CONTRATO No. CC-1022-2024

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CICLOVÍA SAN MIGUEL

INFORME DE DISEÑO DE DRENAJES

ELABORO:
ING. CARLOS ENRIQUE GONZALEZ ARAGON

CARGO:
ING. ESPECIALISTA HIDRÁULICO

FIRMA:



FECHA:
23-06-2025

Este documento es de propiedad única de la Alcaldía Municipal de Zipaquirá - Cundinamarca. Elaborado por CONSORCIO 3CAI-DGI, cualquier solicitud de esta información debe ser con la autorización por escrito de la Alcaldía de Zipaquirá - Cundinamarca entidad contratante.

Consorcio Diseños Urbanos
Nit: 901.900.726-9

DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE DRENAJE EN LA VÍA ZIPAQUIERA-NEMOCON

PROYECTO
CICLOVÍA 3.1 KM
SECTOR LA PAZ – SAN MIGUEL

REALIZADO POR:

FULKRUM INGENIERÍA SAS

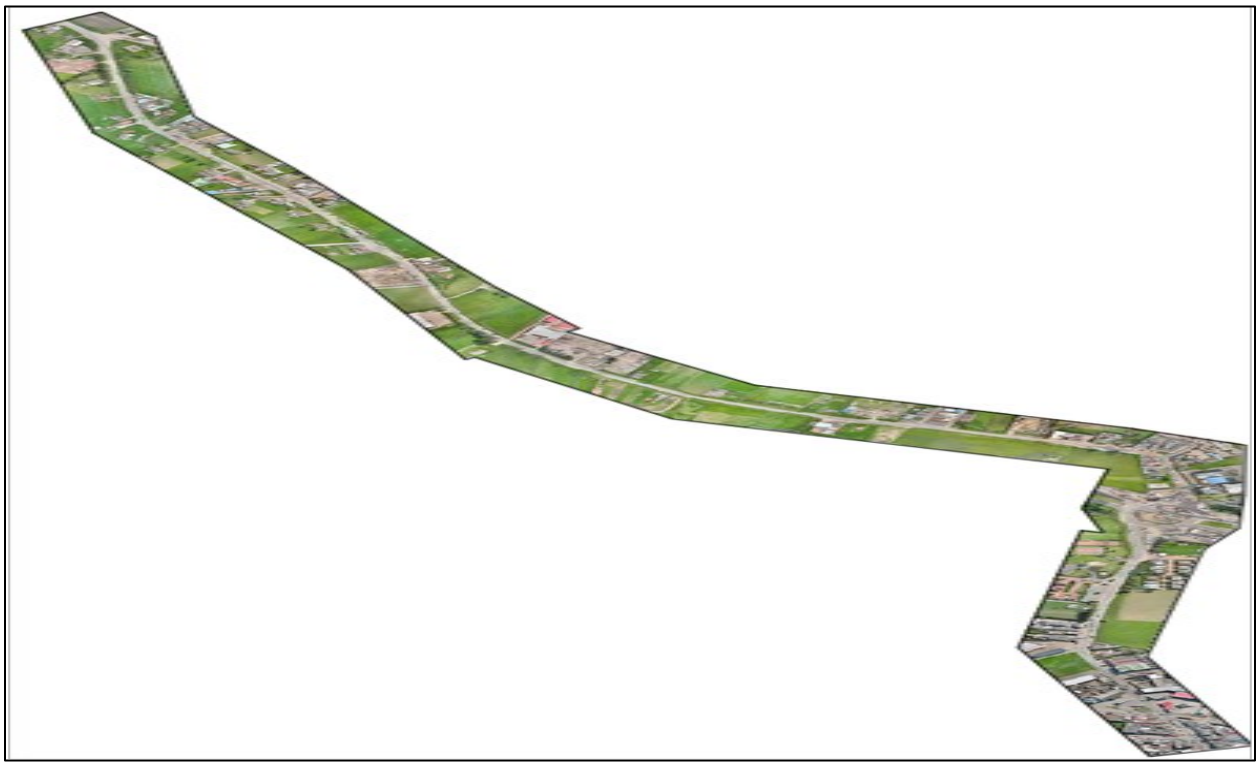
NIT: 901281307-9
Calle 57 N° 18 -22 OF: 602

Junio 2025

LA PAZ-SAN MIGUEL

(VÍA ZIPAQUIRA-NEMOCON)

Ilustración 1. Vista aérea de la zona del estudio



Fuente: Consorcio Diseños Urbanos. (2025)

Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN 7
2. OBJETIVOS 8
2.1 OBJETIVO GENERAL 8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
3. LOCALIZACIÓN 9
4. ALCANCE 10
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 10
6. ANÁLISIS HIDRO CLIMATOLÓGICO 11
6.1 CLIMATOLOGÍA 11
6.2 HIDROLOGÍA 12
7. ACCIONES A REALIZAR 15
8. ESTIMACIÓN DE CAUDALES 19
7.1. CURVA IDF 21
7.2. CAUDAL DE DISEÑO 24
9. INFORMACIÓN TOMADA DE ESTUDIOS PREVIOS 29
10. DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS 32
10.1 MARCO TEÓRICO 32
10.2 VALIDACIÓN HIDRÁULICA 35
10.2.1. Cálculo de caudales 35
10.2.2. Validación canales/vallados 37
10.2.3. Validación sumideros 43
10.2.4. Validación redes conexión sumideros a canales/vallados 50
10.2.5. Empalmes con obras concesión rotonda vía Zipaquirá – Ubaté 62
11. ARMONIZACIÓN URBANÍSTICA 63
12. CONCLUSIONES 64

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Vista aérea de la zona del estudio 3
Ilustración 2. Localización de Proyecto 9
Ilustración 3 Ubicación estaciones cercanas a zona de estudio 14
Ilustración 4 Ubicación estación La Cosecha 21205910 14
Ilustración 5. Valores totales mensuales de precipitación....20
Ilustración 6. Valores de precipitación máxima 24 H 21
Ilustración 7. Curva IDF Estación La Cosecha 24
Ilustración 8. Formulas geométricas para canales 33
Ilustración 9. Sección típica de intervención de vallado recubierto y/o desplazado 63
Ilustración 10. Sección típica de No intervención vallado en cuanto a su localización 63

Tabla de tablas

Tabla 1. Acciones a realizar 15
Tabla 2. Valores totales mensuales de precipitación. 19
Tabla 3. Valores precipitación 24H mensuales....19
Tabla 4. Valores de los coeficientes a, b, c y d cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF 22
Tabla 5. Valores de intensidad Curva IDF 23
Tabla 6. Valores coeficiente de escorrentia o impermeabilidad 27
Tabla 7. Periodo de retorno según el tipo de obra 28
Tabla 8 Obras transversales existentes 29
Tabla 9 Obras transversales requeridas 30
Tabla 10. Valores coeficiente de Manning 33
Tabla 11. Anchos de inundación....34
Tabla 12. Calculo canal rectangular TR 25 años tramo 1 37
Tabla 13. Calculo canales TR 100 años tramo 1 38
Tabla 14. Calculo canales TR 25 años tramo 2....39
Tabla 15. Calculo canales TR 100 años tramo 2 41
Tabla 16. Validación de sumideros Tramo 1 43
Tabla 17. Validación de sumideros Tramo 2 (01-62)....44
Tabla 18. Validación de sumideros Tramo 2 (63-110)....48
Tabla 19. Validación redes conexión de sumideros Tramo 1 50
Tabla 20. Validación redes conexión de sumideros Tramo 2 (sumideros 01 – 62)....52
Tabla 21. Validación redes conexión de sumideros Tramo 2 (sumideros 63 – 110)....58

ANEXOS

01- DOCUMENTOS DEL PROFESIONAL
- 01-CEDULA
- 02-MATRICULA PROFESIONAL
- 03-CERTIFICADO DE VIGENCIA
- 04-MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

02- PLANOS
- 01-DWG
- 02-PDF
  - 01-TRAMO 1
  - 02-TRAMO 2
  - 03-SECCIONES TRANSVERSALES

03- MEMORIAS
- 01- PDF (Este documento)

04- ANEXOS
- 01- INFORMACIÓN ARMONIZACIÓN PROYECTOS
  - 01- ICCU 087-2021
  - 02- 989 DE 2021
- 02- CALCULOS
  - 01- TRAMO 1
  - 02- TRAMO 2
  - 03- IDF

05-PLANILLAS SST
- 01 - PLANILLAS DEL PROFESIONAL

1. INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso más valioso para los seres humanos, pero se subestima. Ayuda a mantener a las personas, cultivar los alimentos, impulsar las economías y apoyar los ecosistemas (Banco Mundial, 2025). Al identificar la variedad de usos que le damos a los recursos hídricos, el ser humano ha determinado que su manejabilidad es una herramienta fundamental para el buen desarrollo de la sociedad, es aquí donde nos permitimos como especie moldear su uso en beneficio propio. Los avances hasta hoy desarrollados, principalmente en las obras civiles mejoran la calidad de vida de la población y permiten la mitigación de los impactos ambientales.

Las obras civiles son esenciales para el desarrollo y avance de cualquier sociedad, ya que abarcan la planificación, diseño y construcción de una amplia variedad de infraestructuras esenciales como carreteras, puentes, edificaciones, sistemas de agua y saneamiento, etc. Estas obras no solo mejoraran la calidad de vida como se mencionó anteriormente, sino que también ayudan a impulsan el crecimiento económico y la conectividad.

El desarrollo de infraestructura civil en el departamento de Cundinamarca es fundamental para el desarrollo de la región ya que permite mejorar entre muchas cosas, la conectividad de áreas altamente pobladas con centros económicos, de igual manera la ingeniería se encuentra con un desafío importante, la sostenibilidad de sus procesos e infraestructura, por ello “Impulsar el desarrollo de modelos de movilidad sostenible, promoviendo el uso de las bicicletas a través de rutas paralelas en tramos de vías primarias y secundarias del departamento, conformando la ciclo-infraestructura de la región” (Gobernación de Cundinamarca, 2023)

El trabajo presentado en este informe expone los criterios considerados, metodologías, cálculos, resultados y dimensionamiento de los distintos elementos requeridos para el apropiado diseño de drenaje de la zona de influencia del proyecto.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar el sistema de drenaje para la los espacios públicos aledaños a la ciclovía en los sectores de La Paz - San Miguel, puntualmente en los tramos a intervenir de la vía Zipaquirá - Calle 8 y la vía Zipaquirá – Nemocón, en conjunto con infraestructura necesaria para drenaje vial y de espacios públicos paralelos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Presentar la extensión e implementación de diseños en la zona de interés del proyecto hacia los puntos de entrega disponibles en el proyecto.
- Estimar los caudales de diseño de cada elemento, junto con sus áreas aferentes.
- Dimensionar cada uno de los elementos propuestos, armonizados con las demás especialidades del proyecto.

3. LOCALIZACIÓN

Latitud: 5.031872°

Longitud: -73.971025°

El proyecto se localiza entre los sectores de La Paz y San Miguel con un total de 3.1km sobre la vía Zipaquirá-Cundinamarca-Calle 8 y la vía Zipaquirá-Cundinamarca-Nemocón

Ilustración 2. Localización de Proyecto



Fuente: Consorcio Diseños Urbanos. (2025).

4. ALCANCE

Este informe tiene como objetivo diseñar los elementos correspondientes al drenaje de la zona de intervención del proyecto de referencia, considerando los espacios públicos y viales paralelos a la ciclorruta a implementar, junto con estructuras existentes (vallados) que tendrían interferencia con el proyecto, requiriendo su reconformación y continuidad, ya que estas estructuras en su mayoría fueron construidas por la comunidad y no tienen un mantenimiento adecuado. Además, al no contarse con un sistema de alcantarillado pluvial, constan del único elemento disponible para garantizar su funcionalidad o compatibilidad con la nueva infraestructura proyectada.

Se contemplan también los sumideros de vía, alcantarillas y conexiones de entrega hacia los vallados y/o cabezales. También se revisan en implementan estructuras puntuales o especificas a implementar para drenaje de predios.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se enmarca la propuesta de la alcaldía de Zipaquirá para solventar las necesidades de la comunidad en la zona de La Paz – San Miguel por medio de la construcción de un nuevo proyecto de ciclovía que le permita a la población una mejor movilidad y conectividad en su vida cotidiana, teniendo en cuenta lo anterior en fundamental evaluar la intervención de los costados de la calzada para la construcción del proyecto, esto implica intervención integral de los 41 vallados, los 4 cabezales y demás cuerpos de agua identificados en la zona en el informe de inventario, para ellos se empelaran los criterios ingenieriles, normativos, técnicos y particulares del proyecto que permitan el apropiado manejo del drenaje integral del proyecto.

6. ANÁLISIS HIDRO CLIMATOLÓGICO

La recopilación de información para el estudio hidro climatológico comprende tanto la toma de información de campo, como la de la investigación en documentos oficiales y entidades estatales como lo es la CAR Cundinamarca y el POT municipal de Zipaquirá. Todo lo anterior es necesario para establecer los criterios de estimación de caudales de drenaje del predio donde se ubican el proyecto de interés.

6.1 CLIMATOLOGÍA

Clima General

Zipaquirá presenta un clima templado de montaña, clasificado como Cfb según Köppen-Geiger. Esto implica temperaturas moderadas durante todo el año y precipitaciones distribuidas en la mayoría de los meses. La temperatura media anual es de aproximadamente 13.1 °C, y la precipitación total anual ronda los 1,493 mm.

Temperaturas

- Promedio anual: 13.1 °C
- Mes más cálido: Febrero, con una media de 13.5 °C
- Mes más frío: Julio, con una media de 12.7 °C

Temperaturas extremas: Las mínimas pueden descender hasta 6 °C en enero, y las máximas alcanzar alrededor de 19 °C en septiembre.

Precipitación

- Mes más lluvioso: Abril, con un promedio de 225 mm
- Mes más seco: Agosto, con aproximadamente 67 mm
- Temporadas de lluvia: De abril a junio y de octubre a noviembre
- Temporadas secas: De diciembre a marzo y de julio a septiembre.

Humedad

La humedad relativa en Zipaquirá es generalmente alta, oscilando entre el 69% y el 80% a lo largo del año. Noviembre suele ser el mes más húmedo, alcanzando hasta un 91% de humedad relativa.

Viento

Los vientos en Zipaquirá son moderados, con velocidades promedio que varían entre 4.1 km/h en octubre y 7.0 km/h en julio. La dirección predominante del viento es del este durante todo el año.

Radiación Solar y Horas de Sol

Zipaquirá no presenta una gran variación en las horas de sol a lo largo del año. El día más largo ocurre alrededor del 21 de junio, mientras que el más corto es aproximadamente el 21 de diciembre.

Fenómenos Climáticos Especiales

Debido a su altitud (aproximadamente 2,652 msnm), Zipaquirá experimenta fenómenos como heladas y granizadas, especialmente en las zonas agrícolas y páramos circundantes. Estos eventos pueden afectar la agricultura local.

6.2 HIDROLOGÍA

Cuencas Hidrográficas y Ríos Principales

- Zipaquirá se encuentra en una zona estratégica de la Sabana de Bogotá, atravesada por varias cuencas hidrográficas. Las más destacadas son:
- Río Frío: Nace en el Páramo de Guerrero, en Zipaquirá, a una altitud de 3,700 metros sobre el nivel del mar. Recorre municipios como Tabio, Cajicá y Chía, desembocando en el río Bogotá. Su cuenca abarca aproximadamente 6,009 hectáreas.
- Río Susaguá: También tiene su origen en el Páramo de Guerrero y fluye hacia el embalse del Neusa. Su cuenca cubre áreas de Zipaquirá y Cogua.
- Embalse de Pantano Redondo: Situado en Zipaquirá, este embalse es crucial para el abastecimiento de agua y la regulación hídrica de la región.

Precipitación y Régimen Hídrico

Zipaquirá experimenta un régimen de lluvias bimodal, con dos temporadas húmedas principales: de abril a junio y de octubre a noviembre. El mes de octubre suele registrar los niveles más altos de precipitación, aumentando el riesgo de inundaciones.

Riesgo de Inundaciones

Un estudio reciente identificó las áreas más vulnerables a inundaciones en Zipaquirá, clasificándolas en cinco niveles de riesgo:

- Riesgo muy alto: 17.47 km^2 (14.1% del área total)
- Riesgo alto: 33.33 km^2

- Riesgo medio: 35.18 km^2
- Riesgo bajo: 24.29 km^2
- Riesgo muy bajo: 13.49 km^2

Más del 55% del territorio presenta un riesgo medio a alto de inundación, especialmente en zonas urbanas y agrícolas.

Presiones Ambientales y Contaminación

- Las principales amenazas a los recursos hídricos en Zipaquirá incluyen:
- Contaminación por agroquímicos: La floricultura intensiva en la región contribuye a la contaminación del agua.
- Minería de carbón: Presente en la cuenca del Río Frío, afecta la calidad del agua y el equilibrio ecológico.
- Expansión urbana descontrolada: La urbanización sin planificación adecuada ha alterado el ciclo hidrológico y reducido la capacidad de infiltración del suelo.

Gestión y Planificación Hídrica

Se han implementado planes de ordenación y manejo de cuencas (POMCA) para regular el uso del suelo y proteger los recursos hídricos. Estos planes buscan mitigar los impactos negativos mediante la conservación de zonas de recarga hídrica y la promoción de prácticas sostenibles.

Información Hidrológica

En los alrededores de la zona de estudio encuentran estaciones hidrológicas de diversas características; sin embargo, muchas de estas, las más cercanas, carecen de información completa de años cercanos al de estudio o de al menos 30 años de registros como es recomendado; o confiable para la determinación de caudales de diseño de drenajes.

En la siguiente imagen se puede observar la ubicación de las estaciones meteorológicas de la CAR e IDEAM con respecto a la ubicación del proyecto en estudio, empleando la metodología de polígonos de Thiessen para ello.

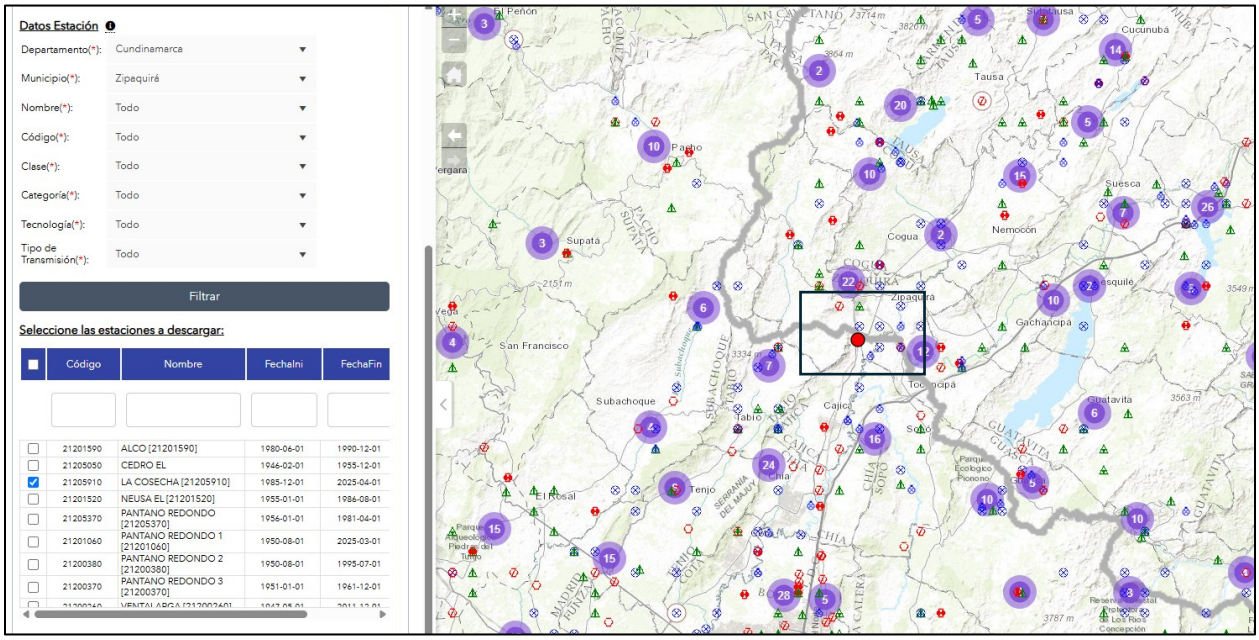


Ilustración 3 Ubicación estaciones cercanas a zona de estudio
Fuente: IDEAM

Acorde a la información relacionada, la estación hidrológica más cercana, apropiada en base a la geografía local seria la estación hacienda LA COSECHA con código 21205910, de tipo climática principal, en del municipio de Zipaquirá la cual cuenta con datos suficientes de precipitación, de la cual se tomará gran parte de la información del presente documento.

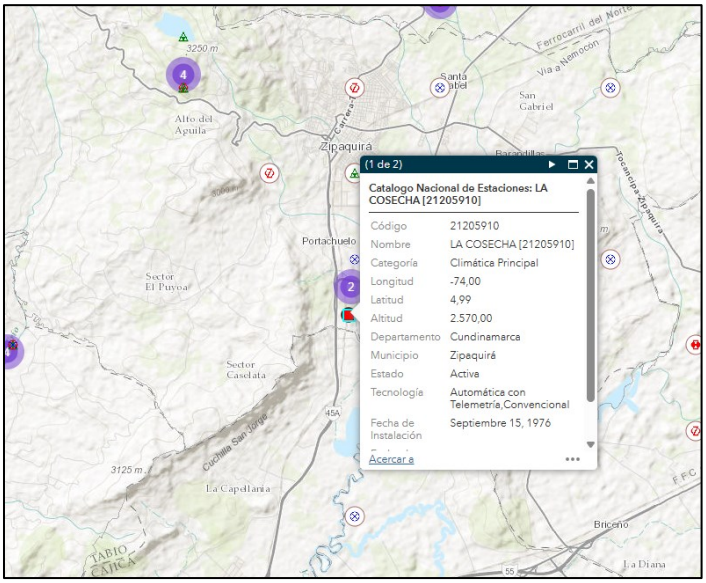


Ilustración 4 Ubicación estación La Cosecha 21205910
Fuente: IDEAM

7. ACCIONES A REALIZAR

A continuación, se presentan las acciones a realizar en el proyecto en cuanto a su drenaje dividido por secciones de abscisas, esto en base a lo encontrado en el inventario y/o diagnóstico de vallados y las consideraciones posteriormente expuestas:

Tabla 1. Acciones a realizar

COSTADO ORIENTAL			
Inicio	**Fin**	**Instrucción**	**Obs Adicionales**
Segmento 1			
K0+000	K0+280	Generar Canal	
K0+280	K0+470	Generar Canal	
k0+470	k0+704	Generar Canal	Conexión empalme rotonda
Segmento 2			
k0+000	k0+290	Generar Canal	
k0+290	k0+410	Mantener vallado	
k0+410	k0+470	Generar Canal	
k0+470	k0+680	Conservar y mejorar vallado	
k0+680	k0+930	Generar Canal	Revisar predios
k0+930	k1+560	Prolongar y mejorar vallado	
k1+560	k1+900	Generar Canal	
k1+900	k2+240	Generar Canal	Continuidad por infiltración
COSTADO OCCIDENTAL			
Segmento 1			
Inicio	**Fin**	**instrucción**	**Obs Adicionales**
k0+000	k0+290	Generar Canal	
k0+290	k0+420	Generar Canal	
k0+420	k0+680	Generar Canal	Conexión empalme rotonda
Segmento 2			
k0+000	k0+490	Generar Canal	
k0+490	k0+880	Generar Canal	
k0+880	k1+190	Generar Canal	
k1+190	k1+900	Generar Canal	
k1+900	k2+200	Generar Canal	Continuidad por infiltración

Fuente: Propia

Las acciones enlistadas obedecen a un análisis holístico y armonizado con otras especialidades del proyecto, donde se tuvieron las siguientes acciones y consideraciones:

- Puesto que la vía no es objeto de intervención, no podrán plantearse elementos de drenaje sobre la misma, a menos que sea estrictamente necesario. Por lo anterior, los elementos de drenaje tendrán que ubicarse en espacios públicos o sus costados exteriores.

- Los puntos de entrega de los elementos de drenaje serán estructuras de paso transversales a las vías, del tipo boxculvet, planteados en los diseños dados en el contrato “CONSULTORÍA DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE VÍAS Y PUENTES EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, GRUPO 2: TRAMO 1 NEMOCÓN-ZIPAQUIRÁ, CONTRATO INFRAESTRUCTURA Y CONCESIONES DE CUNDINAMARCA – ICCU - 087 DE 2021 (21-007 FONDECUN, VOLUMEN IX. ESTUDIO DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN DEL 2023”, las cuales dictaminan niveles de empalme, y por ende, limitaciones en la profundidad y tipo de estructuras a implementar. (Ver anexo 03. Información Armonización Proyectos – 01. ICCU 087-2021).

  Lo anterior impide incluir tuberías en andenes, ya que bajas profundidades pueden generar problemas de resistencia en las mimas; además, de no ser aptas para empalmes de domiciliaras pluviales de predios. También es importante enunciar que el ancho de espacio público, el cual debe ser compartido con espacios de otros tipos de redes, junto a la restricción de no ubicar redes públicas en andenes ni bajo ciclorrutas, generaría severas dificultades en su implantación, especialmente con lo referente a los pozos de inspección.

- Considerando las restricciones de redes, se determinó que en la mayoría del proyecto, será necesario construir un canal o boxculvert de bajas dimensiones en concreto, y en algunas áreas específicas se podrán crear secciones de vallado en zonas limitadas. Los detalles de estas secciones se encuentran en el Anexo 02: Planos.

- Con el fin de drenar la vía y los espacios públicos a desarrollar, se plantea la implementación de sumideros a ambos costados de la vía a lo largo de su recorrido, efectuando conexiones de estos elementos hacia los boxculvert o vallados proyectados. El tipo de sumidero recomendado a emplear es el combinado prefabricado.

- También se propone, en armonización con el componente geotécnico, la inclusión de un Geodren con el fin de proteger la estructura de espacios públicos a implementar; esta se ubicará en el confinamiento de la misma, protegiéndola de los flujos subsuperficiales de los predios colindantes, especialmente de los que se componen de fincas con usos agropecuarios.

- Se recomendará la implementación de estructuras específicas como canales monolíticos o rejillas puntuales en zonas de empalmen con predios que lo requieran.

- Finalmente, acorde a las características del terreno, se tiene que entre la zona del tramo 1 el tramo 2, en la actualidad se desarrolla un proyecto vial consistente en una rotonda en la vía principal de Zipaquirá a Nemocón, a cargo de la Agencia Nacional de Vías, Invias; quienes dentro de sus diseños, dejaron ajas de inspección y redes de empalme,

cuyos niéveles serán armonizados con el presente proyecto de forma que sea posible un empalme entre ellos.

Es importante aclarar que los diámetros considerados en dichos diseños serán revisados y recomendados de mantener o ampliar según los valores de caudales obtenidos.

- Tras el inventario y diagnóstico de los vallados existentes dentro de la zona de intervención, se llegó a la conclusión de que es necesaria su intervención y continuidad hasta puntos de entrega en los afluentes existentes, por lo que se requiere de la construcción de estos elementos de forma continua; sin embargo, varios de estos espacios estarían bajo las áreas de construcción de los nuevos espacios públicos/ciclorrutas, por lo que, en estas intersecciones, deberá desarrollarse un sistema de drenaje consistente en canales rectangulares tipo Boxculvert que capten y conduzcan el agua hacia los elementos de entrega enunciados.

- Para captar el agua lluvia de la vía y espacios públicos, estas zonas contarán con un pendientado hacia la zona central, donde se unen la vía y el andén, generando una escorrentía superficial en el borde de la vía, apoyada contra el sardinel, conformando una cuenta de tipo triangular entre estos 2 elementos. Dicho flujo llegara a sumideros, dispuestos al cada costado de la vía y que estarán dispuestos acorde a los cálculos a emplear, garantizando el cumplimiento de las directrices de la Resolución 0330 de 2017 sobre anchos de inundación, acción que al mismo tiempo, garantizará alturas de lámina de escorrentía que no sobrepasen los altos de sardinel; así como tampoco valores que afecten la movilidad en la zona durante eventos críticos.

- Los sumideros estarán conectados a los canales Boxculvert o vallados proyectados y/o reconformados, esto mediante tuberías de diámetro mínimo de 10” cuya capacidad y condición hidráulica deberá ser validada.

- Algunos predios podrían tener niveles de empalme con los espacios proyectados que requerirán de estructuras específicas para su manejo adecuado de escorrentía, en ellos se emplearán canales monolíticos tipo ACO o rejillas tipo sumidero según las características puntuales de cada caso. Las estructuras mencionadas estarán conectadas a los canales / vallados proyectados.

- Finalmente, los Boxculvert y/o vallados, entregarán los caudales captados a los afluentes existentes dentro de la zona de intervención, para ello, deberá ampliarse la sección del paso existente en todos los casos, esto también acorde a lo enunciado en el estudio del contrato ICCU - 087 de 2021 expuesto a detalle en el capítulo previo, donde se plantean alcantarillas de mínimo 0,90m de diámetro; sin embargo, con el fin de empalmar los resultados de la consultoría previa, se deberá cambiar estos elementos por tipo Boxculvert con igual o superior capacidad hidráulica, de manera que puedan también prolongarse según la ampliación requerida para la construcción de espacios públicos y ciclorruta a ambos costados de la zona vial, por lo que un

Boxculvert con la longitud trasversal suficiente para estos pasos y para el empalme de los canales de entrega de caudales propios del proyecto de la ciclorruta, consta de la mejor opción.

Es importante señalar que el adecuado drenaje requiere del desarrollo en paralelo de las obras propuestas en el contrato ICCU -087 de 2021, sin ello no es posible el empalme de los drenajes propuestos.

- Para el caso del tramo 1, tras la abscisa K0+620, se debe efectuar una entrega de caudales a estructura existente o proyectada por la construcción de la rotonda en la vía Zipaquirá Ubaté.

- En el tramo 2, llegando al sector de san Miguel, deberá efectuarse una continuidad de obras para entrega de escorrentía hacia la infraestructura existente, ya sea por escorrentía superficial o por infiltración, esto al carecer de redes o afluentes naturales en la zona.

8. ESTIMACIÓN DE CAUDALES

La estación que se encuentra designada para la zona de estudio genera registros de un total anual promedio de 834,92 mm de precipitación al año, el máximo histórico anual registra un valor de 1574.20 mm y el mínimo de 172.20 mm, siendo abril y octubre los meses de mayor precipitación promedio, mientras que las menores precipitaciones se presentan en los meses de enero, julio y diciembre.

Los valores totales mensuales de precipitación se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Valores totales mensuales de precipitación.

PRECIPITACION MENSUAL TOTAL (MM)													
	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTIEN	OCTUB	NOVIEN	DICIEM	TOTAL
1996	40.00	60.20	137.20	151.10	112.00	72.00	132.00	35.80	39.00	87.20	77.00	26.30	969.80
1997	103.00	29.60	42.00	63.50	31.20	83.00	30.00	30.00	29.00	46.00	11.00	6.00	504.30
1998	13.4	34.50	51.20	66.00	66.00	52.00	67.00	36.20	20.80	127.90	40.50	20.70	596.20
1999	24	7.40	11.70	10.50	17.10	68.70	4.80	10.00	47.40	80.80	21.20	15.20	318.80
2000	19.4	111.00	69.30	7.00	9.30	8.90	13.20	7.30	16.00	5.30	7.70	3.60	278.00
2001	3.4	4.60	12.20	1.20	34.80	29.50	27.80	39.00	30.40	41.00	18.70	32.50	275.10
2002	11.00	28.40	44.50	12.00	15.00	9.00	16.70	5.20	6.10	5.60	8.70	10.00	172.20
2003	15.00	15.20	30.40	35.40	23.30	34.40	51.60	45.50	44.00	41.60	30.90	15.50	382.80
2004	0.00	0.00	29.00	127.80	103.20	54.30	70.80	40.50	103.10	147.30	77.00	15.40	768.40
2005	13.00	104.60	35.50	54.20	147.40	65.40	49.70	34.20	85.50	152.20	118.70	82.10	942.50
2006	38.20	46.90	123.00	145.30	143.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.60	558.00
2007	54.30	44.70	58.70	125.70	56.90	68.80	37.60	88.80	35.30	162.30	69.60	59.10	861.80
2008	29.90	34.60	114.80	109.90	134.70	96.60	99.40	84.10	61.30	97.10	166.70	102.50	1131.60
2009	75.70	83.80	42.10	51.80	36.90	53.80	37.70	38.60	33.20	111.90	61.10	15.00	641.60
2010	15.30	24.30	16.50	211.70	201.10	75.90	233.90	117.30	75.30	158.80	226.20	78.80	1435.10
2011	59.90	114.20	116.80	278.70	208.50	117.90	45.30	69.70	94.60	175.60	224.60	68.40	1574.20
2012	66.50	71.40	98.90	212.10	104.90	67.70	5.00	74.80	31.70	139.90	82.70	11.60	967.20
2013	29.80	102.10	0.00	0.00	0.00	0.00	17.90	72.40	75.90	119.30	113.50	64.10	595.00
2014	54.10	29.40	73.30	69.50	91.20	69.30	34.40	41.50	28.50	104.30	121.60	79.00	796.10
2015	44.00	127.00	4.00	38.00	19.00	60.20	55.00	39.00	15.00	20.60	26.00	5.00	452.80
2016	22.00	32.00	61.00	139.10	104.00	63.00	51.00	54.00	49.00	90.10	136.50	62.10	863.80
2017	49.60	46.00	201.00	64.00	78.00	89.00	49.10	34.00	38.00	85.70	140.50	84.00	958.90
2018	59.40	46.20	98.40	163.00	148.00	65.00	70.00	30.00	69.10	100.00	88.40	1.00	938.50
2019	37.00	23.00	83.00	231.00	132.00	72.00	45.00	53.00	144.00	112.00	131.50	51.00	1114.50
2020	36.00	90.00	81.00	52.00	95.00	99.00	101.00	38.00	86.80	76.00	240.00	15.00	1009.80
2021	2.00	66.00	96.10	86.00	182.00	97.00	66.00	144.10	89.00	268.00	106.00	18.00	1220.20
2022	11.00	123.00	100.00	119.00	115.00	174.40	101.00	93.00	141.00	193.00	141.00	75.00	1386.40
2023	87.00	41.00	183.00	101.00	91.00	62.00	15.00	52.40	46.50	106.10	80.60	71.80	937.40
2024	19.80	60.60	25.60	113.20	151.00	131.80	78.10	26.20	72.40	68.60	192.60	88.00	1027.90
PROMEDIO	35.64	55.23	70.35	97.92	91.43	66.92	55.38	49.47	55.44	100.83	95.19	42.70	816.51
MAXIMO	103.00	127.00	201.00	278.70	208.50	174.40	233.90	144.10	144.00	268.00	240.00	102.50	1574.20
MINIMO	2.00	4.60	4.00	1.20	9.30	8.90	4.80	5.20	6.10	5.30	7.70	1.00	172.20

Fuente: IDEAM, organización Propia

Los valores máximos de precipitación en 24 Horas mensuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Valores precipitación 24H mensuales.

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (MM)														
	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTIE	OCTUB	NOVIEN	DICIEM	PROMEDIO	MAXIMO
1996	11.00	13.00	39.00	95.00	35.00	12.00	43.00	10.00	10.00	12.00	20.00	7.00	25.58	95.00
1997	15.00	12.00	18.00	14.00	7.00	17.00	6.00	7.00	15.00	15.00	3.20	4.00	11.10	18.00
1998	5	8.00	8.00	25.00	7.00	7.00	7.00	5.00	3.00	30.00	9.20	7.00	10.10	30.00
1999	8	1.50	3.80	2.50	13.00	18.00	2.40	2.10	18.00	15.00	15.00	7.80	8.93	18.00
2000	10	26.00	18.00	2.30	1.20	2.80	2.00	1.90	3.80	1.00	5.60	1.20	6.32	26.00
2001	3	1.40	3.80	0.50	6.00	5.00	7.00	6.00	5.00	19.00	9.00	8.00	6.14	19.00
2002	4.00	9.00	9.00	2.70	2.60	1.00	7.00	1.00	2.00	2.30	4.20	0.00	3.73	9.00
2003	5.00	5.00	7.00	8.00	4.00	8.00	9.00	7.00	8.00	8.00	6.00	5.00	6.67	9.00
2004	0.00	0.00	10.00	80.00	15.00	8.70	10.00	10.00	31.80	35.50	15.20	6.00	18.52	80.00
2005	4.80	40.20	13.90	13.90	22.50	30.00	22.00	5.40	23.50	36.00	26.00	25.00	21.93	40.20
2006	15.00	20.00	29.50	15.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	11.21	30.00
2007	49.00	26.00	21.10	28.10	17.00	12.60	13.70	11.50	5.20	23.50	25.60	14.00	20.61	49.00
2008	7.70	16.00	38.80	30.00	36.10	23.60	25.40	15.20	16.00	14.50	22.70	23.60	22.47	38.80
2009	18.00	23.70	7.40	12.30	13.30	12.60	5.30	8.10	11.50	31.00	19.30	15.00	14.79	31.00
2010	8.20	14.30	13.50	40.40	28.20	18.30	53.00	29.00	22.30	40.00	49.50	19.50	28.02	53.00
2011	22.00	20.00	20.00	46.50	47.50	58.60	7.80	31.00	26.70	25.60	26.30	15.20	28.93	58.60
2012	24.50	19.20	21.50	51.30	17.00	24.50	4.00	15.80	10.50	40.10	30.10	5.40	21.99	51.30
2013	12.20	30.70	0.00	0.00	0.00	0.00	5.90	19.40	15.00	42.00	23.00	24.50	14.39	42.00
2014	14.50	14.00	15.00	18.00	25.00	11.20	7.00	10.00	9.00	20.00	25.00	35.00	16.98	35.00
2015	18.00	75.00	4.00	11.00	3.00	17.00	9.00	6.00	4.00	5.00	10.00	4.00	13.83	75.00
2016	20.00	20.00	15.00	60.00	22.00	19.00	7.00	16.00	11.00	27.00	28.00	18.00	21.92	60.00
2017	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	15.00
2018	26.00	12.00	35.00	32.00	40.00	14.00	10.00	8.00	18.00	22.00	30.00	1.00	20.67	40.00
2019	10.00	10.00	35.00	40.00	45.00	20.00	7.00	8.00	35.00	35.00	30.00	18.00	24.42	45.00
2020	11.00	38.00	15.00	10.00	22.00	22.00	28.00	6.00	16.00	15.00	38.00	8.00	19.08	38.00
2021	2.00	18.00	15.00	35.00	38.00	15.00	15.00	25.00	35.00	55.00	18.00	5.00	23.00	55.00
2022	8.00	50.00	18.00	28.00	25.00	25.00	32.00	28.00	25.00	20.00	25.00	25.00	25.75	50.00
2023	15.00	15.00	48.00	30.00	25.00	12.00	5.00	15.30	15.00	32.20	20.00	18.20	20.89	48.00
2024	8.20	18.20	9.20	18.00	32.00	35.20	11.20	5.00	22.00	15.20	29.00	28.00	19.27	35.20
PROMEDIO	12.76	19.18	16.95	25.84	19.81	15.52	12.47	10.78	14.39	21.96	19.41	13.05	16.84	32.62
MAXIMO	49.00	75.00	48.00	95.00	47.50	58.60	53.00	31.00	35.00	55.00	49.50	35.00	28.93	95.00
MINIMO	2.00	1.40	3.80	0.50	1.20	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	3.20	1.00	1.25	9.00

Fuente: IDEAM, organización Propia

Se aclara que los datos ya habían sido complementados y revisados por el IDEAM en su procesamiento interno, por lo que no se requiere de análisis estadístico, revisión de datos atípicos y complementación de vacíos.

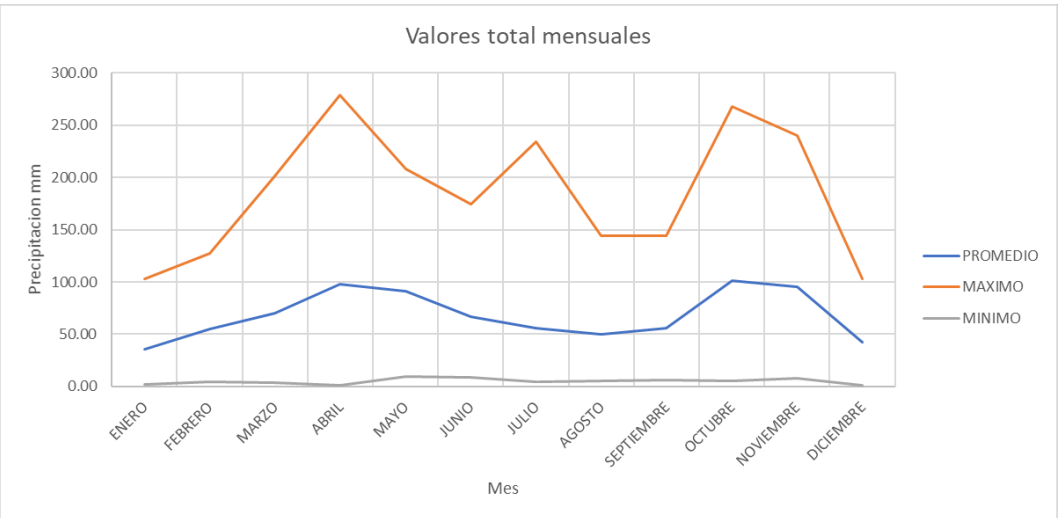


Ilustración 5. Valores totales mensuales de precipitación
Fuente: Elaboración propia

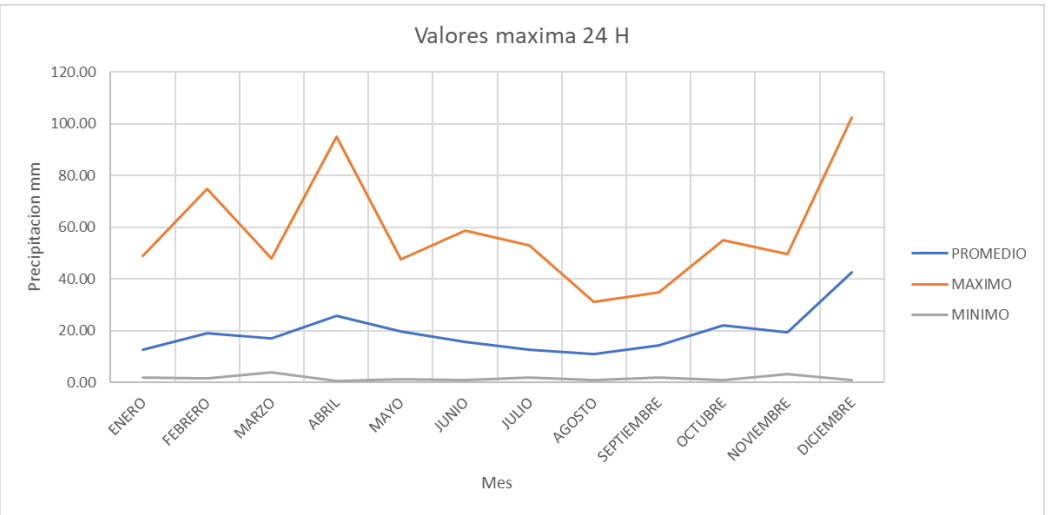


Ilustración 6. Valores de precipitación máxima 24 H
Fuente: Elaboración propia

7.1. CURVA IDF

El cálculo de las curvas de intensidad, duración y frecuencia IDF, se llevó a cabo la distribución de probabilidad de Gumbel para el ajuste de los datos de intensidades de precipitación mediante el método L momentos para estimar los parámetros de la ecuación y las unidades.

La ecuación generalizada para calcular la intensidad, en función de los coeficientes y la duración requerida está dada por:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

Donde:

I: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).
T: Periodo de retorno, en años.
M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual
t: Duración de la lluvia, en minutos (min).
a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos valores se presentan a continuación:

Tabla 4. Valores de los coeficientes a, b, c y d cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras – INVIAS 2011

Los valores de periodo de retorno y duración de lluvia están dados por recomendaciones del manual de drenaje de carreteras y la resolución 0330 de 2017, siendo para el presente proyecto y con el objeto de tener criterios conservadores y que puedan reflejar condiciones de seguridad en base a la incertidumbre que genera el cambio climático, de 100 años.

A continuación, se presenta la curva IDF desarrollada acorde al marco teórico de la estación empleada:

Tabla 5. Valores de intensidad Curva IDF

ESTACIÒN PLUVIOMETRICA Y METEREOLOGICA						
CORRIENTE: LA COSECHA [21205910]						
CURVAS DE INTENSIDAD DURACIÒN Y FRECUENCIA						
VALORES (mm/h)						
TIEMPO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
(minutos)	2	5	10	20	50	100
5	120.15	141.70	160.52	181.86	214.46	242.96
10	76.04	89.68	101.59	115.09	135.73	153.77
15	58.19	68.62	77.74	88.07	103.86	117.66
20	48.12	56.75	64.30	72.84	85.90	97.32
25	41.53	48.98	55.49	62.86	74.14	83.99
30	36.83	43.43	49.20	55.74	65.73	74.47
35	33.26	39.23	44.44	50.35	59.37	67.26
40	30.46	35.92	40.69	46.10	54.36	61.59
45	28.18	33.23	37.65	42.65	50.30	56.98
50	26.29	31.00	35.12	39.79	46.92	53.15
55	24.68	29.11	32.98	37.36	44.06	49.91
60	23.31	27.49	31.14	35.27	41.60	47.13
65	22.11	26.07	29.54	33.46	39.46	44.70
70	21.05	24.83	28.13	31.86	37.58	42.57
75	20.11	23.72	26.87	30.44	35.90	40.67
80	19.28	22.73	25.75	29.17	34.41	38.98
85	18.52	21.84	24.74	28.03	33.06	37.45
90	17.83	21.03	23.83	26.99	31.83	36.06
95	17.21	20.29	22.99	26.05	30.72	34.80
100	16.64	19.62	22.23	25.18	29.69	33.64
105	16.11	19.00	21.52	24.38	28.75	32.57
110	15.62	18.42	20.87	23.64	27.88	31.59
115	15.17	17.89	20.27	22.96	27.08	30.68
120	14.75	17.39	19.71	22.32	26.33	29.83
125	14.36	16.93	19.18	21.73	25.63	29.03
130	13.99	16.50	18.69	21.18	24.97	28.29
135	13.65	16.09	18.23	20.66	24.36	27.60
140	13.32	15.71	17.80	20.17	23.78	26.94
145	13.02	15.35	17.39	19.70	23.24	26.32
150	12.73	15.01	17.01	19.27	22.72	25.74
155	12.46	14.69	16.64	18.86	22.24	25.19
160	12.20	14.39	16.30	18.46	21.77	24.67
165	11.95	14.10	15.97	18.09	21.34	24.17
170	11.72	13.82	15.66	17.74	20.92	23.70
175	11.50	13.56	15.36	17.40	20.52	23.25
180	11.29	13.31	15.08	17.08	20.15	22.82

Fuente: Elaboración propia

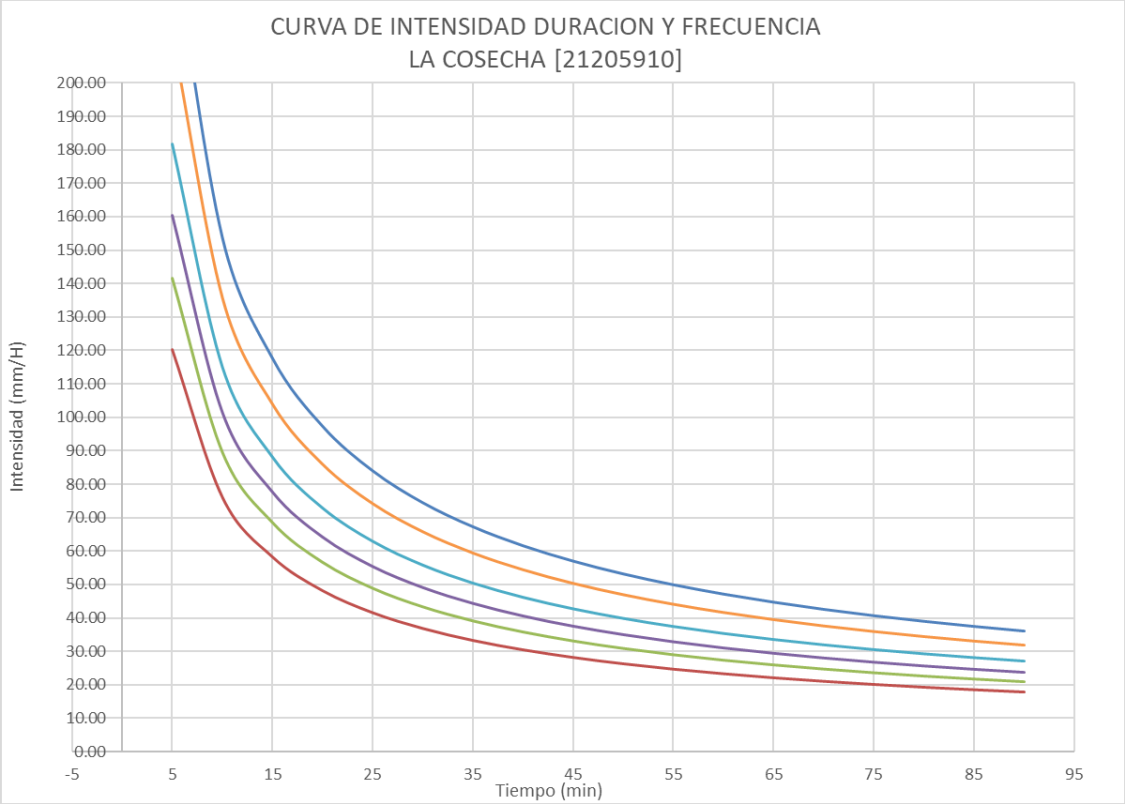


Ilustración 7. Curva IDF Estación La Cosecha
Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la curva IDF, se procede a efectuar el la estimación hidrológica para el cálculo de estructuras hidráulicas.

7.2. CAUDAL DE DISEÑO

Para la estimación del caudal de diseño base para la estimación y recomendaciones de implementaciones hidráulicas, se utiliza el método racional, el cual determina el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía determinado. La ecuación del método racional es:

$$Q = 2.78\ C\ i\ A$$

Dónde:
Q= caudal de diseño
C= coeficiente de escorrentía
I= intensidad de precipitación
A= área de drenaje (Ha)

De acuerdo con el método racional, el caudal pico ocurre cuando toda el área de drenaje está contribuyendo, y éste es una fracción de la precipitación media, bajo las siguientes suposiciones:

- El caudal pico en cualquier punto es una función directa de la intensidad de la lluvia, durante el tiempo de concentración para ese punto.
- La frecuencia del caudal pico es la misma que la frecuencia media de la precipitación. El tiempo de concentración está implícito en la determinación de la intensidad media de la lluvia.

El método racional es adecuado para áreas de drenaje pequeñas, hasta de 80 ha. Cuando son relativamente grandes, puede ser más apropiado estimar los caudales mediante otros modelos de lluvia vs escorrentía que representen mejor los hidrogramas de precipitación e hidrogramas de respuesta de las áreas de drenaje y que eventualmente tengan en cuenta la capacidad de amortiguamiento de las ondas dentro de la red de colectores.

Considerando que el área total del proyecto es de aproximadamente 0,476 Ha que junto a las áreas externas de 1,238 Ha y 0,486 Ha, dando como resultado final 2,199 Ha; el método racional es el sistema adoptado por tratarse de un área inferior a 80 ha, tal como se explicó anteriormente.

El coeficiente de escorrentía se toma como 0.60 para zonas del predio y la vía circundante, al perder capa vegetal, y 0.30 para zonas verdes de alrededores que llegasen a drenar hacia algún punto o área de interés,. Se emplean los coeficientes críticos con el fin de contar con factores de seguridad., donde se muestra en la

Tabla 6:

El cálculo del coeficiente de escorrentía se realiza mediante un método ponderado, en el cual se considera la proporción de cada tipo de superficie dentro del área total de la cuenca. Para ello, se determina el porcentaje de cada área con respecto al área total y se multiplica este porcentaje por el coeficiente de escorrentía correspondiente a cada tipo de superficie. Finalmente, se suman los resultados de cada área para obtener el coeficiente de escorrentía total.

Tabla 6. Valores coeficiente de escorrentía o impermeabilidad

Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Período de retorno (años) 2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Ven te Chow

Para determinar la intensidad de precipitación, se deben establecer 2 parámetros propios del tipo de proyecto, siendo estos periodo de retorno y duración de la lluvia, los cuales se definen a continuación.

- El periodo de retorno a emplear recomendado acorde a la tabla mostrada sería de 100 años, ya que acorde a la complejidad la de infraestructura a implementar y el endurecimiento de áreas, se tendrían manejos de elementos de tipo canal abierto.

Tabla 7. Periodo de retorno según el tipo de obra

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0.9 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.9 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2
Canales abiertos	100

Fuente: Manual de drenaje de carreteras INVIAS 2011

- La duración de lluvia, se define como el tiempo de concentración el cual está determinado normativamente como mínimo 15 minutos, por lo cual se tomará este valor.

Recopilando todo lo enunciado, se procede a estimar el caudal de diseño; sin embargo, con el fin de prever el escenario más crítico de 100 años, infiriendo que si se cumple para este, se cumple para todos los periodos menores.

9. INFORMACIÓN TOMADA DE ESTUDIOS PREVIOS

Dentro del estudio "CONSULTORÍA DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE VÍAS Y PUENTES EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, GRUPO 2: TRAMO 1 NEMOCÓN-ZIPAQUIRÁ, CONTRATO INFRAESTRUCTURA Y CONCESIONES DE CUNDINAMARCA – ICCU - 087 DE 2021 (21-007 FONDECUN, VOLUMEN IX. ESTUDIO DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN DEL 2023". Se validaron tanto los cabezales como las alcantarillas del segundo segmento, indicando reemplazo en su mayoría:

Tabla 8 Obras transversales existentes

Nº Obra	Abscisa	No. de Cuenca	OBRA EXISTENTE					Evaluación hidráulica	Evaluación Funcional	Diagnóstico Final
			Ductos	Tipo	Dimensiones					
					B (m)	D (m)	L (m)			
1	K0+225	C1	1	ALCANTARILLA CAJÓN	2.00	1	0	Conservar	Bueno	**Conservar**
2	K0+365	C2	1	ALCANTARILLA CIRCULAR	0.00	1	0	Remplazar	Mal	**Remplazar**
3.1	K1+385	C3.1	1	ALCANTARILLA CIRCULAR	0.00	1	0	Remplazar	Mal	**Remplazar**
3	K0+800	C3	1	PONTON	3.60	5	0	Conservar	Bueno	**Conservar**
5	K1+723	C5	1	ALCANTARILLA CAJÓN	0.60	0	0	Remplazar	Mal	**Remplazar**
6	K2+025	C6	1	ALCANTARILLA CIRCULAR	0.00	1	0	Remplazar	Mal	**Remplazar**
8	K2+745	C7	1	-	0.00	-	0	Remplazar	Mal	**Remplazar**

Fuente: ICCU -087 de 2021

Dada la evaluación realizada y relacionada anteriormente en las tablas, enseguida, se muestra la definición de obras transversales requeridas en el tramo con el fin de salvaguardar el óptimo funcionamiento de las obras del presente informe.

Tabla 9 Obras transversales requeridas

Nº Obra	Abscisa	No. de Cuenca	Tipo de obra	CARACTERISTICAS OBRA PROPUESTA				Evaluación hidráulica
				Ductos	Dimensiones			
					B (m)	D (m)	L (m)	
1	K0+225	C1	ALCANTARILLA CAJÓN	1	2,00	1,20		Suficiente
2	K0+365	C2	ALCANTARILLA CIRCULAR	1		0,90		Suficiente
3.1	K1+385	C3.1	ALCANTARILLA CIRCULAR	1		1,00		Suficiente
3	K0+800	C3	ALCANTARILLA CAJÓN	1	3,60	4,50		Suficiente
5	K1+723	C5	ALCANTARILLA CAJÓN	1	3,50	2,00		Suficiente
6	K2+025	C6	ALCANTARILLA CIRCULAR	1		1,00		Suficiente
8	K2+745	C7	ALCANTARILLA CIRCULAR	1		0,90		Suficiente

Fuente: ICCU -087 de 2021

El estudio realizado afirma que: *Dado que las estructuras de drenaje longitudinal identificadas en campo fueron muy pocas y se hallan en mal estado, se plantea la construcción de 1294 m de cuneta tipo triangular en algunos sectores del tramo en estudio, cuya altura es de 0.2 m, ancho total de 1 m y en la mayoría de los casos, manteniendo la pendiente natural de la vía. Se sugiere el reemplazo de alcantarillas circulares existentes con diámetros inferiores a 0.90m, por alcantarillas circulares con diámetros de 0.90m o superior según los requerimientos de capacidad hidráulica, atendiendo las recomendaciones realizadas por el INVIAS a través del Manual de drenaje para carreteras 2011.*

El análisis realizado considera las áreas afluentes de las zonas circundantes, garantizando que todas las áreas relevantes para el diseño y evaluación hidráulica hayan sido debidamente contempladas en el estudio. Para el dimensionamiento de las alcantarillas, se ha tenido en cuenta un resumen detallado de los caudales generados en cada una de las áreas de intervención, los cuales fueron calculados a partir de los flujos superficiales derivados de las precipitaciones estimadas y los coeficientes de escorrentía correspondientes a cada tipo de superficie. Este análisis permite contar con una visión precisa de los volúmenes de agua esperados, lo que facilita el correcto dimensionamiento de las alcantarillas y asegura la optimización de las infraestructuras hidráulicas necesarias para un manejo eficiente de las aguas pluviales en la zona.

Por lo tanto, se mantienen las propuestas previamente establecidas para los cabezales de descarga, considerando que las redes de alcantarillado serán modificadas de acuerdo con los lineamientos descritos en el presente informe. Es importante señalar que, aunque la información proporcionada es limitada, se han tomado en cuenta las condiciones actuales y los requerimientos hidráulicos necesarios para garantizar la efectividad del sistema. Las modificaciones propuestas

buscan optimizar el flujo y la capacidad de drenaje, atendiendo a las recomendaciones generales para asegurar el buen desempeño de las infraestructuras hidráulicas.

La implementación de las estructuras enunciadas en necesaria para el desarrollo de los diseños de drenaje objeto del presente contrato, de lo contrario, no podrá garantizar una correcta entrega de caudales a cuerpos de agua.

Se efectuará una sustitución de alcantarillas proyectadas por elementos tipo Boxculvert rectangular con capacidad hidráulica igual o superior a la dada en los estudios previos referenciados.

10. DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS

10.1 MARCO TEÓRICO

Acorde a la configuración encontrada del proyecto, se deberán tener en cuenta los siguientes principios y ecuaciones dentro de la ingeniería hidráulica:

- Altura de lámina y velocidad de flujo para cañuelas, sumideros y tramos de tubería.

Para calcular las estructuras de captación de aguas lluvias tipo canal y sumideros se diseñan con las siguientes expresiones matemáticas:

$$H = \left(\frac{Q}{1.84\ L}\right)^{2/3}$$

Dónde:

H: Altura de la lámina de agua en la estructura
Q Caudal de diseño
L Longitud trasversal o ancho de la estructura de captación.

De igual forma la expresión:

$$V_R = \frac{Q}{L\ x\ H}$$

Donde:
V_R: Velocidad real de la escorrentía superficial del agua.
Para determinar el caudal se usa la ecuación de Manning, la cual es:

$$Q = \frac{1}{n}\ AR^{2/3}S^{1/2}$$

Dónde:

Q: Caudal (m^3/s)
n: Rugosidad
A: Área (m^2)
R: Radio Hidráulico= Área de la sección húmeda/perímetro húmedo

También es requerido el coeficiente de rugosidad de Manning (n) el cual se toma como un valor de 0,016, esto considerando que sus aristas serán reconformadas en el terreno. Lo anterior es proveniente de:

Tabla 10. Valores coeficiente de Manning

Valores del coeficiente de rugosidad de Maning	
Material	**n**
CONDUCTOS CERRADOS	
Asbesto – cemento	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 - 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0,012 - 0,015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0,015 - 0,017
Gres vitrificado	0.011 - 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 - 0.015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 - 0.015
Metal corrugado	0.022 - 0.026
Colectores de ladrillo	0.013 - 0.017
CONDUCTOS ABIERTOS	
Canal revestido en ladrillo	0.012 - 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 - 0.020
Canal excavado	0.018 - 0.050
Canal revestido rip-rap	0.020 - 0.035

Fuente: Tabla D.4.5. Norma RAS 2017

Las fórmulas referentes a la geometría de los conductos abiertos o cerrados a emplear en el diseño se encuentran en la siguiente ilustración, señalando la de los canales trapezoidales y rectangulares a usar en el proyecto de referencia:

Tipo de sección	Área A (m2)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
Circular	$\frac{(\theta-sen\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1-\frac{sen\,\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(sen\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
Parabólica	$2/3\ Ty$	$T+\frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Ilustración 8. Formulas geométricas para canales
Fuente: Granados (2002)

- Anchos de inundación de vías

Acorde a la resolución 0330 de 2017, se tienen los siguientes valores admisibles de inundación:

Tabla 11. Anchos de inundación

Clasificación de la vía	Ancho de la superficie admisible (m)
Zona residencial	2,0
Zona institucional y comercial	1,5
Vías arteriales (avenidas de varias calzadas)	1,5

Fuente: Resolución 0330 de 2017

Siendo el tramo a desarrollar de tipo veredal, puede categorizarse más cercanamente con zona residencial, por lo que el ancho de inundación máximo admisible sería de 2,00m.

- .

10.2 VALIDACIÓN HIDRÁULICA

Se presenta la validación hidráulica de cada una de las estructuras propuestas por cada 1 de los tramos, siguiendo los lineamientos técnicos y técnicos expuestos en el presente capitulo:

10.2.1. Cálculo de caudales

A continuación se presentan los cálculos de caudales para los periodos de retorno de 25 años y 100 años, esto se efectúa con base en las áreas, coberturas del suelo, valores de intensidad y secuencia de canales proyectados acorde a los puntos de entrega existentes del proyecto, armonizados con el contrato ICCU - 087 DE 2021; todo lo anterior empleando el método racional:

Elemento	longitud	cota inicial	cota final	pendiente	Caudal crudo (l/s) Tr 25	Caudal crudo (l/s) Tr 100	Caudal secuenciado (l/s) Tr 25	Caudal secuenciado (l/s) Tr 100	Entrega A
Canal_1	105.02	2574.42	2574.65	0.22	90.79	133.75	90.79	133.75	Cabezal 1
Canal_2	122.38	2574.42	2574.65	0.19	187.88	276.74	187.88	276.74	Cabezal 1
Canal_3	91.30	2574.65	2574.43	0.24	108.68	160.09	108.68	160.09	Cabezal 1
Canal_4	90.41	2574.65	2574.43	0.24	133.22	196.22	133.22	196.22	Cabezal 1
Canal_5A	32.88	2574.43	2573.95	1.46	266.66	392.74	266.66	392.74	Cabezal 1
Canal_6A	56.83	2574.43	2574	0.76	159.77	235.32	159.77	235.32	Cabezal 1
Canal_5B	58.92	2574.43	2573.95	0.81	175.46	258.42	175.46	258.42	Cabezal 1
Canal_6B	26.42	2574.43	2574	1.63	106.52	156.88	106.52	156.88	Canal_V_1
Canal_V_1	51.51	2574	2573.9	0.19	11.65	17.17	11.65	17.17	Cabezal 2
Canal_7	51.12	2573.95	2573.9	0.10	203.51	299.74	203.51	299.74	Cabezal 2
Canal_V_2	80.00	2573.9	2573.8	0.13	11.03	16.25	11.03	16.25	Cabezal 2
Canal_V_3	64.52	2573.9	2574.2	0.47	38.09	58.78	38.09	58.78	Cabezal 2
Canal_8	199.36	2574.2	2569.31	2.45	307.74	459.94	307.74	459.94	Empalme Rotonda
Canal_A9	34.50	2573.8	2572.86	2.72	236.45	354.51	44.95	67.40	Canal_9
Canal_9	146.98	2572.86	2569.31	2.42	236.45	354.51	236.45	354.51	Empalme Rotonda
Canal_10	103.00	2570.34	2573.81	3.37	145.63	217.02	145.63	217.02	Empalme Rotonda 2
Canal_V_N1	331.17	2573.81	2575.25	0.43	145.63	217.02	111.08	165.53	Canal_10
Canal_11	247.28	2570.34	2574.45	1.66	301.41	449.77	301.41	449.77	Empalme Rotonda 2

Elemento	longitud	cota inicial	cota final	pendiente	Caudal crudo (l/s) Tr 25	Caudal crudo (l/s) Tr 100	Caudal secuenciado (l/s) Tr 25	Caudal secuenciado (l/s) Tr 100	Entrega A
Canal_V_4	46.40	2574.45	2574.72	0.58	301.41	449.77	146.27	218.27	Canal_11
Canal_V_5	77.63	2574.86	2575.07	0.27	301.41	449.77	117.16	174.83	Canal_V_4
Canal_A11	15.62	2575.06	2575.2	0.90	301.41	449.77	68.45	102.14	Canal_V_5
Canal_V_6A	93.48	2575.24	2575.24	0.00	301.41	449.77	58.65	87.52	Canal_A11
Canal_V_N2	93.48	2575.25	2575.22	0.03	32.54	48.25	32.54	48.25	Canal_V_N3
Canal_V_6B	12.00	2575.24	2575.24	0.00	45.49	70.66	4.99	7.76	Canal_V_7
Canal_V_7	69.67	2575.24	2575.22	0.03	45.49	70.66	34.00	52.81	Canal_V_8
Canal_V_8	27.61	2575.22	2575.27	0.18	45.49	70.66	45.49	70.66	Canal_V_9
Canal_V_9	74.95	2575.27	2575.76	0.65	148.78	229.91	85.19	132.01	Canal_V_N4
Canal_V_N4	205.95	2575.76	2577.47	0.83	148.78	229.91	204.71	315.96	Cabezal 3
Canal_V_N3	305.00	2575.22	2577.47	0.74	90.69	135.05	123.23	183.30	Cabezal 3
Canal_V_N5	89.74	2577.47	2578.06	0.66	37.45	56.94	37.45	56.94	Canal_V_N6
Canal_V_N6	218.04	2578.06	2576.82	0.57	193.84	297.88	231.29	354.82	Cabezal 4
Canal_12	44.51	2577.47	2578.01	1.21	10.44	15.39	10.44	15.39	Cabezal 3
Canal_V_11	65.01	2578.01	2578.07	0.09	212.71	325.15	54.75	83.69	Canal_V_12
Canal_V_12	45.52	2578.06	2577.98	0.18	212.71	325.15	93.09	142.29	Canal_V_N7
Canal_V_N7	142.03	2577.98	2576.82	0.82	212.71	325.15	212.71	325.15	Cabezal 4
Canal_V_N8	171.11	2576.82	2577.75	0.54	48.25	71.47	40.28	59.66	Cabezal 4
Canal_V_13	33.87	2577.75	2577.74	0.03	48.25	71.47	48.25	71.47	Canal_V_N8
Canal_V_N9	178.72	2576.82	2577.73	0.51	136.07	207.59	62.54	95.41	Cabezal 4
Canal_V_14	210.11	2577.73	2576.87	0.41	195.75	295.92	195.75	295.92	Canal_V_N9
Canal_V_15	50.64	2577.68	2577.63	0.10	712.45	1102.81	38.32	59.31	Canal_V_16
Canal_V_16	72.89	2577.36	2577.16	0.27	712.45	1102.81	93.46	144.68	Canal_V_17
Canal_V_17	49.93	2577.06	2576.87	0.38	712.45	1102.81	131.25	203.16	Canal_V_18
Canal_V_18	62.75	2576.85	2576.77	0.13	712.45	1102.81	178.73	276.65	Canal_V_19
Canal_V_19	8.67	2576.75	2576.76	0.12	712.45	1102.81	185.28	286.80	Canal_V_20
Canal_V_20	28.56	2576.76	2576.6	0.56	712.45	1102.81	206.89	320.25	Canal_14
Canal_14	102.64	2576.6	2576.18	0.41	712.45	1102.81	284.56	440.47	Canal_V_N10
Canal_V_N10	129.91	2576.18	2575.21	0.75	712.45	1102.81	382.85	592.63	Canal_V_21

Elemento	longitud	cota inicial	cota final	pendiente	Caudal crudo (l/s) Tr 25	Caudal crudo (l/s) Tr 100	Caudal secuenciado (l/s) Tr 25	Caudal secuenciado (l/s) Tr 100	Entrega A
Canal_V_21	22.88	2575.21	2575.1	0.48	712.45	1102.81	400.16	619.42	Canal_V_A23
Canal_V_A23	56.47	2575.05	2574.56	0.87	712.45	1102.81	442.89	685.56	Canal_V_23
Canal_V_23	80.01	2574.56	2574.32	0.30	712.45	1102.81	503.43	779.27	Canal_V_25
Canal_V_25	53.64	2574.3	2574.14	0.30	712.45	1102.81	544.02	842.09	Canal_V_N13
Canal_V_N13	110.89	2574.13	2573.53	0.54	712.45	1102.81	627.92	971.97	Canal_16
Canal_16	111.72	2573.55	2572.84	0.64	712.45	1102.81	712.45	1102.81	Cabezal final
Canal_13	170.46	2576.87	2576.4	0.28	783.00	1183.68	195.95	296.23	Canal_V_N11
Canal_V_N11	120.92	2576.4	2575.81	0.49	783.00	1183.68	334.96	506.36	Canal_15
Canal_15	50.27	2575.81	2575.1	1.41	783.00	1183.68	392.74	593.72	Canal_V_22
Canal_V_22	1.08	2575.03	2575	2.77	783.00	1183.68	393.99	595.60	Canal_V_A24
Canal_V_A24	143.59	2575	2574.3	0.49	783.00	1183.68	559.05	845.13	Canal_V_24
Canal_V_24	6.47	2574.3	2574.29	0.15	783.00	1183.68	566.49	856.38	Canal_V_N12
Canal_V_N12	150.06	2574.29	2573.53	0.51	783.00	1183.68	738.99	1117.15	Canal_V_26
Canal_V_26	38.28	2573.53	2573.25	0.73	783.00	1183.68	783.00	1183.68	Canal_V_N14
Canal_V_27	15.50	2573.25	2573.16	0.58	783.00	1183.68	17.82	26.94	Canal_V_N14
Canal_V_N14	95.08	2572.94	2572.84	0.11	783.00	1183.68	800.82	1210.62	Cabezal final

Fuente: Propia

10.2.2. Validación canales/vallados

A continuación, se presenta la validación hidráulica de los caudales de cada elemento proyectado empleando TR 25 años y TR 100 años:

Tabla 12. Calculo canal rectangular TR 25 años tramo 1

Elemento	Qdiseño	Qdiseño	b	h	At	Pt	Rt	S	L	n	Cap.	Q/Qo	h/R	Vo	V real	F	h	BORDE
	(l/s)	(m3/s)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	(%)	m		(m3/s)			(m/s)	(m/s)		LAMINA	LIBRE
Canal 1	90.790	0.091	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.22	105.0224	0.013	0.273	0.33	0.45	1.09	0.36	0.49	0.22	0.28
Canal 2	187.851	0.188	0.50	0.60	0.300	1.700	0.176	0.19	122.3809	0.013	0.316	0.59	0.62	1.05	0.63	0.44	0.37	0.23
Canal 3	108.669	0.109	0.50	0.55	0.275	1.600	0.172	0.24	91.2991	0.013	0.320	0.34	0.45	1.16	0.40	0.50	0.25	0.30
Canal 4	133.194	0.133	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.24	90.411	0.013	0.285	0.47	0.54	1.14	0.53	0.52	0.27	0.23

Elemento	Qdiseño	Qdiseño	b	h	At	Pt	Rt	S	L	n	Cap.	Q/Qo	h/R	Vo	V real	F	h	BORDE
	(l/s)	(m3/s)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	(%)	m		(m3/s)			(m/s)	(m/s)		LAMINA	LIBRE
Canal 5A	266.592	0.267	0.60	0.60	0.360	1.800	0.200	1.46	32.8811	0.013	1.144	0.23	0.37	3.18	0.74	1.31	0.22	0.38
Canal 6A	159.735	0.160	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.76	56.8277	0.013	0.508	0.31	0.43	2.03	0.64	0.92	0.22	0.28
Canal 5B	175.415	0.175	0.50	0.50	0.250	1.500	1.000	0.81	58.9167	0.013	1.731	0.10	0.24	6.92	0.70	3.13	0.12	0.38
Canal 6B	106.490	0.106	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	1.63	26.4164	0.013	0.744	0.14	0.29	2.97	0.43	1.34	0.14	0.36
Canal C1	11.655	0.012	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.19	51.5052	0.013	0.254	0.05	0.15	1.02	0.05	0.46	0.07	0.43
Canal 7	203.464	0.203	0.70	0.60	0.420	1.900	0.221	0.10	51.1208	0.013	0.374	0.54	0.59	0.89	0.48	0.37	0.35	0.25
Canal C2	11.031	0.011	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.13	79.9979	0.013	0.210	0.05	0.17	0.84	0.04	0.38	0.08	0.42
Canal V1	39.900	0.040	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.47	64.5161	0.013	0.399	0.10	0.23	1.60	0.16	0.72	0.11	0.39
Canal 8	312.207	0.312	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	2.45	199.357	0.013	0.912	0.34	0.45	3.65	1.25	1.65	0.23	0.27
Canal C3	45.751	0.046	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	2.72	34.5024	0.013	0.961	0.05	0.15	3.84	0.18	1.74	0.07	0.43
Canal 9	240.641	0.241	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	2.42	146.9788	0.013	0.906	0.27	0.39	3.62	0.96	1.64	0.20	0.30

Fuente: Propia

Tabla 13. Calculo canales TR 100 años tramo 1

Elemento	Qdiseño	Qdiseño	b	h	At	Pt	Rt	S	L	n	Cap.	Q/Qo	h/R	Vo	V real	F	h	BORDE
	(l/s)	(m3/s)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	(%)	m		(m3/s)			(m/s)	(m/s)		LAMINA	LIBRE
Canal 1	133.750	0.134	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.22	105.02	0.013	0.273	0.49	0.55	1.09	0.54	0.49	0.27	0.23
Canal 2	276.740	0.277	0.50	0.60	0.300	1.700	0.176	0.19	122.38	0.013	0.316	0.87	0.80	1.05	0.92	0.44	0.48	0.12
Canal 3	160.090	0.160	0.50	0.55	0.275	1.600	0.172	0.24	91.30	0.013	0.320	0.50	0.56	1.16	0.58	0.50	0.31	0.24
Canal 4	196.220	0.196	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.24	90.41	0.013	0.285	0.69	0.68	1.14	0.78	0.52	0.34	0.16
Canal 5A	392.740	0.393	0.60	0.60	0.360	1.800	0.200	1.46	32.88	0.013	1.144	0.34	0.45	3.18	1.09	1.31	0.27	0.33
Canal 6A	235.320	0.235	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.76	56.83	0.013	0.508	0.46	0.54	2.03	0.94	0.92	0.27	0.23
Canal 5B	258.420	0.258	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.81	58.92	0.013	0.524	0.49	0.56	2.10	1.03	0.95	0.28	0.22
Canal 6B	156.880	0.157	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	1.63	26.42	0.013	0.744	0.21	0.35	2.97	0.63	1.34	0.18	0.32
Canal C1	17.170	0.017	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.19	51.51	0.013	0.254	0.07	0.19	1.02	0.07	0.46	0.09	0.41
Canal 7	299.740	0.300	0.70	0.60	0.420	1.900	0.221	0.10	51.12	0.013	0.374	0.80	0.76	0.89	0.71	0.37	0.45	0.15
Canal C2	16.250	0.016	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.13	80.00	0.013	0.210	0.08	0.20	0.84	0.07	0.38	0.10	0.40
Canal V1	58.780	0.059	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.47	64.52	0.013	0.399	0.15	0.29	1.60	0.24	0.72	0.14	0.36
Canal 8	459.940	0.460	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	2.45	199.36	0.013	0.912	0.50	0.56	3.65	1.84	1.65	0.28	0.22
Canal C3	67.400	0.067	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	2.72	34.50	0.013	0.961	0.07	0.20	3.84	0.27	1.74	0.10	0.40
Canal 9	354.510	0.355	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	2.42	146.98	0.013	0.906	0.39	0.49	3.62	1.42	1.64	0.24	0.26

Fuente: Propia

Tabla 14. Calculo canales TR 25 años tramo 2

Elemento	Qdiseño	Qdiseño	b	h	At	Pt	Rt	S	L	n	Cap.	Q/Qo	h/R	Vo	V real	F	h	BORDE
	(l/s)	(m3/s)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	(%)	m		(m3/s)			(m/s)	(m/s)		LAMINA	LIBRE
Canal 10	147.313	0.147	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	3.37	103.00	0.013	1.069	0.14	0.28	4.28	0.59	1.93	0.14	0.36
Canal_N1	112.362	0.112	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.43	331.17	0.013	0.382	0.29	0.42	1.53	0.45	0.69	0.21	0.29
Canal 11	305.304	0.305	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.70	132.74	0.013	0.487	0.63	0.64	1.95	1.22	0.88	0.32	0.18
Canal 11.1	305.304	0.305	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	4.40	114.54	0.013	1.222	0.25	0.38	4.89	1.22	2.21	0.19	0.31
Canal 11.2	305.304	0.305	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.70	114.54	0.013	0.487	0.63	0.64	1.95	1.22	0.88	0.32	0.18
Canal_V4	148.162	0.148	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.58	46.40	0.013	0.444	0.33	0.45	1.77	0.59	0.80	0.22	0.28
Canal_V5	118.675	0.119	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.27	77.63	0.013	0.303	0.39	0.49	1.21	0.47	0.55	0.24	0.26
Canal A11	69.333	0.069	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.90	68.43	0.013	0.553	0.13	0.26	2.21	0.28	1.00	0.13	0.37
Canal V 6A	59.409	0.059	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.05	15.62	0.013	0.130	0.46	0.53	0.52	0.24	0.24	0.26	0.24
Canal_N2	32.752	0.033	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.03	93.48	0.013	0.101	0.32	0.44	0.40	0.13	0.18	0.22	0.28
Canal V 6B	5.267	0.005	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.05	12.00	0.013	0.130	0.04	0.15	0.52	0.02	0.24	0.07	0.43
Canal V7	35.847	0.036	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.03	69.67	0.013	0.101	0.36	0.46	0.40	0.14	0.18	0.23	0.27
Canal V8	47.964	0.048	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.18	27.61	0.013	0.247	0.19	0.33	0.99	0.19	0.45	0.17	0.33
Canal V9	89.608	0.090	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.65	74.95	0.013	0.470	0.19	0.33	1.88	0.36	0.85	0.17	0.33
Canal_N4	214.474	0.214	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.83	205.95	0.013	0.531	0.40	0.50	2.12	0.86	0.96	0.25	0.25
Canal_N3	124.424	0.124	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.74	305.00	0.013	0.501	0.25	0.38	2.00	0.50	0.91	0.19	0.31
Canal_N5	38.651	0.039	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.66	89.74	0.013	0.473	0.08	0.22	1.89	0.15	0.85	0.11	0.39
Canal_N6	240.852	0.241	0.50	0.60	0.300	1.700	0.176	0.57	218.04	0.013	0.548	0.44	0.52	1.83	0.80	0.75	0.31	0.29
Canal 12	10.447	0.010	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	1.21	44.51	0.013	0.641	0.02	0.06	2.56	0.04	1.16	0.03	0.47
Canal V11	56.809	0.057	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.09	65.01	0.013	0.175	0.33	0.44	0.70	0.23	0.32	0.22	0.28
Canal V12	96.586	0.097	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.18	45.52	0.013	0.247	0.39	0.49	0.99	0.39	0.45	0.24	0.26
Canal_N7	220.712	0.221	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.82	142.03	0.013	0.527	0.42	0.50	2.11	0.88	0.95	0.25	0.25
Canal_N8	40.497	0.040	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.54	171.11	0.013	0.428	0.09	0.23	1.71	0.16	0.77	0.11	0.39
Canal V13	48.514	0.049	0.90	0.70	0.630	2.300	0.274	0.03	33.87	0.013	0.354	0.14	0.28	0.56	0.08	0.21	0.19	0.51
Canal_N9	64.764	0.065	0.50	0.65	0.325	1.800	0.181	0.51	178.72	0.013	0.570	0.11	0.25	1.75	0.20	0.70	0.16	0.49
Canal V14	200.870	0.201	0.50	0.65	0.325	1.800	0.181	0.41	210.11	0.013	0.511	0.39	0.49	1.57	0.62	0.62	0.32	0.33

Elemento	Qdiseño	Qdiseño	b	h	At	Pt	Rt	S	L	n	Cap.	Q/Qo	h/R	Vo	V real	F	h	BORDE
	(l/s)	(m3/s)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	(%)	m		(m3/s)			(m/s)	(m/s)		LAMINA	LIBRE
Canal V15	40.226	0.040	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.10	50.64	0.013	0.184	0.22	0.35	0.74	0.16	0.33	0.18	0.32
Canal V16	98.114	0.098	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.27	72.89	0.013	0.303	0.32	0.44	1.21	0.39	0.55	0.22	0.28
Canal V17	137.769	0.138	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.38	49.93	0.013	0.359	0.38	0.48	1.44	0.55	0.65	0.24	0.26
Canal V18	187.614	0.188	0.60	0.60	0.360	1.800	0.200	0.13	62.75	0.013	0.341	0.55	0.59	0.95	0.52	0.39	0.35	0.25
Canal V19	194.497	0.194	0.60	0.60	0.360	1.800	0.200	0.12	8.67	0.013	0.328	0.59	0.62	0.91	0.54	0.38	0.37	0.23
Canal V20	217.182	0.217	0.60	0.60	0.360	1.800	0.200	0.56	28.56	0.013	0.709	0.31	0.42	1.97	0.60	0.81	0.25	0.35
Canal 14	298.706	0.299	0.60	0.70	0.420	2.000	0.210	0.41	102.64	0.013	0.731	0.41	0.50	1.74	0.71	0.66	0.35	0.35
Canal_N10	401.890	0.402	0.60	0.70	0.420	2.000	0.210	0.75	129.91	0.013	0.989	0.41	0.50	2.35	0.96	0.90	0.35	0.35
Canal V21	420.062	0.420	0.60	0.70	0.420	2.000	0.210	0.48	22.88	0.013	0.791	0.53	0.58	1.88	1.00	0.72	0.41	0.29
Canal V A23	464.917	0.465	0.60	0.70	0.420	2.000	0.210	0.87	56.47	0.013	1.065	0.44	0.52	2.53	1.11	0.97	0.36	0.34
Canal V23	528.466	0.528	0.70	0.70	0.490	2.100	0.233	0.30	80.01	0.013	0.782	0.68	0.67	1.60	1.08	0.61	0.47	0.23
Canal V25	571.068	0.571	0.80	0.70	0.560	2.200	0.255	0.30	53.64	0.013	0.948	0.60	0.63	1.69	1.02	0.65	0.44	0.26
Canal N13	659.142	0.659	0.80	0.70	0.560	2.200	0.255	0.54	110.89	0.013	1.271	0.52	0.57	2.27	1.18	0.87	0.40	0.30
Canal 16	748.587	0.749	0.80	0.70	0.560	2.200	0.255	0.64	112.61	0.013	1.384	0.54	0.59	2.47	1.34	0.94	0.41	0.29
Canal 13	201.081	0.201	0.50	0.70	0.350	1.900	0.184	0.28	170.46	0.013	0.461	0.44	0.52	1.32	0.57	0.50	0.36	0.34
Canal_N11	343.717	0.344	0.50	0.70	0.350	1.900	0.184	0.49	120.92	0.013	0.610	0.56	0.60	1.74	0.98	0.67	0.42	0.28
Canal 15	403.017	0.403	0.50	0.70	0.350	1.900	0.184	1.41	50.27	0.013	1.035	0.39	0.48	2.96	1.15	1.13	0.34	0.36
Canal 22	404.293	0.404	0.50	0.70	0.350	1.900	0.184	2.77	1.08	0.013	1.451	0.28	0.40	4.14	1.16	1.58	0.28	0.42
Canal A24	573.674	0.574	0.65	0.70	0.455	2.050	0.222	0.49	143.59	0.013	0.898	0.64	0.64	1.97	1.26	0.75	0.45	0.25
Canal V24	581.311	0.581	1.00	0.80	0.800	2.600	0.308	0.15	6.47	0.013	1.086	0.54	0.58	1.36	0.73	0.48	0.46	0.34
Canal V_N12	758.321	0.758	1.00	0.80	0.800	2.600	0.308	0.51	150.06	0.013	2.003	0.38	0.48	2.50	0.95	0.89	0.38	0.42
Canal V26	803.482	0.803	1.00	0.80	0.800	2.600	0.308	0.73	38.28	0.013	2.396	0.34	0.45	3.00	1.00	1.07	0.36	0.44
Canal V27	18.287	0.018	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.58	15.50	0.013	0.444	0.04	0.15	1.77	0.07	0.80	0.07	0.43
Canal 14	821.769	0.822	1.20	0.90	1.080	3.000	0.360	0.11	87.37	0.013	1.394	0.59	0.61	1.29	0.76	0.43	0.55	0.35

Fuente: Propia

Tabla 15. Calculo canales TR 100 años tramo 2

Elemento	Qdiseño	Qdiseño	b	h	At	Pt	Rt	S	L	n	Cap.	Q/Qo	h/R	Vo	V real	F	h	BORDE
	(l/s)	(m3/s)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	(%)	m		(m3/s)			(m/s)	(m/s)		LAMINA	LIBRE
Canal 10	217.020	0.217	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	3.37	103.00	0.013	1.069	0.20	0.34	4.28	0.87	1.93	0.17	0.33
Canal_N1	165.530	0.166	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.43	331.17	0.013	0.382	0.43	0.52	1.53	0.66	0.69	0.26	0.24
Canal 11	449.770	0.450	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	1.66	247.28	0.013	0.750	0.60	0.62	3.00	1.80	1.36	0.31	0.19
Canal_V4	218.270	0.218	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.58	46.40	0.013	0.444	0.49	0.56	1.77	0.87	0.80	0.28	0.22
Canal_V5	174.830	0.175	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.27	77.63	0.013	0.303	0.58	0.61	1.21	0.70	0.55	0.30	0.20
Canal A11	102.140	0.102	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.90	68.43	0.013	0.553	0.18	0.33	2.21	0.41	1.00	0.16	0.34
Canal V 6A	87.520	0.088	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.10	15.62	0.013	0.184	0.48	0.54	0.74	0.35	0.33	0.27	0.23
Canal_N2	48.250	0.048	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.03	93.48	0.013	0.101	0.48	0.54	0.40	0.19	0.18	0.27	0.23
Canal V 6B	7.760	0.008	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.10	12.00	0.013	0.184	0.04	0.15	0.74	0.03	0.33	0.07	0.43
Canal V7	52.810	0.053	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.03	69.67	0.013	0.101	0.52	0.57	0.40	0.21	0.18	0.29	0.21
Canal V8	70.660	0.071	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.18	27.61	0.013	0.247	0.29	0.41	0.99	0.28	0.45	0.20	0.30
Canal V9	132.010	0.132	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.65	74.95	0.013	0.470	0.28	0.41	1.88	0.53	0.85	0.20	0.30
Canal_N4	315.960	0.316	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.83	205.95	0.013	0.531	0.60	0.62	2.12	1.26	0.96	0.31	0.19
Canal_N3	183.300	0.183	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.74	305.00	0.013	0.501	0.37	0.47	2.00	0.73	0.91	0.23	0.27
Canal_N5	56.940	0.057	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.66	89.74	0.013	0.473	0.12	0.26	1.89	0.23	0.85	0.13	0.37
Canal_N6	354.820	0.355	0.50	0.60	0.300	1.700	0.176	0.57	218.04	0.013	0.548	0.65	0.65	1.83	1.18	0.75	0.39	0.21
Canal 12	15.390	0.015	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	1.21	44.51	0.013	0.641	0.02	0.10	2.56	0.06	1.16	0.05	0.45
Canal V11	83.690	0.084	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.09	65.01	0.013	0.175	0.48	0.54	0.70	0.33	0.32	0.27	0.23
Canal V12	142.290	0.142	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.18	45.52	0.013	0.247	0.58	0.61	0.99	0.57	0.45	0.30	0.20
Canal_N7	325.150	0.325	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.82	142.03	0.013	0.527	0.62	0.63	2.11	1.30	0.95	0.32	0.18
Canal_N8	59.660	0.060	0.90	0.70	0.630	2.300	0.274	0.54	171.11	0.013	1.502	0.04	0.13	2.38	0.09	0.91	0.09	0.61
Canal V13	71.470	0.071	0.90	0.70	0.630	2.300	0.274	0.03	33.87	0.013	0.354	0.20	0.34	0.56	0.11	0.21	0.24	0.46
Canal_N9	95.410	0.095	0.50	0.65	0.325	1.800	0.181	0.51	178.72	0.013	0.570	0.17	0.31	1.75	0.29	0.70	0.20	0.45
Canal V14	295.920	0.296	0.50	0.65	0.325	1.800	0.181	0.41	210.11	0.013	0.511	0.58	0.61	1.57	0.91	0.62	0.39	0.26
Canal V15	59.260	0.059	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.10	50.64	0.013	0.184	0.32	0.44	0.74	0.24	0.33	0.22	0.28

Elemento	Qdiseño	Qdiseño	b	h	At	Pt	Rt	S	L	n	Cap.	Q/Qo	h/R	Vo	V real	F	h	BORDE
	(l/s)	(m3/s)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	(%)	m		(m3/s)			(m/s)	(m/s)		LAMINA	LIBRE
Canal V16	144.540	0.145	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.27	72.89	0.013	0.303	0.48	0.54	1.21	0.58	0.55	0.27	0.23
Canal V17	202.960	0.203	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.38	49.93	0.013	0.359	0.57	0.60	1.44	0.81	0.65	0.30	0.20
Canal V18	276.390	0.276	0.60	0.60	0.360	1.800	0.200	0.13	62.75	0.013	0.341	0.81	0.76	0.95	0.77	0.39	0.45	0.15
Canal V19	286.530	0.287	0.60	0.60	0.360	1.800	0.200	0.12	8.67	0.013	0.328	0.87	0.80	0.91	0.80	0.38	0.48	0.12
Canal V20	319.950	0.320	0.60	0.60	0.360	1.800	0.200	0.56	28.56	0.013	0.709	0.45	0.53	1.97	0.89	0.81	0.32	0.28
Canal 14	440.050	0.440	0.60	0.70	0.420	2.000	0.210	0.41	102.64	0.013	0.731	0.60	0.63	1.74	1.05	0.66	0.44	0.26
Canal_N10	592.060	0.592	0.60	0.70	0.420	2.000	0.210	0.75	129.91	0.013	0.989	0.60	0.62	2.35	1.41	0.90	0.43	0.27
Canal V21	618.830	0.619	0.60	0.70	0.420	2.000	0.210	0.48	22.88	0.013	0.791	0.78	0.74	1.88	1.47	0.72	0.52	0.18
Canal V A23	684.910	0.685	0.60	0.70	0.420	2.000	0.210	0.87	56.47	0.013	1.065	0.64	0.65	2.53	1.63	0.97	0.46	0.24
Canal V23	778.530	0.779	0.70	0.70	0.490	2.100	0.233	0.30	80.01	0.013	0.782	0.99	0.90	1.60	1.59	0.61	0.63	0.07
Canal V25	841.290	0.841	0.80	0.70	0.560	2.200	0.255	0.30	53.64	0.013	0.948	0.89	0.81	1.69	1.50	0.65	0.57	0.13
Canal N13	971.040	0.971	0.80	0.70	0.560	2.200	0.255	0.54	110.89	0.013	1.271	0.76	0.73	2.27	1.73	0.87	0.51	0.19
Canal 16	1102.810	1.103	0.80	0.70	0.560	2.200	0.255	0.64	112.61	0.013	1.384	0.80	0.75	2.47	1.97	0.94	0.52	0.18
Canal 13	296.230	0.296	0.50	0.70	0.350	1.900	0.184	0.28	170.46	0.013	0.461	0.64	0.65	1.32	0.85	0.50	0.46	0.24
Canal_N11	506.360	0.506	0.50	0.70	0.350	1.900	0.184	0.49	120.92	0.013	0.610	0.83	0.77	1.74	1.45	0.67	0.54	0.16
Canal 15	593.720	0.594	0.50	0.70	0.350	1.900	0.184	1.41	50.27	0.013	1.035	0.57	0.61	2.96	1.70	1.13	0.42	0.28
Canal 22	595.600	0.596	0.50	0.70	0.350	1.900	0.184	2.77	1.08	0.013	1.451	0.41	0.50	4.14	1.70	1.58	0.35	0.35
Canal A24	845.130	0.845	0.65	0.70	0.455	2.050	0.222	0.49	143.59	0.013	0.898	0.94	0.86	1.97	1.86	0.75	0.60	0.10
Canal V24	856.380	0.856	1.00	0.80	0.800	2.600	0.308	0.15	6.47	0.013	1.086	0.79	0.74	1.36	1.07	0.48	0.59	0.21
Canal V_N12	1117.150	1.117	1.00	0.80	0.800	2.600	0.308	0.51	150.06	0.013	2.003	0.56	0.59	2.50	1.40	0.89	0.48	0.32
Canal V26	1183.680	1.184	1.00	0.80	0.800	2.600	0.308	0.73	38.28	0.013	2.396	0.49	0.56	3.00	1.48	1.07	0.44	0.36
Canal V27	26.940	0.027	0.50	0.50	0.250	1.500	0.167	0.58	15.50	0.013	0.444	0.06	0.19	1.77	0.11	0.80	0.09	0.41
Canal 14	1210.620	1.211	1.20	0.90	1.080	3.000	0.360	0.11	87.37	0.013	1.394	0.87	0.80	1.29	1.12	0.43	0.72	0.18

Fuente: Propia

10.2.3. Validación sumideros

A continuación, se presenta la validación hidráulica resumida de los caudales y dimensiones de cada sumidero proyectado por tramo empleando TR 5 años acorde a la resolución 0330 de 2017 y normas apéndices. También se presentan las validaciones de anchos de inundación (para ver el cálculo detallado, consultar Anexo 03. Memorias – 02. Cálculos):

Tabla 16. Validación de sumideros Tramo 1

LÍNEA FLUJO			CAUDALES ESCORRENTÍA			ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA EN LA VÍA						
						DATOS DE LA VÍA			y VÍA (m)	REVISIÓN ANCHO INUNDACIÓN EN VÍA		
ID	ID NODO INICIAL	ID NODO FINAL	Q_{PROPIO} (l/s)	$Q_{ANTERIOR}$ (l/s)	Q_T (l/s)	S_X (m/m)	S_L (m/m)	n MANNING PAVIM. (-)		T (m)	T_{MAX} (m)	¿$T \leq T_{MAX}$?
LF1	PA1	SUM5	3.34	0.00	3.34	0.020	0.001	0.016	0.03	1.68	2.00	OK
LF2	SUM5	SUM3.1	3.39	0.57	3.97	0.020	0.002	0.016	0.03	1.46	2.00	OK
LF3	SUM3.1	SUM3	3.46	0.88	4.34	0.020	0.003	0.016	0.03	1.37	2.00	OK
LF3.1	SUM3	SUM1	3.31	1.07	4.38	0.020	0.003	0.016	0.03	1.41	2.00	OK
LF4	PA1	SUM6	4.67	0.00	4.67	0.020	0.001	0.016	0.04	1.91	2.00	OK
LF5	SUM6	SUM4.1	4.66	0.98	5.64	0.020	0.002	0.016	0.03	1.67	2.00	OK
LF6.1	SUM4	SUM2	4.66	1.99	6.66	0.020	0.003	0.016	0.03	1.65	2.00	OK
LF6	SUM4.1	SUM4	4.90	1.56	6.45	0.020	0.003	0.016	0.03	1.59	2.00	OK
LF7	PA1	SUM7	3.02	0.00	3.02	0.020	0.001	0.016	0.03	1.59	2.00	OK
LF8	SUM7	SUM9	4.42	0.50	4.92	0.020	0.004	0.016	0.03	1.35	2.00	OK
LF9	SUM9	SUM11	6.48	1.31	7.80	0.020	0.006	0.016	0.03	1.50	2.00	OK
LF10	SUM11	SUM13	5.60	2.68	8.28	0.020	0.007	0.016	0.03	1.48	2.00	OK
LF10.1	SUM13	SUM13.1	3.19	2.93	6.12	0.020	0.001	0.016	0.04	1.84	2.00	OK
LF11	SUM13	SUM15	4.87	2.93	7.79	0.020	0.002	0.016	0.04	1.79	2.00	OK
LF12	PA1	SUM8	4.74	0.00	4.74	0.020	0.001	0.016	0.04	1.88	2.00	OK
LF13	SUM8	SUM10	5.87	1.03	6.89	0.020	0.004	0.016	0.03	1.53	2.00	OK
LF14	SUM10	SUM12	4.01	2.23	6.24	0.020	0.006	0.016	0.03	1.38	2.00	OK
LF15	SUM12	SUM14	3.14	1.91	5.05	0.020	0.007	0.016	0.02	1.23	2.00	OK
LF15.1	SUM14	SUM14.1	3.87	1.36	5.23	0.020	0.001	0.016	0.03	1.73	2.00	OK
LF16	SUM14	SUM16	5.92	1.36	7.28	0.020	0.002	0.016	0.03	1.74	2.00	OK
LF17	PA2	SUM17	2.96	0.00	2.96	0.020	0.006	0.016	0.02	1.03	2.00	OK
LF18	SUM17	SUM15	3.67	0.55	4.22	0.020	0.006	0.016	0.02	1.17	2.00	OK
LF19	PA2	SUM18	3.61	0.00	3.61	0.020	0.006	0.016	0.02	1.11	2.00	OK
LF20	SUM18	SUM16	3.68	0.78	4.46	0.020	0.006	0.016	0.02	1.20	2.00	OK
LF21	PA2	SUM19	3.52	0.00	3.52	0.020	0.004	0.016	0.02	1.21	2.00	OK
LF22	SUM19	SUM21	10.39	0.75	11.14	0.020	0.023	0.016	0.03	1.33	2.00	OK
LF23	SUM21	SUM23	9.18	4.40	13.58	0.020	0.032	0.016	0.03	1.34	2.00	OK
LF24	SUM23	SUM25	7.00	5.82	12.82	0.020	0.032	0.016	0.03	1.32	2.00	OK
LF25	SUM25	SUM27	5.68	5.36	11.04	0.020	0.029	0.016	0.03	1.27	2.00	OK

LÍNEA FLUJO			CAUDALES ESCORRENTÍA			ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA EN LA VÍA						
						DATOS DE LA VÍA			y VÍA (m)	REVISIÓN ANCHO INUNDACIÓN EN VÍA		
ID	ID NODO INICIAL	ID NODO FINAL	Q_{PROPIO} (l/s)	$Q_{ANTERIOR}$ (l/s)	Q_T (l/s)	S_X (m/m)	S_L (m/m)	n MANNING PAVIM. (-)		T (m)	T_{MAX} (m)	¿$T \leq T_{MAX}$?
LF26	SUM27	SUM29	3.61	4.33	7.94	0.020	0.010	0.016	0.03	1.36	2.00	OK
LF27	PA2	SUM20	4.95	0.00	4.95	0.020	0.004	0.016	0.03	1.38	2.00	OK
LF28	SUM20	SUM22	5.01	1.33	6.34	0.020	0.023	0.016	0.02	1.08	2.00	OK
LF29	SUM22	SUM24	4.93	1.87	6.80	0.020	0.032	0.016	0.02	1.04	2.00	OK
LF30	SUM24	SUM26	4.87	2.08	6.95	0.020	0.032	0.016	0.02	1.05	2.00	OK
LF31	SUM26	SUM28	4.97	2.15	7.12	0.020	0.029	0.016	0.02	1.08	2.00	OK
LF32	SUM28	SUM30	3.90	2.23	6.13	0.020	0.010	0.016	0.02	1.24	2.00	OK

Fuente: NS-047 Llenado Propio

Tabla 17. Validación de sumideros Tramo 2 (01-62)

LÍNEA FLUJO			CAUDALES ESCORRENTÍA			ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA EN LA VÍA							
						DATOS DE LA VÍA			DATOS CUNETA TRIANGULAR	y VÍA (m)	REVISIÓN ANCHO INUNDACIÓN EN VÍA		
ID	ID NODO INICIAL	ID NODO FINAL	Q_{PROPIO} (l/s)	$Q_{ANTERIOR}$ (l/s)	Q_T (l/s)	S_X (m/m)	S_L (m/m)	n MANNING PAVIM. (-)	¿CON CUNETA?		T (m)	T_{MAX} (m)	¿$T \leq T_{MAX}$?
LF1	PA1	SUM21	5.85	0.00	5.85	0.020	0.001	0.016	NO	0.04	1.76	2.00	OK
LF2	SUM21	SUM19	5.85	1.61	7.46	0.020	0.004	0.016	NO	0.03	1.63	2.00	OK
LF3	SUM19	SUM17	5.85	2.50	8.35	0.020	0.004	0.016	NO	0.03	1.66	2.00	OK
LF4	SUM17	SUM15	5.85	2.96	8.81	0.020	0.006	0.016	NO	0.03	1.57	2.00	OK
LF5	SUM15	SUM13	5.85	3.21	9.06	0.020	0.006	0.016	NO	0.03	1.57	2.00	OK
LF6	SUM13	SUM11	5.85	3.35	9.20	0.020	0.004	0.016	NO	0.03	1.72	2.00	OK
LF7	SUM11	SUM9	5.85	3.41	9.26	0.020	0.004	0.016	NO	0.04	1.75	2.00	OK
LF8	SUM9	SUM7	5.85	3.43	9.28	0.020	0.005	0.016	NO	0.03	1.63	2.00	OK
LF9	SUM7	SUM5	5.85	3.47	9.32	0.020	0.022	0.016	NO	0.03	1.26	2.00	OK
LF10	SUM5	SUM3	5.85	3.39	9.24	0.020	0.022	0.016	NO	0.02	1.25	2.00	OK

LÍNEA FLUJO			CAUDALES ESCORRENTÍA			ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA EN LA VÍA							
						DATOS DE LA VÍA			DATOS CUNETA TRIANGULAR	y VÍA (m)	REVISIÓN ANCHO INUNDACIÓN EN VÍA		
ID	ID NODO INICIAL	ID NODO FINAL	Q_{PROPIO} (l/s)	$Q_{ANTERIOR}$ (l/s)	Q_T (l/s)	S_X (m/m)	S_L (m/m)	n MANNING PAVIM. (-)	¿CON CUNETA?		T (m)	T_{MAX} (m)	¿$T \leq T_{MAX}$?
LF11	SUM3	SUM1	5.85	3.34	9.20	0.020	0.021	0.016	NO	0.03	1.26	2.00	OK
LF12	PA1	SUM22	5.50	0.00	5.50	0.020	0.001	0.016	NO	0.03	1.73	2.00	OK
LF13	SUM22	SUM20	5.50	1.45	6.95	0.020	0.004	0.016	NO	0.03	1.57	2.00	OK
LF14	SUM20	SUM18	5.50	2.25	7.75	0.020	0.004	0.016	NO	0.03	1.62	2.00	OK
LF15	SUM18	SUM16	5.50	2.65	8.15	0.020	0.006	0.016	NO	0.03	1.52	2.00	OK
LF16	SUM16	SUM14	5.50	2.87	8.37	0.020	0.006	0.016	NO	0.03	1.53	2.00	OK
LF17	SUM14	SUM12	5.50	2.98	8.48	0.020	0.004	0.016	NO	0.03	1.67	2.00	OK
LF18	SUM12	SUM10	5.50	3.03	8.53	0.020	0.004	0.016	NO	0.03	1.68	2.00	OK
LF19	SUM10	SUM8	5.50	3.05	8.55	0.020	0.006	0.016	NO	0.03	1.57	2.00	OK
LF20	SUM8	SUM6	5.50	3.08	8.58	0.020	0.003	0.016	NO	0.03	1.74	2.00	OK
LF21	SUM6	SUM4	5.50	3.06	8.56	0.020	0.027	0.016	NO	0.02	1.17	2.00	OK
LF22	SUM4	SUM2	5.50	2.97	8.47	0.020	0.044	0.016	NO	0.02	1.06	2.00	OK
LF27	PA2	SUM43	6.66	0.00	6.66	0.020	0.002	0.016	NO	0.03	1.74	2.00	OK
LF28	SUM43	SUM41	6.66	2.04	8.70	0.020	0.012	0.016	NO	0.03	1.37	2.00	OK
LF29	SUM41	SUM39	5.31	3.11	8.42	0.020	0.006	0.016	NO	0.03	1.53	2.00	OK
LF30	SUM39	SUM37	5.31	3.01	8.31	0.020	0.009	0.016	NO	0.03	1.43	2.00	OK
LF31	SUM37	SUM35	5.31	2.94	8.24	0.020	0.012	0.016	NO	0.03	1.34	2.00	OK
LF32	SUM35	SUM33	5.31	2.87	8.18	0.020	0.012	0.016	NO	0.03	1.34	2.00	OK

LÍNEA FLUJO			CAUDALES ESCORRENTÍA			ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA EN LA VÍA							
						DATOS DE LA VÍA			DATOS CUNETA TRIANGULAR	y VÍA (m)	REVISIÓN ANCHO INUNDACIÓN EN VÍA		
ID	ID NODO INICIAL	ID NODO FINAL	Q_{PROPIO} (l/s)	$Q_{ANTERIOR}$ (l/s)	Q_T (l/s)	S_X (m/m)	S_L (m/m)	n MANNING PAVIM. (-)	¿CON CUNETA?		T (m)	T_{MAX} (m)	¿$T \leq T_{MAX}$?
LF33	SUM33	SUM31	5.31	2.84	8.14	0.020	0.009	0.016	NO	0.03	1.41	2.00	OK
LF34	SUM31	SUM29	5.31	2.84	8.15	0.020	0.003	0.016	NO	0.04	1.76	2.00	OK
LF35	SUM29	SUM27	5.31	2.81	8.12	0.020	0.003	0.016	NO	0.03	1.73	2.00	OK
LF36	SUM27	SUM25	5.31	2.81	8.12	0.020	0.001	0.016	NO	0.04	1.97	2.00	OK
LF37	PA2	SUM44	5.63	0.00	5.63	0.020	0.001	0.016	NO	0.03	1.72	2.00	OK
LF38	SUM44	SUM42	5.63	1.52	7.15	0.020	0.007	0.016	NO	0.03	1.40	2.00	OK
LF39	SUM42	SUM40	4.50	2.35	6.85	0.020	0.007	0.016	NO	0.03	1.39	2.00	OK
LF40	SUM40	SUM38	4.50	2.20	6.70	0.020	0.009	0.016	NO	0.03	1.30	2.00	OK
LF41	SUM38	SUM36	4.50	2.11	6.61	0.020	0.011	0.016	NO	0.03	1.25	2.00	OK
LF42	SUM36	SUM34	4.50	2.05	6.55	0.020	0.009	0.016	NO	0.03	1.29	2.00	OK
LF43	SUM34	SUM32	4.50	2.04	6.54	0.020	0.015	0.016	NO	0.02	1.19	2.00	OK
LF44	SUM32	SUM30	4.50	2.00	6.50	0.020	0.009	0.016	NO	0.03	1.29	2.00	OK
LF45	SUM30	SUM28	4.50	2.01	6.51	0.020	0.003	0.016	NO	0.03	1.62	2.00	OK
LF46	SUM28	SUM26	4.50	2.01	6.51	0.020	0.002	0.016	NO	0.03	1.72	2.00	OK
LF47	PA2	SUM45	6.26	0.00	6.26	0.020	0.002	0.016	NO	0.03	1.68	2.00	OK
LF48	SUM45	SUM47	6.26	1.86	8.11	0.020	0.004	0.016	NO	0.03	1.66	2.00	OK
LF48	SUM45	SUM47	6.26	1.86	8.11	0.020	0.004	0.016	NO	0.03	1.66	2.00	OK
LF49	SUM47	SUM49	6.26	5.67	11.93	0.020	0.009	0.016	NO	0.03	1.62	2.00	OK

LÍNEA FLUJO			CAUDALES ESCORRENTÍA			ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA EN LA VÍA							
						DATOS DE LA VÍA			DATOS CUNETA TRIANGULAR	y VÍA (m)	REVISIÓN ANCHO INUNDACIÓN EN VÍA		
ID	ID NODO INICIAL	ID NODO FINAL	Q_{PROPIO} (l/s)	$Q_{ANTERIOR}$ (l/s)	Q_T (l/s)	S_X (m/m)	S_L (m/m)	n MANNING PAVIM. (-)	¿CON CUNETA?		T (m)	T_{MAX} (m)	¿$T \leq T_{MAX}$?
LF50	SUM49	SUM51	6.26	4.94	11.19	0.020	0.009	0.016	NO	0.03	1.61	2.00	OK
LF51	SUM51	SUM53	6.26	4.52	10.78	0.020	0.006	0.016	NO	0.03	1.72	2.00	OK
LF52	PA2	SUM46	5.04	0.00	5.04	0.020	0.002	0.016	NO	0.03	1.55	2.00	OK
LF53	SUM46	SUM48	5.04	1.33	6.36	0.020	0.005	0.016	NO	0.03	1.41	2.00	OK
LF54	SUM48	SUM50	5.04	1.97	7.01	0.020	0.007	0.016	NO	0.03	1.40	2.00	OK
LF55	SUM50	SUM52	5.04	2.28	7.32	0.020	0.009	0.016	NO	0.03	1.37	2.00	OK
LF56	SUM52	SUM54	5.04	2.42	7.46	0.020	0.006	0.016	NO	0.03	1.50	2.00	OK
LF57	PA3	SUM61	4.90	0.00	4.90	0.020	0.002	0.016	NO	0.03	1.54	2.00	OK
LF58	SUM61	SUM59	4.90	1.27	6.16	0.020	0.005	0.016	NO	0.03	1.45	2.00	OK
LF59	SUM59	SUM57	4.90	1.88	6.77	0.020	0.007	0.016	NO	0.03	1.39	2.00	OK
LF60	SUM57	SUM55	4.90	2.17	7.06	0.020	0.007	0.016	NO	0.03	1.41	2.00	OK
LF61	SUM55	SUM53	4.90	2.31	7.20	0.020	0.002	0.016	NO	0.04	1.77	2.00	OK
LF62	PA3	SUM62	4.53	0.00	4.53	0.020	0.002	0.016	NO	0.03	1.49	2.00	OK
LF63	SUM62	SUM60	4.53	1.12	5.65	0.020	0.005	0.016	NO	0.03	1.40	2.00	OK
LF64	SUM60	SUM58	4.53	1.64	6.17	0.020	0.007	0.016	NO	0.03	1.34	2.00	OK
LF65	SUM58	SUM56	4.53	1.87	6.40	0.020	0.007	0.016	NO	0.03	1.34	2.00	OK
LF66	SUM56	SUM54	4.53	1.98	6.51	0.020	0.002	0.016	NO	0.03	1.74	2.00	OK

Fuente: NS-047 Llenado Propio

Tabla 18. Validación de sumideros Tramo 2 (63-110)

LÍNEA FLUJO			CAUDALES ESCORRENTÍA			ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA EN LA VÍA					
						DATOS DE LA VÍA			REVISIÓN ANCHO INUNDACIÓN EN VÍA		
ID	ID NODO INICIAL	ID NODO FINAL	Q_{PROPIO} (l/s)	$Q_{ANTERIOR}$ (l/s)	Q_T (l/s)	S_X (m/m)	S_L (m/m)	n MANNING PAVIM. (-)	T (m)	T_{MAX} (m)	¿$T \leq T_{MAX}$?
LF101	PA5	SUM63	5.85	0.00	5.85	0.020	0.003	0.016	1.54	2.00	OK
LF102	PA5	SUM64	5.11	0.00	5.11	0.020	0.003	0.016	1.46	2.00	OK
LF103	SUM63	SUM65	5.84	1.72	7.56	0.020	0.009	0.016	1.38	2.00	OK
LF104	SUM64	SUM66	5.12	1.39	6.50	0.020	0.009	0.016	1.31	2.00	OK
LF105	SUM65	SUM67	5.84	2.54	8.38	0.020	0.004	0.016	1.67	2.00	OK
LF106	SUM66	SUM68	5.09	2.02	7.11	0.020	0.004	0.016	1.57	2.00	OK
LF107	SUM67	SUM69	5.84	2.98	8.82	0.020	0.003	0.016	1.79	2.00	OK
LF108	SUM68	SUM70	5.11	2.33	7.44	0.020	0.003	0.016	1.68	2.00	OK
LF109	SUM69	SUM71	5.84	3.17	9.01	0.020	0.003	0.016	1.81	2.00	OK
LF110	SUM70	SUM72	5.11	2.47	7.58	0.020	0.003	0.016	1.69	2.00	OK
LF111	SUM71	SUM73	5.84	3.27	9.11	0.020	0.003	0.016	1.82	2.00	OK
LF112	SUM72	SUM74	5.09	2.54	7.63	0.020	0.003	0.016	1.72	2.00	OK
LF113	SUM73	SUM75	5.85	3.32	9.18	0.020	0.003	0.016	1.82	2.00	OK
LF114	SUM74	SUM76	5.09	2.55	7.64	0.020	0.003	0.016	1.69	2.00	OK
LF115	SUM75	SUM77	5.86	3.36	9.22	0.020	0.004	0.016	1.72	2.00	OK
LF116	SUM76	SUM78	5.11	2.57	7.68	0.020	0.003	0.016	1.71	2.00	OK
LF117	SUM77	SUM79	5.86	3.42	9.28	0.020	0.005	0.016	1.66	2.00	OK
LF118	SUM78	SUM80	5.11	2.59	7.69	0.020	0.005	0.016	1.53	2.00	OK
LF119	SUM79	SUM81	5.86	3.47	9.33	0.020	0.007	0.016	1.54	2.00	OK
LF120	SUM80	SUM82	5.12	2.63	7.75	0.020	0.009	0.016	1.40	2.00	OK
LF121	SUM81	SUM83	5.86	3.49	9.35	0.020	0.009	0.016	1.50	2.00	OK
LF122	SUM82	SUM84	5.09	2.64	7.73	0.020	0.007	0.016	1.45	2.00	OK

LÍNEA FLUJO			CAUDALES ESCORRENTÍA			ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA EN LA VÍA					
						DATOS DE LA VÍA			REVISIÓN ANCHO INUNDACIÓN EN VÍA		
ID	ID NODO INICIAL	ID NODO FINAL	Q_{PROPIO} (l/s)	$Q_{ANTERIOR}$ (l/s)	Q_T (l/s)	S_X (m/m)	S_L (m/m)	n MANNING PAVIM. (-)	T (m)	T_{MAX} (m)	¿$T \leq T_{MAX}$?
LF123	SUM83	SUM85	5.85	3.49	9.34	0.020	0.009	0.016	1.50	2.00	OK
LF124	SUM84	SUM86	5.09	2.64	7.73	0.020	0.009	0.016	1.40	2.00	OK
LF125	SUM85	SUM87	5.84	3.48	9.33	0.020	0.007	0.016	1.57	2.00	OK
LF126	SUM86	SUM88	5.09	2.63	7.72	0.020	0.009	0.016	1.40	2.00	OK
LF127	SUM87	SUM89	5.84	3.49	9.33	0.020	0.007	0.016	1.56	2.00	OK
LF128	SUM88	SUM90	5.11	2.63	7.74	0.020	0.007	0.016	1.46	2.00	OK
LF129	SUM89	SUM91	5.84	3.49	9.33	0.020	0.005	0.016	1.67	2.00	OK
LF130	SUM90	SUM92	5.11	2.65	7.76	0.020	0.005	0.016	1.55	2.00	OK
LF131	SUM91	SUM93	5.84	3.49	9.33	0.020	0.003	0.016	1.82	2.00	OK
LF132	SUM92	SUM94	5.09	2.66	7.75	0.020	0.003	0.016	1.66	2.00	OK
LF133	SUM93	SUM95	5.84	3.45	9.29	0.020	0.003	0.016	1.84	2.00	OK
LF134	SUM94	SUM96	5.11	2.64	7.75	0.020	0.003	0.016	1.74	2.00	OK
LF135	SUM95	SUM97	5.84	3.41	9.25	0.020	0.003	0.016	1.77	2.00	OK
LF136	SUM96	SUM98	5.09	2.61	7.69	0.020	0.003	0.016	1.65	2.00	OK
LF137	SUM97	SUM99	5.84	3.42	9.26	0.020	0.005	0.016	1.63	2.00	OK
LF138	SUM98	SUM100	5.09	2.61	7.70	0.020	0.005	0.016	1.52	2.00	OK
LF139	SUM99	SUM101	5.84	3.46	9.30	0.020	0.008	0.016	1.50	2.00	OK
LF140	SUM100	SUM102	5.09	2.63	7.72	0.020	0.009	0.016	1.39	2.00	OK
LF141	SUM101	SUM103	5.84	3.46	9.30	0.020	0.007	0.016	1.56	2.00	OK
LF142	SUM102	SUM104	5.12	2.63	7.74	0.020	0.007	0.016	1.44	2.00	OK
LF143	SUM103	SUM105	5.84	3.48	9.32	0.020	0.008	0.016	1.51	2.00	OK
LF144	SUM104	SUM106	5.12	2.65	7.76	0.020	0.007	0.016	1.46	2.00	OK
LF145	SUM105	SUM107	5.86	3.47	9.34	0.020	0.009	0.016	1.48	2.00	OK

LÍNEA FLUJO			CAUDALES ESCORRENTÍA			ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA EN LA VÍA					
						DATOS DE LA VÍA			REVISIÓN ANCHO INUNDACIÓN EN VÍA		
ID	ID NODO INICIAL	ID NODO FINAL	Q_{PROPIO} (l/s)	$Q_{ANTERIOR}$ (l/s)	Q_T (l/s)	S_X (m/m)	S_L (m/m)	n MANNING PAVIM. (-)	T (m)	T_{MAX} (m)	¿$T \leq T_{MAX}$?
LF146	SUM106	SUM108	5.13	2.66	7.79	0.020	0.009	0.016	1.40	2.00	OK
LF147	SUM107	SUM109	5.86	3.48	9.34	0.020	0.008	0.016	1.53	2.00	OK
LF148	SUM108	SUM110	5.10	2.66	7.76	0.020	0.008	0.016	1.41	2.00	OK

Fuente: NS-047 Llenado Propio

10.2.4. Validación redes conexión sumideros a canales/vallados

A continuación, se presenta la validación hidráulica de los caudales de cada red proyectada para conexión de cada sumidero por tramo hacia los canales o vallados proyectados, empleando TR 5 años acorde a la resolución 0330 de 2017 y normas apéndices:

Tabla 19. Validación redes conexión de sumideros Tramo 1

TRAMO		CAUDAL DISEÑO (Lt/s)	MATERIAL	DIAMETRO EXTERIOR (m)	DIAMETRO INTERIOR (m)	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	CAUDAL TUBO LLENO Qo (Lt/s)	RELACION Q/Qo (lt/s / lt/s)	VELOCIDAD (m/s)	CORTANTE t (Kg/m2)	N FROUDE (F)	CAIDA (m)
DE	A												
SUM1	CANAL 1	3.460	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	26.50	32.51	0.11	0.444	0.168	0.704	0.13
SUM2	CANAL 2	4.900	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	9.10	32.51	0.15	0.479	0.192	0.695	0.05
SUM3	CANAL 1	3.397	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.65	32.51	0.10	0.429	0.161	0.697	0.02
SUM4	CANAL 2	4.666	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.30	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.04
SUM3.1	CANAL 1	3.315	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.70	32.51	0.10	0.429	0.161	0.697	0.02
SUM4.1	CANAL 2	4.668	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.30	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.04
SUM5	CANAL 1	3.341	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.68	32.51	0.10	0.429	0.161	0.697	0.02
SUM6	CANAL 2	4.676	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.30	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.04
SUM7	CANAL 3	3.024	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.70	32.51	0.09	0.414	0.154	0.691	0.02
SUM8	CANAL 4	4.741	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.35	32.51	0.15	0.479	0.192	0.695	0.04
SUM9	CANAL 3	4.425	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.70	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.02
SUM10	CANAL 4	5.872	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.35	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.04
SUM11	CANAL 5A	6.488	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.00	32.51	0.20	0.518	0.217	0.693	0.02
SUM12	ACL6A	4.016	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.25	32.51	0.12	0.453	0.175	0.700	0.04
SUM13	CANAL 5B	5.602	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.70	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.02
SUM14	CANAL 6A	3.140	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.85	32.51	0.10	0.429	0.161	0.697	0.03

TRAMO		CAUDAL DISEÑO (Lt/s)	MATERIAL	DIAMETRO EXTERIOR (m)	DIAMETRO INTERIOR (m)	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	CAUDAL TUBO LLENO Qo (Lt/s)	RELACION Q/Qo (lt/s / lt/s)	VELOCIDAD (m/s)	CORTANTE t (Kg/m2)	N FROUDE (F)	CAIDA (m)
DE	A												
SUM13.1	CANAL 7	3.190	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.80	32.51	0.10	0.429	0.161	0.697	0.02
SUM14.1	CANAL 6B	3.869	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	9.20	32.51	0.12	0.453	0.175	0.700	0.05
SUM15	CANAL 7	8.597	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.60	32.51	0.26	0.561	0.241	0.694	0.02
SUM16	CANAL_V1	9.643	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	8.20	32.51	0.30	0.588	0.255	0.695	0.04
SUM17	CANAL 7	2.966	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	2.50	32.51	0.09	0.414	0.154	0.691	0.01
SUM18	CANAL_V1	3.617	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.50	32.51	0.11	0.444	0.168	0.704	0.02
SUM19	CANAL 8	3.520	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.85	32.51	0.11	0.444	0.168	0.704	0.02
SUM20	CANAL A9	4.956	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.70	32.51	0.15	0.479	0.192	0.695	0.04
SUM21	CANAL 8	10.402	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.85	32.51	0.32	0.600	0.260	0.696	0.02
SUM22	CANAL A9	5.015	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.70	32.51	0.15	0.479	0.192	0.695	0.04
SUM23	CANAL 8	9.187	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.86	32.51	0.28	0.574	0.248	0.695	0.02
SUM24	CANAL 9	4.938	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.04	32.51	0.15	0.479	0.192	0.695	0.03
SUM25	CANAL 8	7.007	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.48	32.51	0.22	0.533	0.225	0.693	0.02
SUM26	CANAL 9	4.876	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.73	32.51	0.15	0.479	0.192	0.695	0.03
SUM27	CANAL 8	5.680	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.68	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.02
SUM28	CANAL 9	4.969	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.79	32.51	0.15	0.479	0.192	0.695	0.03
SUM29	CANAL 8.1	3.616	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.33	32.51	0.11	0.444	0.168	0.704	0.03
SUM30	Caja empalme	3.903	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	2.49	32.51	0.12	0.453	0.175	0.700	0.01

TRAMO		COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		RECUBRIMIENTO	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
DE	A	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
SUM1	CANAL 1	2574.45	2574.54	2,574.30	2,574.16	2574.07	2,573.93	0.15	0.38
SUM2	CANAL 2	2574.45	2574.48	2,574.10	2,574.05	2573.87	2,573.82	0.35	0.43
SUM3	CANAL 1	2574.54	2574.58	2,574.19	2,574.17	2573.96	2,573.94	0.35	0.41
SUM4	CANAL 2	2574.54	2574.58	2,574.04	2,574.00	2573.81	2,573.77	0.50	0.58
SUM3.1	CANAL 1	2574.64	2574.68	2,574.14	2,574.12	2573.91	2,573.89	0.50	0.56
SUM4.1	CANAL 2	2574.64	2574.70	2,574.14	2,574.10	2573.91	2,573.87	0.50	0.60
SUM5	CANAL 1	2574.70	2574.72	2,574.20	2,574.18	2573.97	2,573.95	0.50	0.54
SUM6	CANAL 2	2574.70	2574.74	2,574.20	2,574.16	2573.97	2,573.93	0.50	0.58
SUM7	CANAL 3	2574.70	2574.68	2,574.20	2,574.18	2573.97	2,573.95	0.50	0.50

TRAMO		COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		RECUBRIMIENTO	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
DE	A	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
SUM8	CANAL 4	2574.70	2574.66	2,574.20	2,574.16	2573.97	2,573.93	0.50	0.50
SUM9	CANAL 3	2574.51	2574.49	2,574.01	2,573.99	2573.78	2,573.76	0.50	0.50
SUM10	CANAL 4	2574.51	2574.47	2,574.01	2,573.97	2573.78	2,573.74	0.50	0.50
SUM11	CANAL 5A	2574.31	2574.33	2,573.81	2,573.79	2573.58	2,573.56	0.50	0.54
SUM12	ACL6A	2574.31	2574.35	2,573.81	2,573.77	2573.58	2,573.54	0.50	0.58
SUM13	CANAL 5B	2574.12	2574.14	2,573.62	2,573.60	2573.39	2,573.37	0.50	0.54
SUM14	CANAL 6A	2574.12	2574.16	2,573.62	2,573.59	2573.39	2,573.36	0.50	0.57
SUM13.1	CANAL 7	2574.08	2574.06	2,573.68	2,573.66	2573.45	2,573.43	0.40	0.40
SUM14.1	CANAL 6B	2574.08	2574.04	2,573.78	2,573.73	2573.55	2,573.50	0.30	0.31
SUM15	CANAL 7	2574.05	2574.07	2,573.65	2,573.63	2573.42	2,573.40	0.40	0.44
SUM16	CANAL_V1	2574.05	2574.09	2,573.75	2,573.70	2573.52	2,573.47	0.30	0.39
SUM17	CANAL 7	2574.25	2574.23	2,573.95	2,573.93	2573.72	2,573.70	0.30	0.30
SUM18	CANAL_V1	2574.25	2574.21	2,573.95	2,573.93	2573.72	2,573.70	0.30	0.28
SUM19	CANAL 8	2574.29	2574.27	2,573.79	2,573.77	2573.56	2,573.54	0.50	0.50
SUM20	CANAL A9	2574.29	2574.25	2,573.99	2,573.95	2573.76	2,573.72	0.30	0.30
SUM21	CANAL 8	2573.37	2573.35	2,572.87	2,572.85	2572.64	2,572.62	0.50	0.50
SUM22	CANAL A9	2573.37	2573.33	2,572.97	2,572.93	2572.74	2,572.70	0.40	0.40
SUM23	CANAL 8	2572.07	2572.05	2,571.57	2,571.55	2571.34	2,571.32	0.50	0.50
SUM24	CANAL 9	2572.07	2571.91	2,571.72	2,571.68	2571.49	2,571.45	0.35	0.23
SUM25	CANAL 8	2570.78	2570.76	2,570.38	2,570.35	2570.15	2,570.12	0.40	0.41
SUM26	CANAL 9	2570.78	2570.74	2,570.43	2,570.40	2570.20	2,570.17	0.35	0.34
SUM27	CANAL 8	2569.62	2569.60	2,569.27	2,569.24	2569.04	2,569.01	0.35	0.36
SUM28	CANAL 9	2569.62	2569.58	2,569.17	2,569.14	2568.94	2,568.91	0.45	0.44
SUM29	CANAL 8.1	2569.31	2569.32	2,569.11	2,569.08	2568.88	2,568.85	0.20	0.24
SUM30	Caja empalme	2569.31	2569.31	2,569.01	2,568.99	2568.78	2,568.76	0.30	0.32

Fuente: Propia

Tabla 20. Validación redes conexión de sumideros Tramo 2 (sumideros 01 – 62)

TRAMO		CAUDAL DISEÑO (Lt/s)	MATERIAL	DIAMETRO EXTERIOR (m)	DIAMETRO INTERIOR (m)	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	CAUDAL TUBO LLENO Qo (Lt/s)	RELACION Q/Qo (lt/s / lt/s)	VELOCIDAD (m/s)	CORTANTE t (Kg/m2)	N FROUDE (F)	CAIDA (m)
DE	A												
1	Caja empalme	5.855	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.60	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.03

TRAMO		CAUDAL DISEÑO (Lt/s)	MATERIAL	DIAMETRO EXTERIOR (m)	DIAMETRO INTERIOR (m)	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	CAUDAL TUBO LLENO Qo (Lt/s)	RELACION Q/Qo (lt/s / lt/s)	VELOCIDAD (m/s)	CORTANTE t (Kg/m2)	N FROUDE (F)	CAIDA (m)
DE	A												
2	Canal 11.2	5.504	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.40	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.03
3	Canal 10	5.855	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.50	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.04
4	Canal 11	5.504	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.26	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.02
5	Canal 10	5.855	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.36	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.04
6	Canal 11	5.504	CONCRETO	0.250	0.227	2.00%	4.17	65.02	0.08	0.795	0.585	1.371	0.08
7	Canal_N1	5.855	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.92	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.02
8	Canal 11	5.504	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.49	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.02
9	Canal_N1	5.855	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.59	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.04
10	Canal 11	5.504	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.21	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.02
11	Canal_N1	5.855	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.10	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.03
12	Canal 11	5.504	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.02	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.03
13	Canal_N1	5.855	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.52	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.03
14	Canal 11	5.504	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.17	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.04
15	Canal_N1	5.855	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.35	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.03
16	Canal V4	5.504	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	8.31	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.04
17	Canal_N1	5.855	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.79	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.03
18	Canal V5	5.504	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	8.30	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.04
19	Canal_N1	5.855	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.99	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.03
20	Canal V5	5.504	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.16	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.04
21	Canal_N1	5.855	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.32	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.04
22	Canal A11	5.504	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.84	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.02
23	Canal_N2	6.852	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	8.11	32.51	0.21	0.526	0.221	0.694	0.04
24	Canal V7	5.159	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	8.89	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.04
25	Canal_N3	6.852	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.75	32.51	0.21	0.526	0.221	0.694	0.03
26	Canal V8	5.159	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	8.05	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.04

TRAMO		CAUDAL DISEÑO (Lt/s)	MATERIAL	DIAMETRO EXTERIOR (m)	DIAMETRO INTERIOR (m)	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	CAUDAL TUBO LLENO Qo (Lt/s)	RELACION Q/Qo (lt/s / lt/s)	VELOCIDAD (m/s)	CORTANTE t (Kg/m2)	N FROUDE (F)	CAIDA (m)
DE	A												
27	Canal_N3	5.312	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.41	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.03
28	Canal V9	4.501	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	11.25	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.06
29	Canal_N3	5.312	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.47	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.04
30	Canal V9	4.501	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	11.50	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.06
31	Canal_N3	5.312	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	8.09	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.04
32	Canal_N4	4.501	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.14	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.03
33	Canal_N3	5.312	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.44	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.04
34	Canal_N4	4.501	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.50	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.02
35	Canal_N3	5.312	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.35	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.04
36	Canal_N4	4.501	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.96	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.03
37	Canal_N3	5.311	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.84	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.04
38	Canal_N4	4.501	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.29	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.03
39	Canal_N3	5.311	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.77	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.04
40	Canal_N4	4.501	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.89	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.02
41	Canal V10	6.670	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	2.00	32.51	0.21	0.526	0.221	0.694	0.01
42	Canal 12	5.633	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	1.70	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.01
43	Canal_N5	6.670	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.05	32.51	0.21	0.526	0.221	0.694	0.04
44	Canal V11	5.633	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	12.10	32.51	0.17	0.495	0.203	0.693	0.06
45	Canal_N6	6.261	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.39	32.51	0.19	0.511	0.212	0.693	0.03
46	Canal_N7	5.041	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	10.17	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.05
47	Canal_N6	6.261	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.28	32.51	0.19	0.511	0.212	0.693	0.03
48	Canal_N7	5.041	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.90	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.03
49	Canal_N6	6.261	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.16	32.51	0.19	0.511	0.212	0.693	0.03
50	Canal_N7	5.041	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.00	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.03
51	Canal_N6	6.261	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.92	32.51	0.19	0.511	0.212	0.693	0.03

TRAMO		CAUDAL DISEÑO (Lt/s)	MATERIAL	DIAMETRO EXTERIOR (m)	DIAMETRO INTERIOR (m)	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	CAUDAL TUBO LLENO Qo (Lt/s)	RELACION Q/Qo (lt/s / lt/s)	VELOCIDAD (m/s)	CORTANTE t (Kg/m2)	N FROUDE (F)	CAIDA (m)
DE	A												
52	Canal_N7	5.041	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	5.86	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.03
53	Canal_N6	6.261	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	1.52	32.51	0.19	0.511	0.212	0.693	0.01
54	Canal_N7	5.041	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	1.65	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.01
55	Canal_N8	4.900	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.57	32.51	0.15	0.479	0.192	0.695	0.04
56	Canal_N9	4.533	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.95	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.02
57	Canal_N9	4.900	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.47	32.51	0.15	0.479	0.192	0.695	0.04
58	Canal_N9	4.533	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.39	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.02
59	Canal_N9	4.900	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.72	32.51	0.15	0.479	0.192	0.695	0.04
60	Canal_N9	4.533	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	3.90	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.02
61	Canal_N9	4.900	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.50	32.51	0.15	0.479	0.192	0.695	0.04
62	Canal_N9	4.533	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.70	32.51	0.14	0.471	0.187	0.697	0.02

TRAMO		COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		RECUBRIMIENTO	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
DE	A	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	Caja empalme	2570.34	2570.36	2,570.14	2,570.11	2569.91	2,569.88	0.20	0.25
2	Canal 11.2	2570.34	2570.36	2,570.14	2,570.10	2569.91	2,569.87	0.20	0.26
3	Canal 10	2572.02	2572.24	2,571.87	2,571.83	2571.64	2,571.60	0.15	0.41
4	Canal 11	2572.92	2572.79	2,572.77	2,572.74	2572.54	2,572.51	0.15	0.05
5	Canal 10	2573.09	2572.99	2,572.94	2,572.90	2572.71	2,572.67	0.15	0.09
6	Canal 11	2572.79	2572.75	2,572.64	2,572.55	2572.41	2,572.32	0.15	0.20
7	Canal_N1	2573.96	2573.95	2,573.81	2,573.78	2573.58	2,573.55	0.15	0.17
8	Canal 11	2573.96	2573.95	2,573.81	2,573.78	2573.58	2,573.55	0.15	0.17
9	Canal_N1	2574.25	2574.23	2,574.10	2,574.06	2573.87	2,573.83	0.15	0.17
10	Canal 11	2574.21	2574.19	2,574.06	2,574.03	2573.83	2,573.80	0.15	0.16
11	Canal_N1	2574.35	2574.35	2,574.20	2,574.16	2573.97	2,573.93	0.15	0.19
12	Canal 11	2574.35	2574.35	2,574.20	2,574.17	2573.97	2,573.94	0.15	0.18

TRAMO		COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		RECUBRIMIENTO	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
DE	A	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
13	Canal_N1	2574.51	2574.48	2,574.36	2,574.32	2574.13	2,574.09	0.15	0.16
14	Canal 11	2574.51	2574.48	2,574.36	2,574.32	2574.13	2,574.09	0.15	0.16
15	Canal_N1	2574.76	2574.73	2,574.61	2,574.57	2574.38	2,574.34	0.15	0.16
16	Canal V4	2574.74	2574.72	2,574.59	2,574.54	2574.36	2,574.31	0.15	0.18
17	Canal_N1	2575.00	2574.99	2,574.85	2,574.82	2574.62	2,574.59	0.15	0.17
18	Canal V5	2575.00	2574.98	2,574.85	2,574.80	2574.62	2,574.57	0.15	0.18
19	Canal_N1	2575.16	2575.15	2,575.01	2,574.98	2574.78	2,574.75	0.15	0.17
20	Canal V5	2575.13	2575.12	2,574.98	2,574.94	2574.75	2,574.71	0.15	0.18
21	Canal_N1	2575.32	2575.32	2,575.17	2,575.13	2574.94	2,574.90	0.15	0.19
22	Canal A11	2575.32	2575.31	2,575.17	2,575.14	2574.94	2,574.91	0.15	0.17
23	Canal_N2	2575.35	2575.35	2,575.20	2,575.15	2574.97	2,574.92	0.15	0.20
24	Canal V7	2575.35	2575.34	2,575.20	2,575.15	2574.97	2,574.92	0.15	0.19
25	Canal_N3	2575.33	2575.35	2,575.18	2,575.14	2574.95	2,574.91	0.15	0.21
26	Canal V8	2575.33	2575.34	2,575.18	2,575.13	2574.95	2,574.90	0.15	0.21
27	Canal_N3	2575.41	2575.42	2,575.26	2,575.23	2575.03	2,575.00	0.15	0.19
28	Canal V9	2575.41	2575.43	2,575.26	2,575.20	2575.03	2,574.97	0.15	0.23
29	Canal_N3	2575.52	2575.55	2,575.37	2,575.33	2575.14	2,575.10	0.15	0.22
30	Canal V9	2575.52	2575.55	2,575.37	2,575.31	2575.14	2,575.08	0.15	0.24
31	Canal_N3	2575.89	2575.96	2,575.74	2,575.69	2575.51	2,575.46	0.15	0.27
32	Canal_N4	2575.89	2575.95	2,575.74	2,575.71	2575.51	2,575.48	0.15	0.24
33	Canal_N3	2576.37	2576.43	2,576.22	2,576.18	2575.99	2,575.95	0.15	0.25
34	Canal_N4	2576.37	2576.42	2,576.22	2,576.19	2575.99	2,575.96	0.15	0.23
35	Canal_N3	2576.86	2576.91	2,576.71	2,576.67	2576.48	2,576.44	0.15	0.24
36	Canal_N4	2576.86	2576.91	2,576.71	2,576.68	2576.48	2,576.45	0.15	0.23
37	Canal_N3	2577.25	2577.30	2,577.10	2,577.06	2576.87	2,576.83	0.15	0.24
38	Canal_N4	2577.25	2577.27	2,577.10	2,577.07	2576.87	2,576.84	0.15	0.20
39	Canal_N3	2577.53	2577.55	2,577.38	2,577.34	2577.15	2,577.11	0.15	0.21
40	Canal_N4	2577.53	2577.55	2,577.38	2,577.35	2577.15	2,577.12	0.15	0.20

TRAMO		COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		RECUBRIMIENTO	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
DE	A	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
41	Canal V10	2577.81	2577.78	2,577.66	2,577.65	2577.43	2,577.42	0.15	0.13
42	Canal 12	2577.76	2577.81	2,577.61	2,577.60	2577.38	2,577.37	0.15	0.21
43	Canal_N5	2577.97	2577.98	2,577.82	2,577.78	2577.59	2,577.55	0.15	0.20
44	Canal V11	2577.98	2577.98	2,577.83	2,577.76	2577.60	2,577.53	0.15	0.22
45	Canal_N6	2578.08	2578.06	2,577.93	2,577.89	2577.70	2,577.66	0.15	0.17
46	Canal_N7	2578.08	2578.03	2,577.93	2,577.87	2577.70	2,577.64	0.15	0.16
47	Canal_N6	2577.91	2577.75	2,577.76	2,577.72	2577.53	2,577.49	0.15	0.03
48	Canal_N7	2577.86	2577.77	2,577.71	2,577.68	2577.48	2,577.45	0.15	0.09
49	Canal_N6	2577.57	2577.51	2,577.42	2,577.38	2577.20	2,577.16	0.15	0.13
50	Canal_N7	2577.57	2577.50	2,577.42	2,577.39	2577.20	2,577.17	0.15	0.11
51	Canal_N6	2577.23	2577.18	2,577.08	2,577.04	2576.86	2,576.82	0.15	0.14
52	Canal_N7	2577.23	2577.18	2,577.08	2,577.05	2576.86	2,576.83	0.15	0.13
53	Canal_N6	2576.95	2577.11	2,576.80	2,576.79	2576.58	2,576.57	0.15	0.32
54	Canal_N7	2576.95	2577.11	2,576.80	2,576.79	2576.58	2,576.57	0.15	0.32
55	Canal_N8	2577.02	2577.11	2,576.87	2,576.83	2576.64	2,576.60	0.15	0.28
56	Canal_N9	2577.02	2577.08	2,576.87	2,576.85	2576.64	2,576.62	0.15	0.23
57	Canal_N9	2577.29	2577.25	2,577.14	2,577.10	2576.91	2,576.87	0.15	0.15
58	Canal_N9	2577.29	2577.27	2,577.14	2,577.11	2576.91	2,576.88	0.15	0.16
59	Canal_N9	2577.56	2577.48	2,577.41	2,577.37	2577.18	2,577.14	0.15	0.11
60	Canal_N9	2577.56	2577.50	2,577.41	2,577.39	2577.18	2,577.16	0.15	0.11
61	Canal_N9	2577.74	2577.65	2,577.59	2,577.55	2577.36	2,577.32	0.15	0.10
62	Canal_N9	2577.74	2577.67	2,577.59	2,577.56	2577.36	2,577.33	0.15	0.11

Fuente: Propia

Tabla 21. Validación redes conexión de sumideros Tramo 2 (sumideros 63 – 110)

TRAMO		CAUDAL DISEÑO (Lt/s)	MATERIAL	DIAMETRO EXTERIOR (m)	DIAMETRO INTERIOR (m)	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	CAUDAL TUBO LLENO Qo (Lt/s)	RELACION Q/Qo (lt/s / lt/s)	VELOCIDAD (m/s)	CORTANTE t (Kg/m2)	N FROUDE (F)	CAIDA (m)
DE	A												
63	Canal V15	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	9.86	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.05
64	Canal V14	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	12.90	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.06
65	Canal V16	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	10.28	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.05
66	Canal V14	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	13.52	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.07
67	Canal V16	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	10.52	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.05
68	Canal V14	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	13.46	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.07
69	Canal V17	5.861	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.86	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.04
70	Canal V14	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	13.61	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.07
71	Canal V18	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	8.40	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.04
72	Canal 13	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.91	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
73	Canal V18	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	8.28	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.04
74	Canal 13	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.94	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
75	Canal V20	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	10.40	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.05
76	Canal 13	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.84	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
77	Canal 14	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	9.45	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.05
78	Canal 13	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.92	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
79	Canal 14	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	9.45	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.05
80	Canal_N11	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.91	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
81	Canal_N10	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	9.44	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.05
82	Canal_N11	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.85	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
83	Canal_N10	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	9.44	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.05
84	Canal_N11	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.92	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
85	Canal_N10	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.89	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.03
86	Canal 15	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.91	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
87	Canal V21	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	8.32	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.04

TRAMO		CAUDAL DISEÑO (Lt/s)	MATERIAL	DIAMETRO EXTERIOR (m)	DIAMETRO INTERIOR (m)	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	CAUDAL TUBO LLENO Qo (Lt/s)	RELACION Q/Qo (lt/s / lt/s)	VELOCIDAD (m/s)	CORTANTE t (Kg/m2)	N FROUDE (F)	CAIDA (m)
DE	A												
88	Canal 15	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.91	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
89	Canal V A23	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	11.26	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.06
90	Canal A24	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.50	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
91	Canal V23	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	9.92	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.05
92	Canal A24	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.85	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
93	Canal V23	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	10.45	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.05
94	Canal A24	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.90	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
95	Canal V25	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	11.67	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.06
96	Canal V_N12	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	12.15	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.06
97	Canal N13	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	10.21	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.05
98	Canal V_N12	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	13.81	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.07
99	Canal N13	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.61	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.03
100	Canal V_N12	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	15.49	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.08
101	Canal N13	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.99	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.03
102	Canal V_N12	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	17.00	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.08
103	Canal 16	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.61	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.03
104	Canal V26	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	19.64	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.10
105	Canal 16	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	6.01	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.03
106	Canal 14	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	17.35	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.09
107	Canal 16	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	11.72	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.06
108	Canal 14	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.23	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02
109	Canal 16	5.860	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	7.39	32.51	0.18	0.503	0.208	0.694	0.04
110	Canal 14	5.124	CONCRETO	0.250	0.227	0.50%	4.14	32.51	0.16	0.487	0.198	0.694	0.02

TRAMO		COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		RECUBRIMIENTO	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
DE	A	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
63	Canal V15	2577.70	2577.57	2,577.32	2,577.27	2577.09	2,577.04	0.38	0.30
64	Canal V14	2577.70	2577.68	2,577.29	2,577.22	2577.07	2,577.00	0.41	0.46
65	Canal V16	2577.36	2577.31	2,577.06	2,577.00	2576.83	2,576.77	0.29	0.31
66	Canal V14	2577.36	2577.45	2,577.07	2,577.00	2576.84	2,576.77	0.29	0.45
67	Canal V16	2577.20	2577.14	2,576.89	2,576.83	2576.67	2,576.61	0.31	0.31
68	Canal V14	2577.20	2577.22	2,576.84	2,576.77	2576.61	2,576.54	0.36	0.45
69	Canal V17	2577.08	2577.00	2,576.74	2,576.70	2576.51	2,576.47	0.34	0.30
70	Canal V14	2577.08	2577.06	2,576.68	2,576.61	2576.45	2,576.38	0.40	0.45
71	Canal V18	2576.96	2576.86	2,576.50	2,576.45	2576.28	2,576.23	0.46	0.41
72	Canal 13	2576.96	2576.86	2,576.38	2,576.35	2576.16	2,576.13	0.58	0.51
73	Canal V18	2576.84	2576.76	2,576.40	2,576.35	2576.17	2,576.12	0.44	0.41
74	Canal 13	2576.87	2576.78	2,576.30	2,576.27	2576.07	2,576.04	0.57	0.51
75	Canal V20	2576.72	2576.60	2,576.25	2,576.19	2576.02	2,575.96	0.47	0.41
76	Canal 13	2576.72	2576.64	2,576.16	2,576.13	2575.94	2,575.91	0.56	0.51
77	Canal 14	2576.58	2576.58	2,576.12	2,576.07	2575.90	2,575.85	0.46	0.50
78	Canal 13	2576.63	2576.57	2,576.09	2,576.06	2575.87	2,575.84	0.53	0.51
79	Canal 14	2576.36	2576.33	2,575.88	2,575.83	2575.65	2,575.60	0.48	0.50
80	Canal_N11	2576.36	2576.33	2,575.85	2,575.82	2575.63	2,575.60	0.51	0.51
81	Canal_N10	2576.06	2576.03	2,575.58	2,575.53	2575.35	2,575.30	0.49	0.50
82	Canal_N11	2575.98	2576.03	2,575.55	2,575.52	2575.33	2,575.30	0.43	0.51
83	Canal_N10	2575.66	2575.63	2,575.18	2,575.13	2574.95	2,574.90	0.48	0.50
84	Canal_N11	2575.74	2575.76	2,575.28	2,575.25	2575.06	2,575.03	0.46	0.51
85	Canal_N10	2575.34	2575.38	2,574.91	2,574.87	2574.69	2,574.65	0.42	0.51
86	Canal 15	2575.42	2575.38	2,574.90	2,574.87	2574.68	2,574.65	0.51	0.51
87	Canal V21	2575.10	2575.10	2,574.64	2,574.59	2574.41	2,574.36	0.45	0.51
88	Canal 15	2575.10	2575.17	2,574.69	2,574.66	2574.47	2,574.44	0.40	0.51

TRAMO		COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		RECUBRIMIENTO	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
DE	A	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
89	Canal V A23	2574.81	2574.71	2,574.27	2,574.21	2574.04	2,573.98	0.55	0.50
90	Canal A24	2574.81	2574.79	2,574.31	2,574.28	2574.09	2,574.06	0.50	0.51
91	Canal V23	2574.62	2574.55	2,574.10	2,574.05	2573.87	2,573.82	0.52	0.50
92	Canal A24	2574.62	2574.56	2,574.08	2,574.05	2573.85	2,573.82	0.54	0.51
93	Canal V23	2574.49	2574.37	2,573.92	2,573.86	2573.70	2,573.64	0.57	0.51
94	Canal A24	2574.49	2574.42	2,573.94	2,573.91	2573.72	2,573.69	0.55	0.51
95	Canal V25	2574.38	2574.29	2,573.85	2,573.79	2573.62	2,573.56	0.53	0.50
96	Canal V_N12	2574.38	2574.29	2,573.75	2,573.68	2573.52	2,573.45	0.63	0.61
97	Canal N13	2574.24	2574.13	2,573.68	2,573.62	2573.45	2,573.39	0.56	0.51
98	Canal V_N12	2574.24	2574.13	2,573.60	2,573.53	2573.37	2,573.30	0.64	0.60
99	Canal N13	2574.02	2573.98	2,573.51	2,573.47	2573.29	2,573.25	0.51	0.51
100	Canal V_N12	2574.02	2573.97	2,573.45	2,573.37	2573.22	2,573.14	0.57	0.60
101	Canal N13	2573.64	2573.70	2,573.23	2,573.19	2573.01	2,572.97	0.41	0.51
102	Canal V_N12	2573.72	2573.71	2,573.19	2,573.10	2572.97	2,572.88	0.53	0.61
103	Canal 16	2573.40	2573.47	2,573.00	2,572.96	2572.78	2,572.74	0.40	0.51
104	Canal V26	2573.40	2573.43	2,572.93	2,572.83	2572.70	2,572.60	0.47	0.60
105	Canal 16	2573.08	2573.07	2,572.60	2,572.56	2572.37	2,572.33	0.48	0.51
106	Canal 14	2573.08	2572.86	2,572.24	2,572.15	2572.01	2,571.92	0.84	0.70
107	Canal 16	2572.84	2572.50	2,572.06	2,572.00	2571.83	2,571.77	0.78	0.50
108	Canal 14	2572.76	2572.50	2,571.82	2,571.79	2571.59	2,571.56	0.94	0.71
109	Canal 16	2572.52	2572.30	2,571.84	2,571.80	2571.61	2,571.57	0.68	0.50
110	Canal 14	2572.52	2572.30	2,571.62	2,571.59	2571.39	2,571.36	0.90	0.71

Fuente: Propia

10.2.5. Empalmes con obras rotonda vía Zipaquirá – Ubaté contrato 989 de 2021

Se presentan cálculos de empalme a cajas de inspección dadas por la concesión de la rotonda en construcción de la vía Zipaquirá - Ubaté; donde se encuentra que las redes proyectadas de 8" y 16" (Ver Anexo 04. Información armonización Proyectos – 02. 989 de 2021) no tendrían la capacidad hidráulica apropiada para el manejo de caudales máximos en las partes de empalme de ambos tramos.

Tabla 22. Validación empalme redes conexión a redes concesión

TRAMO		CAUDAL DISEÑO (Lt/s)	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg)	DIAMETRO EXTERIOR (m)	DIAMETRO INTERIOR (m)	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	CAUDAL TUBO LLENO Qo (Lt/s)	RELACION Q/Qo (lt/s / lt/s)	VELOCIDAD (m/s)	CORTANTE t (Kg/m2)	N FROUDE (F)	CAIDA (m)
DE	A													
Caja empalme tramo 2	Destino2	666.790	CONCRETO	16	0.400	0.362	0.20%	5.60	71.37	9.34	#N/D	#N/D	#N/D	0.01
Caja empalme tramo 1	Destino1	814.510	CONCRETO	8	0.200	0.182	0.25%	6.40	12.75	63.87	#N/D	#N/D	#N/D	0.02

Caja empalme tramo 2	Destino2	666.790	CONCRETO	36	1.100	0.900	0.20%	5.60	809.60	0.82	1.273	0.546	0.489	0.01
Caja empalme tramo 1	Destino1	814.510	CONCRETO	36	1.100	0.900	0.25%	6.40	905.16	0.90	1.457	0.685	0.513	0.02

TRAMO		COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		RECUBRIMIENTO	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
DE	A	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Caja empalme tramo 2	Destino2	2570.34	2570.36	2,570.14	2,570.12	2569.78	2,569.76	0.20	0.24
Caja empalme tramo 1	Destino1	2570.34	2570.36	2,570.14	2,570.12	2569.96	2,569.94	0.20	0.24

Caja empalme tramo 2	Destino2	2570.34	2570.36	2,570.14	2,570.12	2569.24	2,569.22	0.20	0.24
Caja empalme tramo 1	Destino1	2570.34	2570.36	2,570.14	2,570.12	2569.24	2,569.22	0.20	0.24

Fuente: Propia

11. ARMONIZACIÓN URBANÍSTICA

Dentro de los diseños urbanísticos y paisajísticos, se han propuesto secciones tipo para la implementación de la ciclorruta y espacios públicos, los cuales, requerirían en algunos casos, tomar espacio de los vallados existentes, tales situaciones se describen a continuación:

Se encuentran zonas de intervención donde se vería necesario desplazar y/o intervenir y/o recubrir los vallados de manera que se cuente con el espacio suficiente para su implementación.

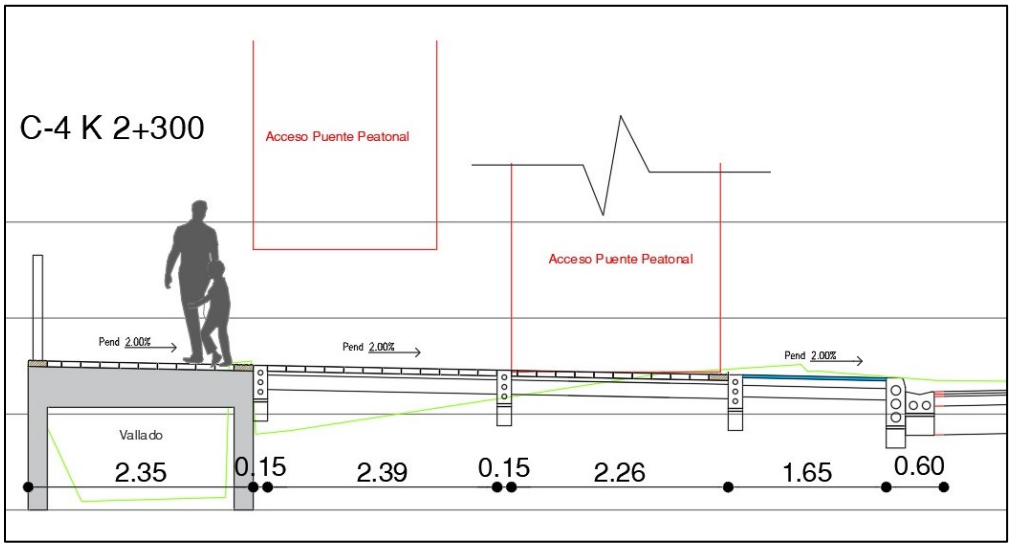


Ilustración 9. Sección típica de intervención de vallado recubierto y/o desplazado
Fuente: Consorcio Diseños Urbanos. (2025).

También puede ocurrir, en zonas donde se cuente con el espacio suficiente que el vallado no presentará la necesidad de reubicación y/o recubrimiento; solamente tendrá que ser reconformado acorde a los hallazgos de capítulos anteriores.

Se deben implementar ventanas o “colillas” de paso para la recolección de aguas provenientes de predios, especialmente fincas agrícolas.



Ilustración 10. Sección típica de No intervención vallado en cuanto a su localización
Fuente: Consorcio Diseños Urbanos. (2025).

12. CONCLUSIONES

Se ha llevado a cabo el diseño detallado del manejo de drenaje consistente en canales, geodrenes, vallados y cabezales y boxculvert de paso armonizados con el contrato ICCU-087 de 2021; todo esto ubicado en el tramo del proyecto Ciclovía, La Paz-San Miguel, específicamente en las vías Zipaquirá-Cundinamarca-Calle 8 y Zipaquirá-Cundinamarca-Nemocón.

Los elementos tipo canal deberán ser construidos in situ con tapas de inspección cada 50m, lo anterior acorde a los detalles dados en planos.

La especificación del concreto y cuantía de acero de los canales diseñados deberá ser dada por un especialista del área estructural.

Acorde a las estructuras establecidas de paso transversal tipo boxculvert, alcantarilla o pontón, dentro del contrato ICCU-087 de 2021; se han encontrado que es necesario que las alcantarillas pasen a ser estructuras cuadradas en concreto, con dimensiones de largo y ancho iguales a los diámetros originales de los mismos. Bajo este criterio se dieron los niveles y limitaciones de empalme en puntos de entrega.

Para la ejecución de las obras de drenaje, es necesario que se desarrollen también las obras dadas en el contrato ICCU-087 de 2021; de lo contrario, no podrá garantizarse el empalme de estructuras.

La armonización de las redes de drenaje contempladas dentro de las obras de rotonda del contrato 989 de 2021, no contarían con los diámetros necesarios para un manejo de caudal en situación crítica; por lo que se recomienda cambiarlos a 36” en ambos puntos de empalme; de lo contrario, no podrá garantizarse el empalme de estructuras.

Para la protección de capas de base de los espacios públicos proyectados, se deberá implementar una serie de geodrenes tipo planar adosados y conectados a los canales diseñados, en la disposición y configuración mostrada en planos.

Fueron dispuestos sumideros para el drenaje vial y de espacios públicos, así como predios aledaños; esto por medio de escorrentía superficial hacia estos elementos, los cuales se disponen del tipo prefabricado. La distancia relativamente corta entre sumideros se debe a las bajas pendientes del terreno en la mayoría del proyecto.

Los periodos de retorno altos empleados en el diseño permiten prever condiciones críticas, asociadas al cambio climático; además, las dimensiones mínimas de los canales de 50cm x 50cm permiten garantizar condiciones óptimas de mantenimiento, así como aumentos de caudales por endurecimientos de zonas aledañas, lo cual es previsible en base al desarrollo urbanístico de la zona.