MEJORAMIENTO VIAL PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ CON EL CORREDOR DEL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

ELABORADO POR:

CARLOS ANDRES DOMINGUEZ GOMEZ

ABRIL 16 DE 2025

Proyecto:	**CORREDOR DEL NORTE**
Dirección:	Ibagué - Tolima

CUADRO DE CONTROL						
Version	**Elaboró**	**Fecha**	**Revisó**	**Fecha**	**Aprobó**	**Fecha**
0		15/03/2025	.	16/04/2025		
1						
2						
3						
4						

Versión	**Descripción de la modificación**
0	
1	
2	
3	
4	

TABLA DE CONTENIDO MEMORIA DE CÁLCULO

Tabla de contenido

MEJORAMIENTO VIAL PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ CON EL CORREDOR DEL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA 1

TABLA DE CONTENIDO MEMORIA DE CÁLCULO 2

Metodología 4

Objetivos y Alcances 4

1.1 Objetivos 4

1.2 Alcances 5

1.3 Alcance Específico del Estudio Climático 5

Definiciones 5

Localización del proyecto 7

Recopilación y análisis de información existente 8

Análisis de redes de alcantarillado combinado Red Combinada 9

Hidrología **10**

Clima Regional Zona Andina **10**

Análisis de precipitaciones **11**

Valores de precipitación para distintos periodos de retorno **12**

Curva IDF **16**

Estimación de caudales – Método Racional **17**

Fórmula del Método Racional **17**

Coeficiente de escorrentía **19**

Método Racional **20**

Conclusiones- **21**

Metodología

El estudio hidrológico se dirigió a definir las principales características climatológicas de la zona, a nivel mensual multianual, tales como precipitación total mensual, máxima en 24 h.

Adicionalmente, se encaminaron a determinar caudales de escorrentía superficial identificables en restituciones aerofotogrametrías en escala 1:25.000 y 1:100.000 que cruzarán el proyecto y que sean tenidas en cuenta al momento del desarrollo.

Para el caso de las redes húmedas, se realiza un ajuste temporal a la normativa aplicable al momento y se realizan los cálculos y/o modelaciones de forma paralela para determinar el funcionamiento de la red.

Para áreas de drenaje menores a 2.5 km² se utilizó el método racional.

I. DESARROLLO

Objetivos y Alcances

1.1 Objetivos

En este volumen se tiene por objeto presentar el CHEQUEO Y OPTIMIZACION DE LAS REDES DE LA CARRERA 9 - 14 DESDE LA CALLE 123 HASTA LA 171 DE LA COMUNA 7 DE LA CIUDAD DE IBAGUE , el cual tiene como fin analizar el funcionamiento del sistema y generar conclusiones del mismo.

Un objetivo principal es identificar y cuantificar las condiciones climáticas e hidrológicas existentes en el área de influencia del proyecto, con el fin de evaluar el impacto generado por los procesos de escorrentía. Para ello, los estudios se han centrado en el cálculo del caudal máximo instantáneo asignado a un periodo de retorno específico, la hidráulica del flujo para en las secciones correspondientes, analizando el comportamiento de este último dentro de las primeras.

Otro objetivo de gran importancia consiste en el cálculo de las condiciones hidro climatológicas que se encontraran durante el proceso constructivo, con el fin de que puedan proyectar adecuadamente sus rendimientos y optimizar su trabajo, mediante el análisis de su incidencia en las actividades de construcción y mantenimiento del proyecto.

1.2 Alcances

A continuación, se especifican los alcances específicos de cada estudio, sin embargo, para esta unidad funcional se debe tener en cuenta lo siguiente:

1.3 Alcance Específico del Estudio Climático

Conocer el comportamiento temporal, a nivel mensual y anual multianual, de la precipitación total, máxima en 24 h, para definir las estructuras de drenaje vial y determinar las condiciones climáticas existentes.

Definiciones

- **ANÁLISIS DE FRECUENCIA**: Estimación de los caudales máximos con diferentes intervalos de recurrencia.
- **CAUDAL**: Tasa de flujo de una corriente por unidad de tiempo, generalmente expresada en metros cúbicos por segundo.
- **CAUDAL DE BANCA LLENA**: caudal que, en promedio, llena un canal hasta el punto de desborde. Comúnmente considerado como el caudal medio anual (Q2.33) o caudal con período de retorno 2 a 3 años.
- **CAUDAL DE DISEÑO**: Tasa máxima de flujo para la que una estructura hidráulica está diseñada y por lo tanto se espera que no exceda las dimensiones adoptadas.
- **CAUDAL MÁXIMO ANUAL**: El caudal máximo pico momentáneo en cada año de registro. **CAUDAL MEDIO ANUAL**: Creciente anual máxima con período de retorno de 2.33 años.
- **CAUDAL PICO O MÁXIMO**: Tasa máxima de flujo de agua que pasa por un punto dado como resultado de un evento de lluvia o fusión de nieve.
- **CONDICIONES DE HUMEDAD ANTECEDENTES (AMC):** Condiciones de humedad del suelo de las cuencas hidrográficas en el comienzo de una tormenta. Estas condiciones afectan el volumen de escorrentía generada por un evento de tormenta en particular.
- **CUENCA O ÁREA DE DRENAJE**: Área medida en un plano horizontal, que está encerrado por una divisoria de drenaje.

- **CUENCA CON INFORMACIÓN**: Cuenca que en el sitio en cercanías posee una estación de aforo tal que el registro de caudales es suficiente para ser analizado estadísticamente con el objeto de estimar los caudales máximos.
- **CUENCA SIN INFORMACIÓN**: Cuenca en donde no se disponen de registros de caudal.
- **CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES**: Curva de frecuencia acumulada que muestra el porcentaje del tiempo que los caudales son igualados o superados.
- **EXCESO DE LLUVIA-ESCURRIMIENTO**: Agua disponible para la escorrentía después de un almacenamiento de interceptación, evapotranspiración e infiltración.
- **FLUJO EN UNA CORRIENTE** DE AGUA: Movimiento de agua y sedimentos al ser transportados por una corriente.
- **FRECUENCIA DE CRECIENTES**: Intervalo de retorno o intervalo de recurrencia que sirve de base para definir el caudal de diseño.
- **GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO**: Conjunto de los suelos que tienen un potencial de escurrimiento similar bajo una tormenta y unas condiciones de cobertura similares
- **HIDROGRAMA UNITARIO**: Hidrograma de escorrentía directa resultante de un evento de lluvia que tiene una distribución específica temporal y espacial. El evento de lluvia tiene unidad de volumen.

- **HIDROLOGÍA**; Ciencia que estudia la circulación, distribución y las propiedades de las aguas de la tierra y su atmósfera.
- **HIETOGRAMA**: Gráfico de la distribución temporal de las precipitaciones en una estación o cuenca.
- **IMPERMEABLE**: Superficie que no permite la infiltración de agua. INFILTRACIÓN: Parte de la lluvia que penetra en el suelo.
- **INTERCEPCIÓN**: Almacenamiento de las precipitaciones en el follaje y otras superficies durante un evento de lluvia.
- **INTENSIDAD**: Tasa de precipitación sobre la cuenca, por lo general expresado en milímetro por hora.
- **INUNDACIONES**: Acontecimiento que desborda la sección de flujo normal o de escorrentía de un canal o corriente.
- **PERMEABILIDAD**: Característica de un material que permite el movimiento apreciable de agua a través de él cuando está saturado.
- **PRECIPITACIÓN**: Proceso por el cual el agua en estado líquido o sólido cae desde la atmósfera. La precipitación incluye lluvia, nieve, granizo, aguanieve y es, por tanto, un término más general que la lluvia.
- **PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA**: Probabilidad de que se produzca una inundación aleatoria que excederá una magnitud especificada (caudal o precipitación) en un periodo de tiempo determinado (años).

- **REGISTRO DE CAUDAL MÁXIMO**: Caudal máximo estimado o medido que se ha producido en un sitio.
- **SUELO PERMEABLE**: Suelo que contiene huecos por donde el agua se moverá bajo presión hidrostática.
- **TIEMPO DE CONCENTRACIÓN**: Tiempo que tarda el agua desde el punto más lejano para llegar a un punto de descarga.
- **TIEMPO DE REZAGO O RETRASO**: Tiempo comprendido desde el centro de gravedad de las lluvias en exceso hasta la cima del hidrograma.
- **TORMENTA DE DISEÑO**: Tormenta seleccionada de una frecuencia dada (intervalo de recurrencia) que se utiliza para el diseño de un sistema pluvial. La tormenta de diseño está definida por una duración, una determinada cantidad de precipitaciones, una distribución espacial y una distribución del tiempo utilizado para estimar la escorrentía. La cantidad de lluvia es o bien una determinada frecuencia (25, 50 años, etc.).
- **TRANSITO CRECIENTES**: El proceso por el cual un hidrograma de flujo de la corriente es matemáticamente trasladado a otra sección aguas abajo del sitio, teniendo en cuenta el efecto del almacenamiento de canal o embalse.
- **USO DEL SUELO**: Término que se refiere tanto a las características físicas de la superficie de la tierra como a las actividades humanas que en ella se desarrollan.

Localización del proyecto

El proyecto planteado se encuentra ubicado en el municipio de Ibagué perteneciente al Departamento del Tolima.

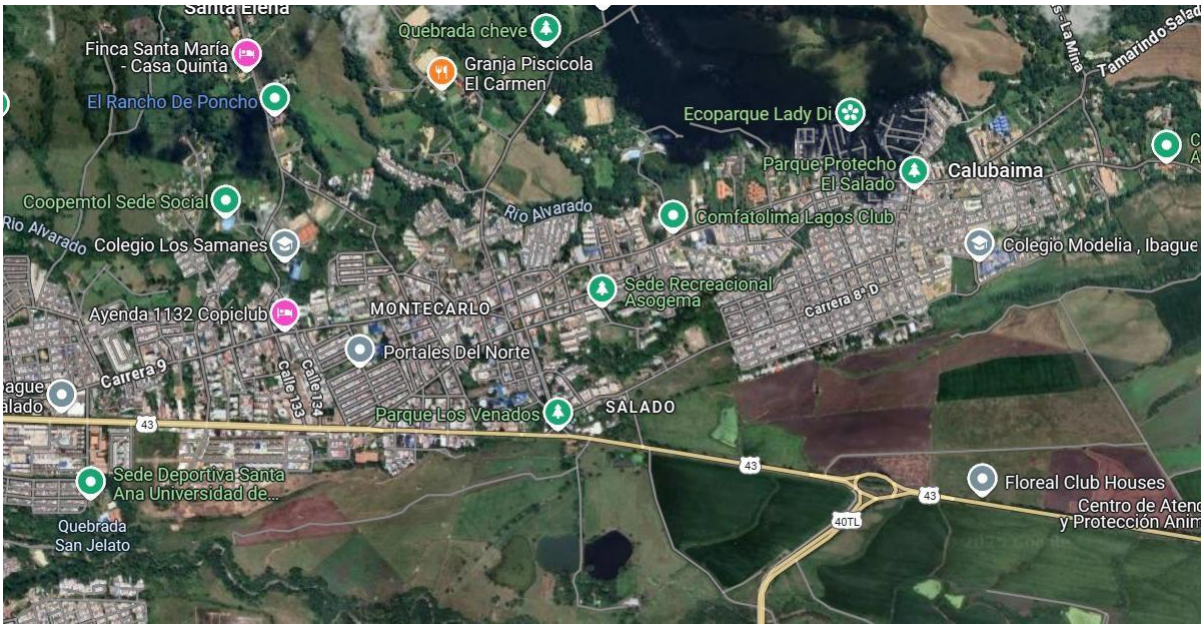


Ilustración 1. Localización del proyecto.

Recopilación y análisis de información existente

El estudio se realizó con información secundaria recopilada en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC y en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, complementada con información primaria recolectada durante el trabajo de campo.

Valores medios mensuales de precipitación total mensual, máxima en 24 h, temperatura media del aire, tomados de datos del IDEAM en la zona de proyecto, representativos de la climatología, y con un período de registro de suficiente longitud para poder tener una buena confiabilidad en los datos climatológicos resultantes.

Tanto la información secundaria como la primaria se analizaron según los procedimientos estadísticos y matemáticos requeridos.

Es de enfatizar el hecho que los análisis han sido racionalmente conservadores, con el fin para tener en cuenta el cambio climático global que se está presentando en el mundo, en el cual los valores máximos cada día son más extremos (mayores precipitaciones concentradas en espacios cortos de tiempo, que causan a su vez caudales picos mayores en hoyas hidrográficas).

Para la revisión del sistema de acueducto y alcantarillado, el diagnostico se realiza bajo la siguiente información:

Análisis de redes de alcantarillado combinado

Red Combinada

En la comuna 7 de la ciudad de Ibagué, al tratarse de una zona limítrofe de la capital del departamento del Tolima, contiene redes de alcantarillado residual y combinado de grandes diámetros las cuales tienen como disposición los colectores Alvarado, El País, La chicha y chípalo, los cuales se encuentran dentro de las proyecciones realizadas por el plan maestro de alcantarilladlo desarrollando en el año 2021. Para el caso de estudio del presente documento, las redes proyectadas y existentes realizan su descarga al colector Alvarado el cual se encuentra en su punto final sobre el sector del puente del país.

Por otra parte, para la distribución espacial y asignación de la demanda, se realizó la consulta del mencionado plan, con el fin de que las redes proyectadas para optimización realicen su conexión a los puntos previstos por dicha consultoría que realizo los estudios del plan maestro de alcantarillado.

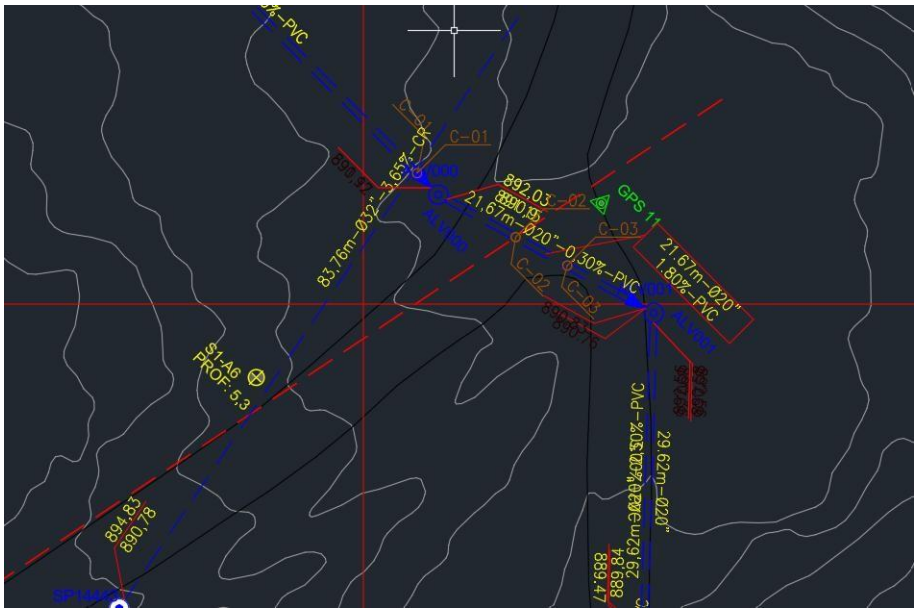


Ilustración 2. Modelación hidráulica red de acueducto

Para el diagnostico de la infraestructura existente y el calculo de caudales, se tomo como referencia el catastro de redes, suministrado por el IBAL S.A E.S.P, para análisis de coberturas se toma como referencia las imágenes satelitales disponibles. Los parámetros hidrológicos son calculados conforme a lo mencionado con anterioridad con información del IDEAM.

Hidrología

Para el análisis climático de la zona de estudio y las áreas de drenaje aferentes a ésta, se recopiló la información de la zona en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM . En la siguiente tabla se presenta el nombre, tipo y código de cada una de las estaciones representativas para este sector y sus características de localización y elevación, respectivamente para la estación. La zona de estudio cuenta con 1 estación con distancia al proyecto menor a 30 kilómetros lo que genera seguridad frente a los datos obtenidos, el intervalo de análisis es de 54 años entre 1971 a 2024.

COD	NOMBRE	CATEGORIA	TECNOLOGIA	ESTADO	FECHA_INST
N/A	AEROPUERTO PERALES	SC	Convencional	Activa	15/11/1970

COD	NOMBRE	altitud	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
N/A	AEROPUERTO PERALES	943.00	TOLIMA	IBAGUE

Tabla 1. Estación IDEAM

Se realizo el tratamiento de más de 19100 datos de precipitación diaria de la estación seleccionada, con lo anterior se obtienen las lluvias máximas multianuales, de lo que se concluye que existe homogeneidad entre la información.

Clima Regional Zona Andina

En la zona Andina concurren gran variedad de climas, debido a sus diferencias de altiplanicie tiene sus condiciones climáticas particulares, donde variables como el calor solar, los vientos, la humedad del aire, las lluvias y principalmente a la altitud la definen. En la región se tienen cinco pisos térmicos: cálido, templado, frio, páramo y helado, caracterizado por sus picos, nevados en sus cordilleras. En cuanto a las lluvias, hay dos épocas principales al año: de Abril a Mayo y de Octubre a Noviembre. Un determinante de la precipitación es la temperatura sobre la región en estos periodos, ya que cuando la tierra recibe más calor, aumenta la temperatura y por consiguiente el régimen de lluvias. Otra causa de las precipitaciones en la región es la humedad que traen consigo los vientos procedentes de los Océanos Pacifico y Atlántico y que es recibida en las vertientes exteriores de las montañas; los vientos del Pacifico empujan las nubes hacia la cordillera Occidental y al encontrar esta barrera ascienden, al llegar capas de aire más frías, se condensan y se convierten en pequeñas gotas de lluvia, las cuales se precipitan sobre la vertiente exterior de la cordillera. El departamento del Tolima cuenta con pisos térmicos desde los cálidos,

hasta las nieves. Sus principales alturas son el Nevado del Tolima, con temperaturas muy frías de los páramos (cordillera central), la temperatura disminuye cuando aumenta la altura sobre el nivel del mar, más o menos a una tasa de 0,53 grados centígrados por cada 100 metros de ascenso (5,3"C/Km). Los sectores más lluviosos. La precipitación promedio de 700mm al año.

Análisis de precipitaciones

Para la recopilación de datos de precipitación se utilizaron las estaciones mostradas en la tabla. Los datos de las estaciones fueron descargados del Geo Portal del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la CVC teniendo en cuenta las estaciones más cercanas a la zona, sus datos se presentan a continuación. por otra parte, se realizó la verificación relacionada a que los datos faltantes de cata estación no deben superar el 8% del total de la muestra.

AÑO	VALOR
1971	69.4
1972	77.3
1973	120.2
1974	66.8
1975	79.4
1976	64
1977	87.5
1978	76.1
1979	65.7
1980	83.7
1981	67
1982	57.8
1983	107
1984	81
1985	61
1986	68.2
1987	73.4
1988	66.5
1989	132
1990	58
1991	58.4
1992	58.5
1993	75.8
1994	61
1995	89.3
1996	90.6
1997	76.4

1998	78.4
1999	68.8
2000	65.1
2001	65.2
2002	83
2003	80.8
2004	85.7
2005	79
2006	78.2
2007	78.6
2008	81
2009	57.5
2010	92.7
2011	72.9
2012	64.7
2013	70.3
2014	67.8
2015	54.7
2016	96
2017	81.6
2018	103.7
2019	125
2020	47.2
2021	71.1
2022	80
2023	63.8
2024	118.2

Tabla 2. Precipitaciones máximas multianuales

Con el análisis de 54 años de valores de precipitación, se obtuvo las precipitaciones máximas para cada una las estaciones.

Valores de precipitación para distintos periodos de retorno

Mediante el software AFINS 2.0, se realiza en análisis estadístico mediante diversos métodos para obtener las lluvias máximas diarias para periodos de retorno entre 5 y 100 años.

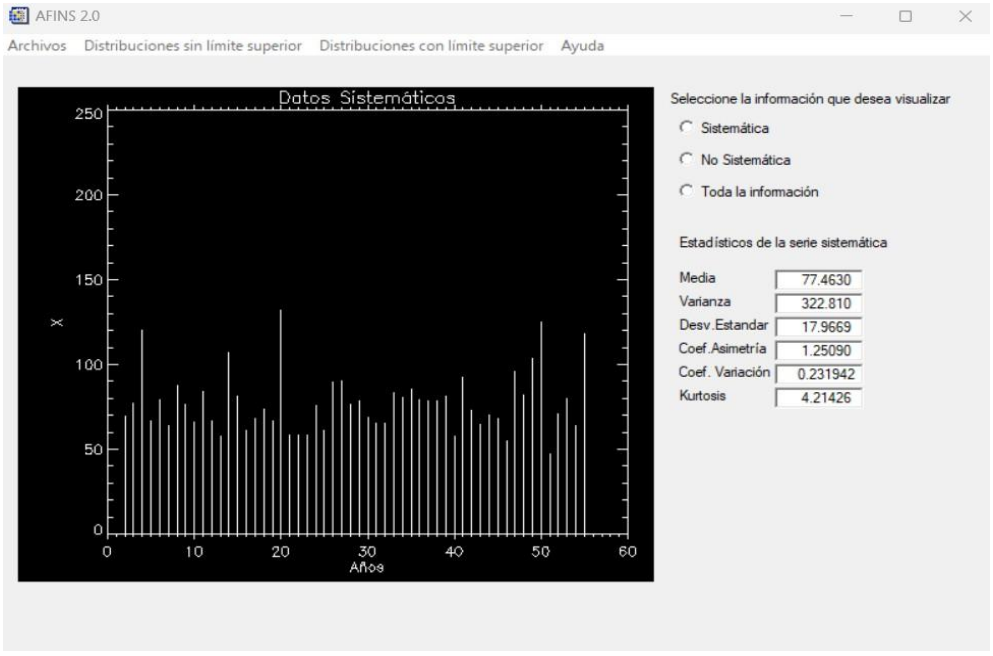


Ilustración 3.Datos Estadísticos Estación Aeropuerto Perales

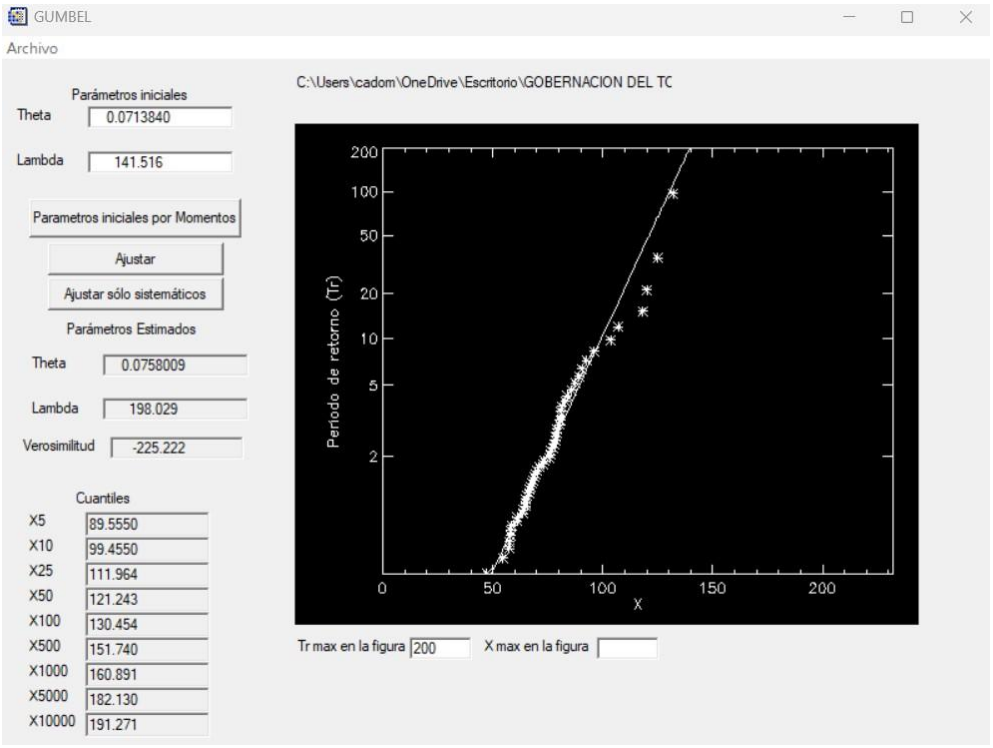


Ilustración 4.Método de Gumbel.

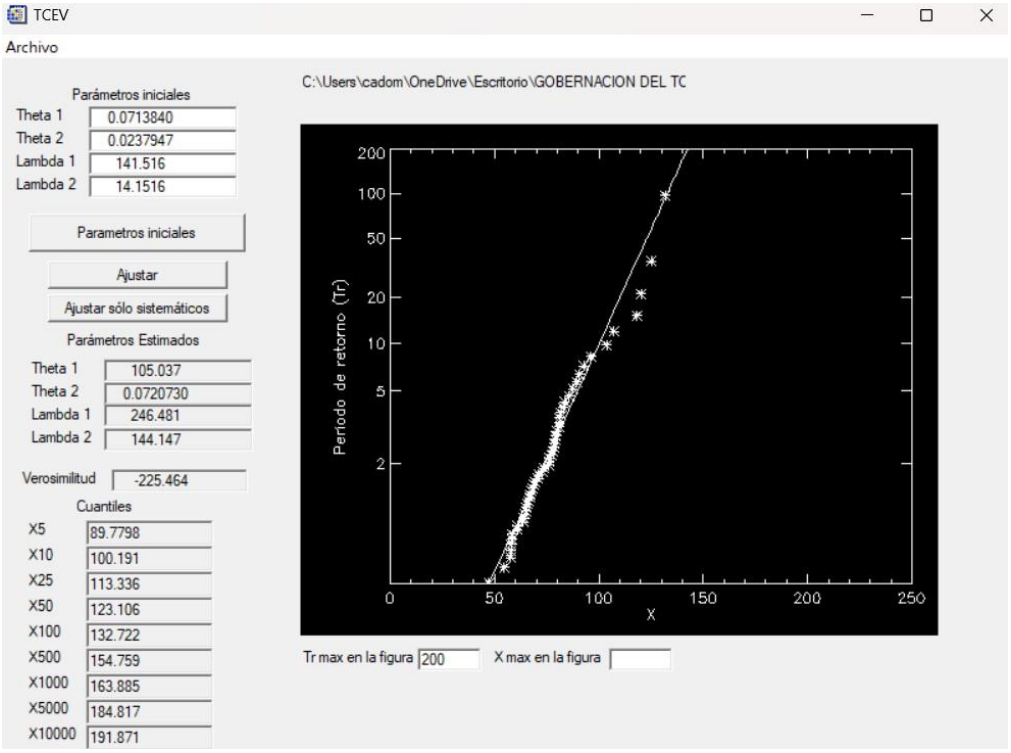


Ilustración 5.Método Tcev

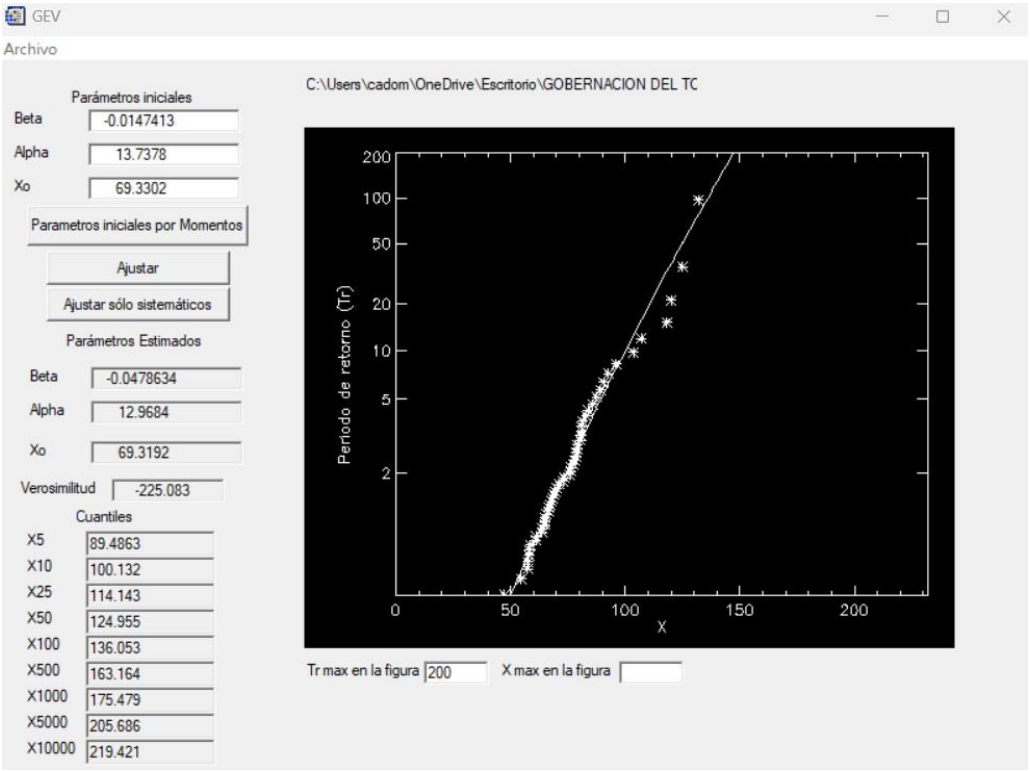


Ilustración 6.Método Gev

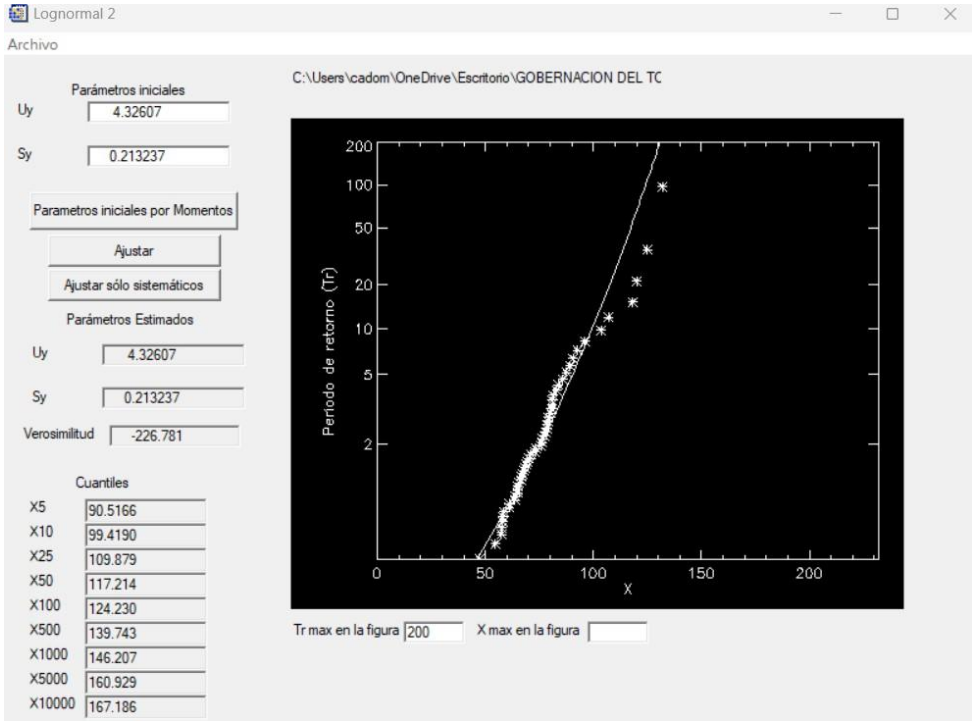


Ilustración 7.Método Lognormal 2.

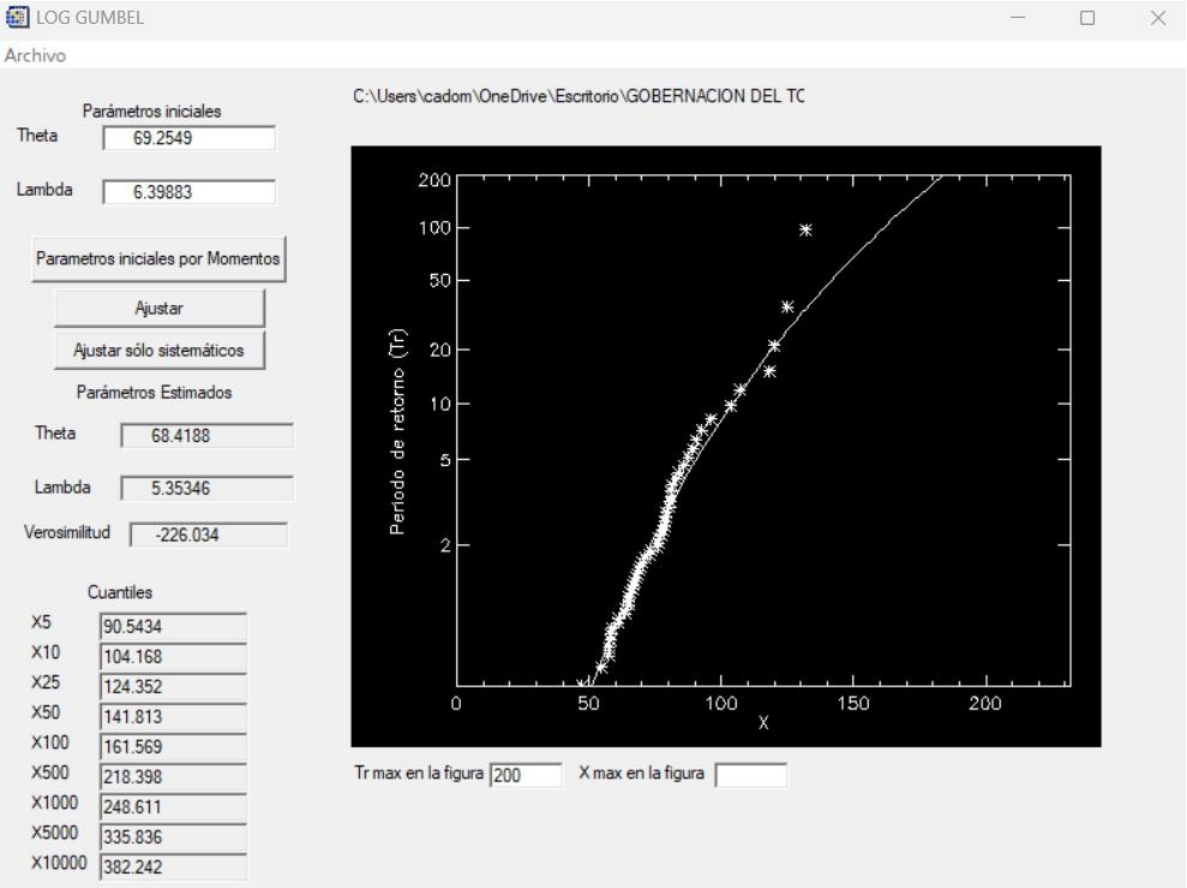


Ilustración 8.Método Log gumbel

Curva IDF

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	**Duración en minutos**											
años	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**	**60**
2	114.53	74.71	58.19	48.73	42.47	37.96	34.52	31.79	29.56	27.70	26.12	24.76
5	128.78	84.00	65.42	54.79	47.75	42.68	38.81	35.74	33.24	31.15	29.37	27.84
10	140.72	91.79	71.49	59.87	52.18	46.63	42.41	39.06	36.32	34.04	32.10	30.42
25	158.21	103.20	80.38	67.32	58.67	52.43	47.68	43.91	40.84	38.27	36.09	34.20
50	172.88	112.77	87.83	73.56	64.11	57.29	52.10	47.98	44.62	41.82	39.43	37.37
100	188.91	123.23	95.98	80.38	70.05	62.61	56.93	52.43	48.76	45.70	43.09	40.84
500	232.10	151.40	117.92	98.76	86.07	76.92	69.95	64.42	59.91	56.14	52.94	50.17

Tabla 3. Curva IDF

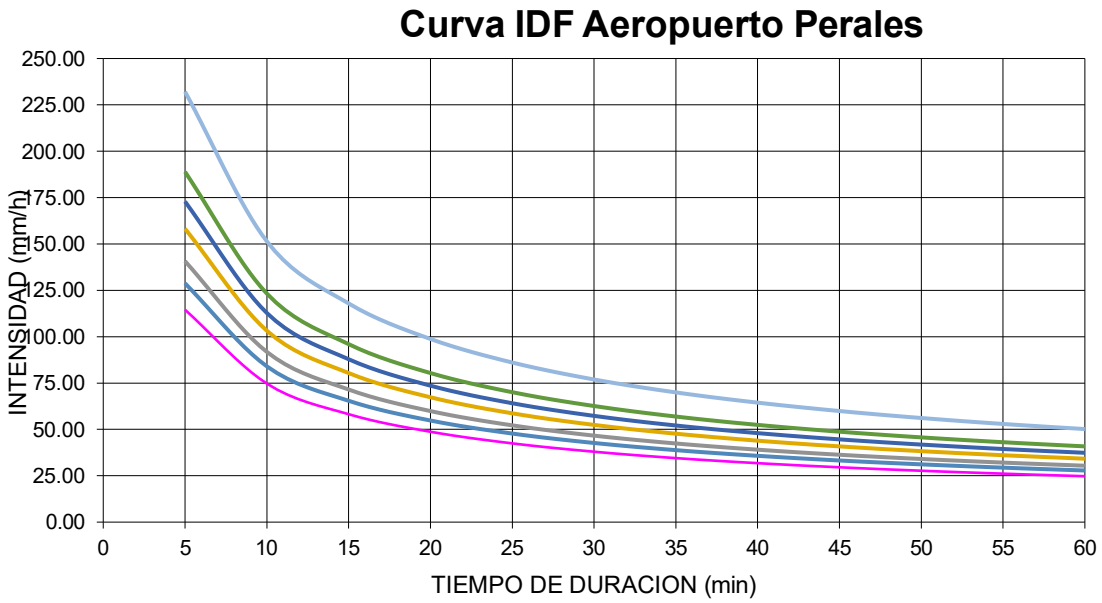


Ilustración 9. Curva IDF Peña Mona.

Estimación de caudales – Método Racional

El método racional es una técnica ampliamente utilizada para estimar el caudal pico de escorrentía superficial proveniente de una cuenca hidrográfica pequeña y urbanizada durante un evento de lluvia. Es especialmente útil en la planificación y diseño de sistemas de drenaje para carreteras, urbanizaciones, y pequeñas cuencas hidrográficas. Este método es más preciso para cuencas menores de 80 hectáreas

Fórmula del Método Racional

$$Q = C\ x\ I\ x\ A$$

Ecuación 1. Método Racional.

Donde:

- Q es el caudal pico de escorrentía (en metros cúbicos por segundo, m³/s, o

en pies cúbicos por segundo, cfs, dependiendo del sistema de unidades.

- C es el coeficiente de escorrentía, un número sin dimensiones que representa la fracción de la precipitación de la cuenca (como impermeabilidad, cobertura del suelo, uso del suelo, pendiente y condiciones de humedad).
- I es la intensidad de la lluvia (en milímetros por hora, mm/h, o en pulgadas por hora, in/h), correspondiente al tiempo de concentración de la cuenca.
- A es el área de la cuenca (en hectáreas, ha, o en acres), sobre la cual se distribuye uniformemente la lluvia.

Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es una relación entre la precipitación y la cantidad de agua que escurre, este varía según el tipo de suelo, su uso y demás factores físicos e hidrológicos. La importancia del coeficiente de escorrentía radica en que representa la rugosidad e infiltración que puede tener un terreno, afectando el agua que escurre por este y su velocidad. Para la asignación del coeficiente a utilizar en el método racional, se tomó la tabla de coeficientes de Prevert (1986), quien tiene en cuenta, además de la pendiente y la cubierta vegetal, el tipo de suelo. La metodología de cálculo se observa en la siguiente tabla.

Uso del suelo	Pendiente (%)	Textura del suelo (%)		
		Arenos-limoso Limoso-arenoso	Limoso Limoso-arcilloso	Arcilloso
Bosque	0 – 5	0,10	0,30	0,40
	5 – 10	0,25	0,35	0,50
	10 – 30	0,30	0,40	0,60
	> 30	0,32	0,42	0,63
Pastizal	0,15	0,15	0,35	0,45
	5 –10	0,30	0,40	0,55
	10 – 30	0,35	0,45	0,65
	>30	0,37	0,47	0,68
Cultivo agrícola	0 – 5	0,30	0,50	0,60
	5 – 10	0,40	0,66	0,70
	10 – 30	0,50	0,70	0,80
	> 30	0,53	0,74	0,84

Tabla 4. Coeficientes de Esconrrentía Prevert (1986).

Para los coeficientes de escorrentía adoptados para los cálculos de caudales para cada una de las estructuras, se adoptó la ortofoto del proyecto en conjunto con la metodología corine land cover (CLC).

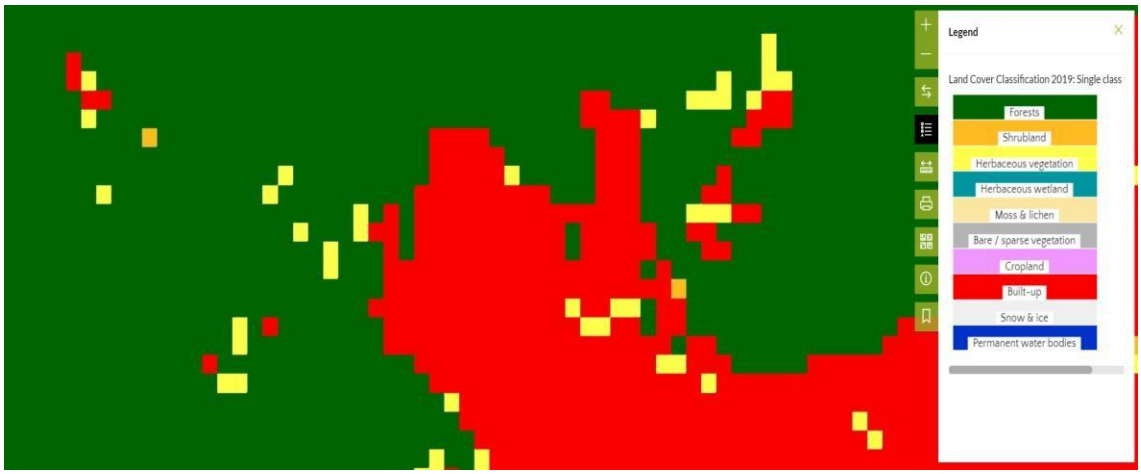


Ilustración 10. Clasificación zona de estudio- Fuente: CLC.

Método Racional

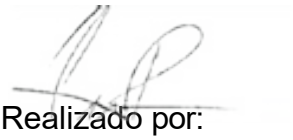
Su implementación se recomienda en cuencas pequeñas, ya que se considera que llueve con la misma intensidad en toda la cuenca por un tiempo determinado. El manual de drenaje recomienda en su capítulo 2.5.5 que se calcule el caudal por método racional área únicamente en cuencas con un área menor a 2.5 km2. Para efectos del presente informe se utiliza el método racional. Teniendo en cuenta lo anterior, se calculan los caudales para los distintos periodos de retorno.

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Ilustración 11. Periodos de retorno para sistemas de alcantarillado

Conclusiones-

1. Los caudales calculados fueron estimados mediante el método racional conforme a la normativa nacional gente.
2. Los sumideros localizados y propuestos, se encuentran delimitados conforme a la NS-047 de la EAAB en su última versión (año 2024)
3. La instalación de las redes debe realizarse conforme al proceso constructivo propuesto para el proyecto.



Realizado por:

Carlos Andres Dominguez Gomez

Ingeniero Civil

Especialista Hidraulico