29
500.17	Tr50	520.00	1426.00	1428.72	1429.79	1432.50	8.61	60.38	42.31	2.30
500.17	Tr100	662.50	1426.00	1428.99	1430.21	1433.29	9.19	72.12	43.22	2.27
500.17	Tr500	1112.40	1426.00	1429.69	1431.42	1435.63	10.79	103.05	45.55	2.29
480.39	Tr2.33	144.40	1426.00	1426.97	1427.43	1428.57	5.59	25.82	39.50	2.21
480.39	Tr10	278.60	1426.00	1427.32	1428.03	1429.81	7.00	39.82	41.49	2.28
480.39	Tr20	368.10	1426.00	1427.51	1428.36	1430.53	7.70	47.79	42.59	2.32
480.39	Tr50	520.00	1426.00	1427.79	1428.85	1431.61	8.66	60.06	44.24	2.37
480.39	Tr100	662.50	1426.00	1428.04	1429.26	1432.45	9.30	71.21	45.52	2.38
480.39	Tr500	1112.40	1426.00	1428.69	1430.42	1434.84	10.98	101.28	46.59	2.38

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
464.42	Tr2.33	144.40	1426.00	1426.85	1427.14	1427.86	4.45	32.45	39.63	1.57
464.42	Tr10	278.60	1426.00	1427.19	1427.75	1429.05	6.03	46.17	40.69	1.81
464.42	Tr20	368.10	1426.00	1427.38	1428.09	1429.74	6.80	54.10	41.34	1.90
464.42	Tr50	520.00	1426.00	1427.68	1428.60	1430.80	7.83	66.45	42.32	1.99
464.42	Tr100	662.50	1426.00	1427.94	1429.03	1431.65	8.53	77.67	43.55	2.04
464.42	Tr500	1112.40	1426.00	1428.61	1430.20	1434.06	10.34	107.62	44.84	2.13
440.79	Tr2.33	144.40	1424.74	1426.18	1426.49	1427.27	4.62	31.29	38.42	1.63
440.79	Tr10	278.60	1424.74	1426.58	1427.12	1428.39	5.96	46.78	39.46	1.75
440.79	Tr20	368.10	1424.74	1426.80	1427.47	1429.04	6.64	55.46	40.11	1.80
440.79	Tr50	520.00	1424.74	1427.12	1428.01	1430.06	7.59	68.49	41.13	1.88
440.79	Tr100	662.50	1424.74	1427.39	1428.44	1430.90	8.29	79.91	41.83	1.92
440.79	Tr500	1112.40	1424.74	1428.11	1429.65	1433.28	10.07	110.47	43.88	2.03
418.00	Tr2.33	144.40	1422.36	1423.80	1424.43	1426.08	6.69	21.59	27.07	2.39
418.00	Tr10	278.60	1422.36	1424.27	1425.11	1427.25	7.64	36.48	33.69	2.34
418.00	Tr20	368.10	1422.36	1424.52	1425.49	1427.93	8.18	45.02	34.44	2.28
418.00	Tr50	520.00	1422.36	1424.90	1426.07	1428.98	8.95	58.12	35.39	2.23
418.00	Tr100	662.50	1422.36	1425.22	1426.56	1429.85	9.53	69.50	36.06	2.19
418.00	Tr500	1112.40	1422.36	1430.52	1427.88	1431.33	3.97	282.98	48.71	0.49
412.00	Bridge									
409.53	Tr2.33	144.40	1422.10	1423.74	1424.25	1425.41	5.72	25.24	27.60	1.91
409.53	Tr10	278.60	1422.10	1424.26	1424.99	1426.67	6.88	40.49	30.62	1.91
409.53	Tr20	368.10	1422.10	1424.57	1425.38	1427.31	7.33	50.20	31.79	1.86
409.53	Tr50	520.00	1422.10	1425.04	1425.98	1428.25	7.92	65.62	33.09	1.80
409.53	Tr100	662.50	1422.10	1426.02	1426.50	1428.35	6.76	97.98	33.32	1.26
409.53	Tr500	1112.40	1422.10	1427.20	1427.92	1430.53	8.09	137.58	33.86	1.28
402.03	Tr2.33	144.40	1422.07	1423.72	1424.11	1425.02	5.05	28.59	28.40	1.61
402.03	Tr10	278.60	1422.07	1424.21	1424.85	1426.32	6.43	43.32	31.87	1.76
402.03	Tr20	368.10	1422.07	1424.48	1425.24	1427.00	7.03	52.39	33.40	1.79
402.03	Tr50	520.00	1422.07	1424.89	1425.83	1428.04	7.86	66.15	34.70	1.82
402.03	Tr100	662.50	1422.07	1426.31	1426.31	1427.93	5.65	117.25	36.49	1.01
402.03	Tr500	1112.40	1422.07	1426.69	1427.65	1430.34	8.46	131.44	36.73	1.43

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
379.97	Tr2.33	144.40	1422.00	1423.31	1423.67	1424.49	4.81	30.01	30.36	1.55
379.97	Tr10	278.60	1422.00	1423.78	1424.37	1425.71	6.16	45.22	35.31	1.74
379.97	Tr20	368.10	1422.00	1424.01	1424.74	1426.39	6.84	53.85	37.73	1.83
379.97	Tr50	520.00	1422.00	1424.34	1425.28	1427.46	7.82	66.49	38.78	1.91
379.97	Tr100	662.50	1422.00	1424.99	1425.75	1427.62	7.17	92.36	40.85	1.52
379.97	Tr500	1112.40	1422.00	1425.70	1426.98	1429.93	9.11	122.08	43.02	1.73
360.23	Tr2.33	144.40	1420.84	1422.30	1422.78	1423.89	5.59	25.84	32.76	2.01
360.23	Tr10	278.60	1420.84	1422.75	1423.46	1425.10	6.78	41.07	34.82	1.99
360.23	Tr20	368.10	1420.84	1423.00	1423.84	1425.78	7.38	49.90	35.97	2.00
360.23	Tr50	520.00	1420.84	1423.36	1424.39	1426.84	8.27	62.88	37.58	2.04
360.23	Tr100	662.50	1420.84	1423.85	1424.85	1427.17	8.06	82.15	39.87	1.79
360.23	Tr500	1112.40	1420.84	1424.64	1426.09	1429.46	9.72	114.46	41.76	1.87
340.09	Tr2.33	144.40	1420.00	1421.22	1421.81	1423.11	6.10	23.69	24.63	1.99
340.09	Tr10	278.60	1420.00	1421.78	1422.56	1424.40	7.17	38.85	29.39	1.99
340.09	Tr20	368.10	1420.00	1422.07	1422.97	1425.11	7.72	47.67	31.42	2.00
340.09	Tr50	520.00	1420.00	1422.48	1423.60	1426.20	8.54	60.86	32.46	1.99
340.09	Tr100	662.50	1420.00	1423.00	1424.18	1426.68	8.49	78.00	33.75	1.78
340.09	Tr500	1112.40	1420.00	1423.97	1425.61	1428.99	9.92	112.13	36.18	1.80
320.07	Tr2.33	144.40	1418.00	1419.72	1420.47	1422.26	7.06	20.45	19.46	2.20
320.07	Tr10	278.60	1418.00	1420.37	1421.35	1423.64	8.01	34.77	24.25	2.14
320.07	Tr20	368.10	1418.00	1420.71	1421.82	1424.38	8.49	43.36	26.40	2.12
320.07	Tr50	520.00	1418.00	1421.17	1422.53	1425.52	9.23	56.34	29.24	2.12
320.07	Tr100	662.50	1418.00	1421.65	1423.07	1426.10	9.34	70.94	31.81	2.00
320.07	Tr500	1112.40	1418.00	1422.60	1424.38	1428.43	10.69	104.10	38.38	2.07
301.31	Tr2.33	144.40	1418.00	1419.74	1420.25	1421.37	5.67	25.49	23.19	1.73
301.31	Tr10	278.60	1418.00	1420.29	1421.09	1422.82	7.05	39.54	27.45	1.87
301.31	Tr20	368.10	1418.00	1420.58	1421.53	1423.59	7.69	47.89	29.54	1.93
301.31	Tr50	520.00	1418.00	1420.99	1422.15	1424.76	8.60	60.48	32.38	2.01
301.31	Tr100	662.50	1418.00	1421.39	1422.65	1425.46	8.94	74.10	35.19	1.97
301.31	Tr500	1112.40	1418.00	1422.24	1423.93	1427.82	10.46	106.34	40.59	2.06
280.38	Tr2.33	144.40	1418.00	1419.41	1419.84	1420.81	5.23	27.61	24.49	1.57
280.38	Tr10	278.60	1418.00	1419.97	1420.66	1422.18	6.59	42.30	28.59	1.73

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
280.38	Tr20	368.10	1418.00	1420.25	1421.10	1422.93	7.25	50.80	30.63	1.80
280.38	Tr50	520.00	1418.00	1420.66	1421.74	1424.06	8.17	63.68	33.45	1.89
280.38	Tr100	662.50	1418.00	1421.03	1422.26	1424.83	8.63	76.81	36.10	1.89
280.38	Tr500	1112.40	1418.00	1421.87	1423.57	1427.14	10.17	109.34	42.38	2.02
259.44	Tr2.33	144.40	1416.00	1417.86	1418.60	1420.17	6.74	21.43	17.21	1.93
259.44	Tr10	278.60	1416.00	1418.63	1419.62	1421.56	7.59	36.73	22.53	1.90
259.44	Tr20	368.10	1416.00	1419.00	1420.07	1422.31	8.05	45.71	26.28	1.95
259.44	Tr50	520.00	1416.00	1419.46	1420.65	1423.40	8.78	59.20	32.16	2.07
259.44	Tr100	662.50	1416.00	1419.83	1421.13	1424.17	9.23	71.76	36.49	2.10
259.44	Tr500	1112.40	1416.00	1420.65	1422.40	1426.48	10.70	104.33	42.04	2.14
239.96	Tr2.33	144.40	1416.00	1418.18	1418.51	1419.34	4.76	30.34	29.67	1.50
239.96	Tr10	278.60	1416.00	1418.56	1419.25	1420.80	6.63	42.02	31.91	1.85
239.96	Tr20	368.10	1416.00	1418.80	1419.66	1421.57	7.37	49.96	33.36	1.92
239.96	Tr50	520.00	1416.00	1419.18	1420.24	1422.65	8.25	63.05	35.61	1.98
239.96	Tr100	662.50	1416.00	1419.52	1420.68	1423.45	8.78	75.47	37.63	1.98
239.96	Tr500	1112.40	1416.00	1420.32	1421.92	1425.79	10.36	107.40	41.76	2.06
220.33	Tr2.33	144.40	1416.00	1418.06	1418.24	1418.91	4.09	35.30	33.82	1.28
220.33	Tr10	278.60	1416.00	1418.40	1418.92	1420.18	5.91	47.15	34.32	1.61
220.33	Tr20	368.10	1416.00	1418.63	1419.30	1420.92	6.70	54.91	34.62	1.70
220.33	Tr50	520.00	1416.00	1419.00	1419.88	1421.99	7.66	67.89	35.10	1.76
220.33	Tr100	662.50	1416.00	1419.36	1420.39	1422.81	8.23	80.46	35.55	1.75
220.33	Tr500	1112.40	1416.00	1420.31	1421.76	1425.13	9.73	114.99	38.12	1.74
199.47	Tr2.33	144.40	1416.00	1417.47	1417.77	1418.55	4.62	31.28	28.76	1.41
199.47	Tr10	278.60	1416.00	1417.98	1418.51	1419.74	5.89	47.34	33.88	1.59
199.47	Tr20	368.10	1416.00	1418.23	1418.90	1420.43	6.57	56.04	35.45	1.67
199.47	Tr50	520.00	1416.00	1418.59	1419.47	1421.48	7.53	69.04	37.55	1.77
199.47	Tr100	662.50	1416.00	1418.89	1419.91	1422.34	8.23	80.66	39.33	1.82
199.47	Tr500	1112.40	1416.00	1419.68	1421.24	1424.67	9.91	114.08	46.19	1.89
180.00	Tr2.33	144.40	1416.00	1417.61	1417.61	1418.24	3.53	40.86	32.44	1.01
180.00	Tr10	278.60	1416.00	1418.10	1418.33	1419.28	4.81	58.00	36.85	1.21
180.00	Tr20	368.10	1416.00	1418.29	1418.72	1419.93	5.67	65.21	38.67	1.35
180.00	Tr50	520.00	1416.00	1418.61	1419.31	1420.94	6.78	78.10	41.72	1.49

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
180.00	Tr100	662.50	1416.00	1418.90	1419.78	1421.79	7.56	90.34	44.42	1.56
180.00	Tr500	1112.40	1416.00	1419.62	1421.00	1424.11	9.52	125.13	51.36	1.73
160.24	Tr2.33	144.40	1416.00	1417.27	1417.41	1418.03	3.88	37.24	34.38	1.19
160.24	Tr10	278.60	1416.00	1417.80	1418.09	1419.03	4.92	56.57	38.67	1.30
160.24	Tr20	368.10	1416.00	1418.00	1418.45	1419.65	5.68	64.85	43.12	1.43
160.24	Tr50	520.00	1416.00	1418.31	1418.98	1420.60	6.71	78.22	43.57	1.55
160.24	Tr100	662.50	1416.00	1418.57	1419.42	1421.43	7.51	89.52	43.95	1.63
160.24	Tr500	1112.40	1416.00	1419.30	1420.64	1423.71	9.35	122.50	46.27	1.75
139.93	Tr2.33	144.40	1414.00	1415.76	1416.33	1417.54	5.91	24.45	25.36	1.92
139.93	Tr10	278.60	1414.00	1416.33	1417.01	1418.53	6.57	42.40	36.13	1.94
139.93	Tr20	368.10	1414.00	1416.60	1417.39	1419.13	7.05	52.24	37.96	1.92
139.93	Tr50	520.00	1414.00	1416.96	1417.94	1420.07	7.81	66.57	40.49	1.95
139.93	Tr100	662.50	1414.00	1417.25	1418.35	1420.89	8.45	78.37	42.46	1.99
139.93	Tr500	1112.40	1414.00	1417.95	1419.44	1423.13	10.08	110.35	48.95	2.14
119.68	Tr2.33	144.40	1414.00	1416.21	1416.26	1416.88	3.62	39.89	34.08	1.07
119.68	Tr10	278.60	1414.00	1416.78	1416.97	1417.84	4.57	60.95	40.29	1.18
119.68	Tr20	368.10	1414.00	1416.99	1417.35	1418.41	5.29	69.61	42.58	1.32
119.68	Tr50	520.00	1414.00	1417.27	1417.89	1419.32	6.34	82.13	45.58	1.50
119.68	Tr100	662.50	1414.00	1417.50	1418.29	1420.11	7.16	92.80	47.92	1.63
119.68	Tr500	1112.40	1414.00	1418.10	1419.34	1422.27	9.05	123.54	53.16	1.88
99.38	Tr2.33	144.40	1414.00	1415.20	1415.61	1416.51	5.07	28.48	31.26	1.70
99.38	Tr10	278.60	1414.00	1415.76	1416.28	1417.47	5.79	48.13	38.32	1.65
99.38	Tr20	368.10	1414.00	1416.03	1416.63	1418.01	6.23	59.08	41.46	1.67
99.38	Tr50	520.00	1414.00	1416.39	1417.15	1418.89	7.00	74.32	42.93	1.70
99.38	Tr100	662.50	1414.00	1416.68	1417.59	1419.66	7.64	86.72	44.08	1.74
99.38	Tr500	1112.40	1414.00	1417.42	1418.72	1421.78	9.25	120.26	47.06	1.85
80.14	Tr2.33	144.40	1413.65	1415.14	1415.35	1416.00	4.10	35.23	33.43	1.28
80.14	Tr10	278.60	1413.65	1415.67	1416.02	1417.00	5.10	54.64	39.05	1.38
80.14	Tr20	368.10	1413.65	1415.96	1416.38	1417.54	5.57	66.04	40.69	1.40
80.14	Tr50	520.00	1413.65	1416.33	1416.90	1418.41	6.39	81.41	41.65	1.46
80.14	Tr100	662.50	1413.65	1416.64	1417.34	1419.16	7.03	94.17	42.32	1.51
80.14	Tr500	1112.40	1413.65	1417.45	1418.57	1421.22	8.60	129.28	44.10	1.60

River Station	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
59.92	Tr2.33	144.40	1412.00	1413.89	1414.41	1415.57	5.75	25.13	18.63	1.58
59.92	Tr10	278.60	1412.00	1414.43	1415.03	1416.49	6.36	43.82	38.86	1.91
59.92	Tr20	368.10	1412.00	1414.69	1415.39	1417.05	6.81	54.06	39.20	1.85
59.92	Tr50	520.00	1412.00	1415.08	1415.93	1417.94	7.48	69.49	39.69	1.81
59.92	Tr100	662.50	1412.00	1415.41	1416.38	1418.69	8.02	82.59	40.11	1.78
59.92	Tr500	1112.40	1412.00	1416.31	1417.63	1420.78	9.37	119.09	41.50	1.75
40.10	Tr2.33	144.40	1412.00	1413.13	1413.71	1415.00	6.07	23.80	25.49	2.01
40.10	Tr10	278.60	1412.00	1413.82	1414.45	1415.93	6.43	43.34	30.84	1.73
40.10	Tr20	368.10	1412.00	1414.14	1414.86	1416.55	6.87	53.61	32.34	1.70
40.10	Tr50	520.00	1412.00	1414.62	1415.47	1417.49	7.49	69.40	33.06	1.65
40.10	Tr100	662.50	1412.00	1417.20	1415.99	1418.08	4.17	159.26	36.87	0.63
40.10	Tr500	1112.40	1412.00	1419.04	1417.39	1420.25	4.90	234.99	49.72	0.63
19.69	Tr2.33	144.40	1412.00	1413.48	1413.59	1414.33	4.08	35.37	25.86	1.12
19.69	Tr10	278.60	1412.00	1414.41	1414.41	1415.49	4.61	60.45	28.15	1.00
19.69	Tr20	368.10	1412.00	1414.87	1414.87	1416.14	5.00	73.61	29.15	1.00
19.69	Tr50	520.00	1412.00	1415.56	1415.57	1417.11	5.52	94.16	30.57	1.00
19.69	Tr100	662.50	1412.00	1416.13	1416.13	1417.91	5.93	111.83	31.83	1.01
19.69	Tr500	1112.40	1412.00	1417.67	1417.67	1420.07	6.88	165.00	37.96	0.98
1.27	Tr2.33	144.40	1410.00	1411.88	1412.49	1413.90	6.28	22.99	21.91	1.96
1.27	Tr10	278.60	1410.00	1412.58	1413.36	1415.12	7.06	39.49	25.00	1.79
1.27	Tr20	368.10	1410.00	1412.98	1413.83	1415.78	7.41	49.85	26.36	1.70
1.27	Tr50	520.00	1410.00	1413.59	1414.55	1416.76	7.90	66.78	29.08	1.60
1.27	Tr100	662.50	1410.00	1414.11	1415.15	1417.57	8.28	82.33	31.52	1.53
1.27	Tr500	1112.40	1410.00	1415.45	1416.68	1419.73	9.32	128.21	35.90	1.43