ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

"CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA", PARA LA JURISDICCIÓN DE MUNICIPIO DE IBAGUE SOBRE LA VÍA TERCIARIA SAN BERNARDO-SAN JUAN DE LA CHINA, DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ, EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA".

ELABORADO POR:

CARLOS ANDRES DOMINGUEZ GOMEZ

SOLICITANTE:
GOBERNACION DEL TOLIMA

FEBRERO DE 2025

CUADRO DE CONTROL						
Version	**Elaboró**	**Fecha**	**Revisó**	**Fecha**	**Aprobó**	**Fecha**
0	Carlos Dominguez.	20/02/2025	Carlos Dominguez	24/12/2024		20/02/2025
1						
2						
3						
4						

Versión	Descripción de la modificación
0	Memoria de estudio hidrológico e hidraulico.
1	
2	
3	
4	

Objetivos y Alcances

Objetivos

En este volumen se tiene por objeto presentar el análisis hidrológico e hidráulico del proyecto CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA", PARA LA JURISDICCIÓN DE MUNICIPIO DE SAN ANTONIO VÍA QUE COMUNICA LA CABECERA MUNICIPAL CON LA VEREDA VILLAHERMOSA, DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO, EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, el cual tiene como fin determinar y diseñar el drenaje vial del mencionado sector.

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 de las corrientes, 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 del proyecto.

Alcances

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

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 que permitan una adecuada planeación de su construcción y operación

Alcance específico del Estudio Hidrológico

El estudio hidrológico tiene como objetivos específicos:

Identificar todos los cuerpos y cursos de agua que cruzan el proyecto. Determinar las cuencas de los ríos, quebradas. calculando para cada una de éstas el área de drenaje de las mismas y la longitud y elevaciones máximas y mínimas del cauce principal.

Cuantificar los caudales máximos instantáneos para las corrientes, con el fin de conocer el comportamiento hidrológico de las mismas. En relación con caudales máximos se realiza la evaluación de esta variable hidrológica, para períodos de retorno variables, adecuados a la magnitud del proyecto.

Alcance específico del Estudio Hidráulico

Dimensionar las estructuras de drenaje en el corredor vial, desde su localización, longitud y propiedades geométricas.

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 de Ataco en el Departamento del Tolima.



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).

Metodología

En primer término, los estudios hidrológicos se dirigieron 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 en las diferentes corrientes de agua 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.

Con base en las restituciones aerofotogrametrías del IGAC existentes para la zona, se determinaron las principales características geométricas de las hoyas hidrográficas, las cuales fueron complementadas a través de visitas a campo para definir las características morfológicas de las referidas cuencas, que sirvieron para determinar, entre otros, la respuesta a eventos de precipitación extrema en términos de escorrentía superficial. Se definieron para esto características desde el punto de vista de suelo, vegetación, etc.

Para beneficio del proyecto, se cuenta con una estación pluviométrica a una distancia menor a 30 kilometros.

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

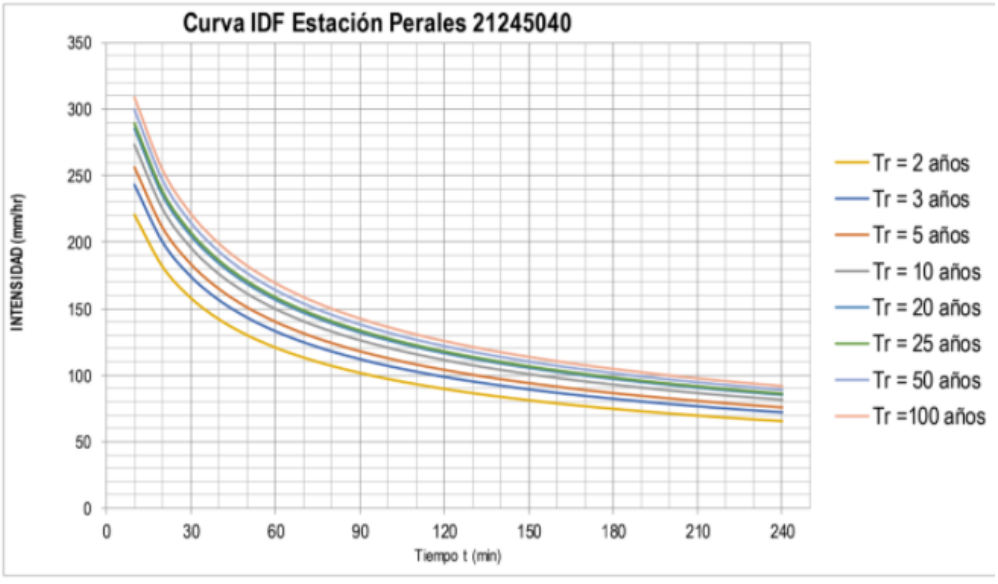
Análisis de lluvias

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 40 años entre 1985 a 2024.

Parámetros Hidráulicos e hidrológicos Estación Perales

RESULTADOS INTENSIDADES LLUVIAS POR PERIODO DE RETORNO (mm/hr)

DATOS	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tr = 2 años	220,92	181,85	158,40	142,31	130,38	121,09	113,57	107,33	102,03	97,47
Tr = 3 años	243,30	200,27	174,44	156,72	143,59	133,35	125,07	118,19	112,37	107,34
Tr = 5 años	256,08	210,79	183,61	164,96	151,13	140,35	131,64	124,41	118,27	112,98
Tr = 10 años	272,81	224,56	195,60	175,73	161,00	149,52	140,24	132,53	125,99	120,36
Tr = 20 años	285,83	235,28	204,93	184,12	168,69	156,66	146,93	138,86	132,01	126,11
Tr = 25 años	289,50	238,30	207,57	186,48	170,86	158,67	148,82	140,64	133,70	127,73
Tr = 50 años	299,72	246,71	214,89	193,06	176,89	164,27	154,07	145,60	138,42	132,23
Tr =100 años	308,56	253,99	221,23	198,76	182,10	169,11	158,62	149,90	142,50	136,13



PARAMETROS HIDROLÓGICOS ZONA 1

Para determinar la intensidad de la lluvia, puede ingresarse los parámetros C1, Xo y C2 determinados a través de un análisis de lluvia-escorrentía con el fin de obtener una curva IDF (Curva Intensidad - Duración - Frecuencia) ó un valor promedio de la intensidad conocido, por favor seleccione la metodología a usar:

Metodología
Valor dado de intensidad (mm/h)

◄ Elija

Valor dado de la intensidad (promedio o conocida):	Valores determinados a partir de un análisis de lluvia-escorrentía :

Intensidad de la lluvia [mm/h]	180.4
Periodo de retorno [años]	5

◄ Elija

$$INTENSIDAD = C_1 * (DURACIÓN + X_0)^{C2}$$

Periodo de retorno [años]	5
Duración del aguacero [horas]	0.16
C1	2558.88
Xo	17.5
C2	-1.01

◄ Elija

PARAMETROS HIDROLÓGICOS ZONA 2

Para determinar la intensidad de la lluvia, puede ingresarse los parámetros C1, Xo y C2 determinados a través de un análisis de lluvia-escorrentía con el fin de obtener una curva IDF (Curva Intensidad - Duración - Frecuencia) ó un valor promedio de la intensidad conocido, por favor seleccione la metodología a usar:

Metodología
Valor dado de intensidad (mm/h)

◄ Elija

Valor dado de la intensidad (promedio o conocida):	Valores determinados a partir de un análisis de lluvia-escorrentía :

Intensidad de la lluvia [mm/h]	180.4
Periodo de retorno [años]	5

◄ Elija

$$INTENSIDAD = C_1 * (DURACIÓN + X_0)^{C2}$$

Periodo de retorno [años]	5
Duración del aguacero [horas]	0.16

◄ Elija

C1	2558.88
Xo	17.5
C2	-1.01

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Características de la Calzada

Ancho de la calzada [m]	5	
Tipo de bombeo de la vía	Bombeo a un solo lado de la vía	◄ Elija

Material de la calzada	0,014	Pavimento en concreto – Acabado con llana de madera o de cepillo	◄ Elija

¿ Tiene sardinel ¿	SI	◄ Elija
Altura del sardinel Hc [m]	0,1	

Tiene cuneta	NO	◄ Elija	
Ancho de la cuneta triangular W [m]	0,6096		
Profundidad de la cuneta Ds [m]	0,0508		
Material de la cuneta	0,012	Cuneta en concreto – Acabado con llana	◄ Elija
Pendiente transversal de la cuneta Sw [m/m]	0,083		

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. Coeficientes de Esconrrentía Prevert (1986)

Estimación de Caudales

Alcantarilla	Área de drenaje	Fracción Área de drenaje 1	Tipo de Area de drenaje No 1	Coeficiente de escorrentía No 1	Fración Área de drenaje No 2
No	A [Ha]	[ ]		C [ ]	[ ]
ALC1	0.036	0.75	Superficies en Concreto	0.95	0.25
ALC2	0.038	0.75	Superficies en Concreto	0.95	0.25
ALC3	0.07	0.75	Superficies en Concreto	0.95	0.25
ALC4	0.07	0.75	Superficies en Concreto	0.95	0.25
ALC5	0.07	0.75	Superficies en Concreto	0.95	0.25
ALC6	0.07	0.75	Superficies en Concreto	0.95	0.25
ALC7	0.07	0.75	Superficies en Concreto	0.95	0.25

Tabla 1. Calculo de Caudales

Conclusiones-

i. Se proporciona una evaluación exhaustiva del comportamiento hidrológico de las corrientes dentro del área del proyecto. Esto incluye el cálculo de caudales máximos instantáneos, considerando

diferentes periodos de retorno, lo cual es crucial para el diseño y la planificación adecuada de la vía.

ii. Los datos históricos de precipitación analizados y el coeficiente de escorrentía aplicado (0.95) refuerzan la conclusión de que el diseño considerado es adecuado para manejar las condiciones pluviales esperadas, minimizando el riesgo de inundación y asegurando la operación de la vía.

iii. Se ajustaron todas las ODT Conforme a los puntos bajos, se podrá visualizar la implantación en los planos de diseño, se recomienda con el replanteo del proyecto ajustar las alturas de descarga.

iv. Se recomiendan filtros en ambos costados entiendo en cuenta las condiciones topográficas de las zonas, por bajas pendientes y por posibilidad de capilaridad desde los cultivos adyacentes a la vía.

Diseñado por:
Carlos Andres Dominguez Gomez

Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería Hidráulica y Ambiental