ESTUDIOS Y DISEÑOS HIDRÁULICOS :

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LOS SECTORES K14+000 AL K14+418, K13+700 AL K13+950 Y DEL K5+440 A K5+670 DE LA VÍA UBATÉ - LENGUAZAQUE EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

.



VIA UBATÉ - LENGUAZAQUE EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

CONSORCIO JOTA&C

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LOS SECTORES K14+000 AL K14+418, K13+700 AL K13+950 Y DEL K5+440 A K5+670 DE LA VÍA UBATÉ - LENGUAZAQUE EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.
.

INFORME DEFINITIVO V.0.

PRESENTADO:

CONSORCIO JOTA & C

PRESENTADO POR:
CONSORCIO JOTA&C.
CONTRATISTA DE OBRA

PEREIRA, MAYO DE 2025.

TÍTULO DEL DOCUMENTO	MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE VÍAS							
REFERENCIA	HIDRAULICOS							
REVISIÓN Y APROBACIÓN								
GRUPO DE TRABAJO	**CARGO**	**NOMBRE**	**FIRMA**	**REVISIÓN No**				**FECHA DE REVISIÓN**
				0	**1**	**2**	**3**	
	INGENIERO CIVIL	OLGA GISSELY REVELO LÓPEZ						
APROBACIÓN	ESPECIALISTA	ERWIN ANTONIO CELEDON						

VERSIONES Y MODIFICACIONES			
VERSIÓN No	**SOLICITUD DE LA MODIFICACIÓN**	**CAPÍTULO MODIFICADO**	**DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN**
			INFORME ORIGINAL

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN. 6
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 7
2.1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO: 7
2.1.1. Objetivos 7
2.1.2. Alcance de estudio 7
2.1.3. Metodología de estudio 8
2.1.4. Limitaciones: 8
3. ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO. 9
3.1. Estudio Hidrológico. 9
3.1.1. Metodología. 9
3.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 10
3.3. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA. (c) 12
3.4. ÁREAS AFERENTES (A) 13
3.5. INTENSIDAD (I) 13
3.6. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 14
3.7. PERIODO DE RETORNO (TR) 15
3.8. CLIMATOLOGIA. 15
3.9. ESTUDIOS DE HIDROLOGIA. 16
3.9.1. Estaciones en estudio.: 16
3.9.2. Análisis de lluvias y climatológico: 16
3.9.3. PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL MULTIANUAL : 18
3.10. CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA. 19
3.11. CAUDALES DE DISEÑO. 21
4. ESTUDIO HIDRÁULICO: 22
4.1. DISEÑO DE CUNETA. 23
4.1. SUBDRENAJE. 25
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 27
5.1. CONCLUSIONES 27
5.2. RECOMENDACIONES 27
5.3. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS ESPECIALISTAS. HIDRAULICOS. 28

LISTA DE FIGURAS.

Figura. 1 Localización sitio de estudio Fuente: Google Maps. 11
Figura. 2 Coeficientes de escorrentía para diferentes usos de suelos fuente (Suarez 2001)..... 12
Figura. 3 Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas IDF sintéticas para Colombia Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras. 2009 – INVIAS. 13
Figura. 4 Tiempos de concentración para distintos autores fuente: Manual de drenaje de carrteras del INVIAS. 14
Figura. 5 Periodo de retorno de diseño en obras de drenajes vial Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras del INVIA 15
Figura. 6. Zonas de estudio 16
Figura. 7 Resumen principal parametros pluviometricos. 17
Figura. 8 Precipitación total mensual multianual Estación Ubaté Granja 18
Figura. 9Precipitación total mensual multianual Estación Cucunubá 1. 19
Figura. 10 Curva IDF Estación Ubaté Granja 21
Figura. 11 Curva IDF Estación Cucunubá 1 21
Figura. 12 Cunemta tipo 24
Figura. 13 filtro longitudinal via. Tramo 1,2 y 3. 26

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Estaciones de precipitacion 16
Tabla 2 Resumen parametros M 20
Tabla 3 Caudales de diseño cunetas y descole Fuente: Elaboración propia 22
Tabla 4 Relaciones hidráulicas para las dimensiones de la cuneta. 24
Tabla 5 Caudales máximos de cuneta tipo para diferentes pendientes Fuente: Propia 24
Tabla 6 Chequeo de capacidad máxima contra caudal transportado por cuneta para el tramo 1 Fuente: Elaboración propia 25

1. INTRODUCCIÓN.

EL contratista de Obra **CONSORCIO JOTA & C** ha evidenciado el mal estado de los tramos a intervenir para el M**ejoramiento y Mantenimiento de los sectores k14+000 al k14+418, k13+700 al k13+950 y del k5+440 a k5+670 de la vía ubaté - lenguazaque en el Departamento de Cundinamarca**. Así pues, deciden contratar los estudios y diseños con ello mejorar las condiciones de accesibilidad y movilidad que representan una mejor calidad.

Este conjunto de volúmenes tratará sobre la escorrentía superficial, que es el fenómeno hidrológico más importante en todo proyecto vial desde el punto de vista de la ingeniería, debido a que de esta dependen tanto la estabilidad de la obra como la seguridad y comodidad de los usuarios de esta.

Es por eso que utilizando métodos hidrometeorológicos basados en modelos probabilísticos de mayor o menor complejidad que simulan el proceso lluvia-escurrimiento y acompañados de los datos históricos de lluvias y demás variables independientes medidos en la zona de estudio como las características geométricas, topográficas y de suelos, entre otros, los cuales son parámetros necesarios para realizar el estudio hidráulico que incluye el cálculo y diseño de las obras necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto dando cumplimiento tanto a los requerimientos técnicos de estudios y diseños de carreteras para para el tramo vial ubate lenguazaque**.**

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

2.1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO:

2.1.1. Objetivos

El objetivo primordial de este volumen es definir los parámetros necesarios para el diseño de pavimento para el mejoramiento de tramos críticos (alta pendiente, erosión), en vías secundarias, y establecer la estructura que será implantada en la vía objeto de estudio.

Los objetivos específicos son:

• Recopilar la información existente sobre estudios y diseños de la zona. Determinar los caudales de diseño para los puntos de importancia aprovechando los datos hidrológicos disponibles para la zona en estudio y teniendo en cuenta los periodos de retorno recomendados en el manual de obras de drenajes del INVIAS (2009).

• Identificar, ubicar y diseñar cada una de las obras necesarias para la adecuada conducción de la escorrentía superficial en la zona de influencia del proyecto dando cumplimiento a los requerimientos del proyecto y a la normativa existente

2.1.2. Alcance de estudio

Durante el análisis hidrológico que realizaremos en el desarrollo del presente estudio se hará uso del "Método Racional" para calcular los caudales de diseño ya que se pueden obtener datos cercanos a la realidad a partir de información limitada, aunque bajo cierto nivel de incertidumbre. El objetivo principal es realizar el estudio hidrológico de la zona de estudio y con base en ello realizar el diseño de las obras de drenaje de escorrentía superficial para garantizar la adecuada funcionalidad y protección de las obras a realizar. Dado que la topografía de la zona puede llegar a ser muy limitada, se tendrá como base lo expuesto en el *"*MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS, INVIAS*"*, la cual toma un ancho máximo de *impluvium* de 25.0m para el cálculo de las áreas aferentes que llegarán a la cuneta de las distintas zonas, así como una limitación en el periodo de retorno de estas de 5 años.

2.1.3. Metodología de estudio

A continuación, se describen cada una de las actividades llevadas a cabo en el desarrollo del estudio:

Se hace una investigación de las estaciones climáticas más cercanas a la zona del proyecto y se consolida una base histórica de precipitaciones máximas mensuales durante un periodo de tiempo suficiente para obtener información fidedigna que caracterice la cantidad de lluvia esperada en el sector y que pueda ser captada y conducida por los sistemas de drenaje superficiales de la vía. Luego, se realiza el cálculo de caudales de diseño para diferentes periodos de retorno y con el estudio hidráulico se determina a través de las curvas IPL la necesidad de intervención de estructuras hidráulicas existentes o construcción de estructuras nuevas.

2.1.4. Limitaciones:

La elección de los sitios donde se proyectan la construccion de la via hacen parte de una investigación profunda, donde se evitaron los sitios geológicamente inestables para evitar intervenciones en sitios de alto riesgo o afectaciones por fenómenos de remoción en masa. Igualmente se aclara que las labores de campo realizadas para la presentación de este documento se ciñen completamente a los parámetros expuestos dentro de la “MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS, INVIAS”, por lo que no se incluye aspectos adicionales que estén fuera del alcance de la guía.

El componente hidráulico como parte fundamental dentro de los estudios, diseños y posterior construcción de proyectos viales, contribuye con la vida útil de este tipo de estructuras al darle un correcto manejo a las aguas de escorrentía, minimizando así las probabilidades de ocurrencia de procesos erosivos tanto en la estructura como en la zona circundante a esta.

Las investigaciones y conclusiones consignadas en este informe se ciñen estrictamente a las características del proyecto. Cualquier variación deberá consultarse con el ingeniero responsable del presente estudio, para la ampliación o modificación. El ingeniero garante del presente estudio no se hace responsable por cualquier tipo de daño y/o sanción derivados de modificaciones efectuadas al proyecto sin la respectiva consulta.

3. ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.

3.1. Estudio Hidrológico.

La presencia de agua representa un factor detonante en la generación de procesos erosivos, el inicio de movimientos en masa y la detonación de las grandes avalanchas en las cuencas de alta montaña.

Los datos de precipitación fueron obtenidos con base en la información recopilada del sector; para el tramo de estudio se utilizaron las curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia), suministradas para la realización de este trabajo.

A continuación, se presenta la información necesaria para realizar el cálculo de los caudales de diseño de acuerdo con el método racional.

3.1.1. Metodología.

La mayoría de los métodos empíricos se han derivado del método racional y en la literatura americana se le menciona en Kuichling (1989). No obstante, otros autores citan que los principios básicos de este método fueron desarrollados por Mulvaney en Irlanda en 1851, el cual basa sus teorías en hallar un caudal a partir del porcentaje de lluvia en un área específica que se no se infiltra en el terreno, sino que discurre por el mismo, el cual emplea la fórmula descrita a continuación

$$Q = \frac{C * i * A}{3.6}$$

Donde:

Q: caudal en m^3/seg

C: coeficiente de escorrentía que depende de las características de la superficie del área aferente

i: intensidad de la lluvia medida en mm/h para un tiempo de concentración y un periodo de retorno dado.

A: área aferente a cada estructura en hectáreas

3.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto en estudio se encuentra en **LA VÍA UBATÉ - LENGUAZAQUE EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**. **K14+000 AL K14+418, K13+700 AL K13+950 Y DEL K5+440 A K5+670** Con las siguientes coordenadas:

Descripción	Coordenadas
K5+440 A K5+670	5°20'13"N 73°42'53"W
K13+700 AL K13+950	5°19'19"N 73°46'46"W
K14+000 AL K14+418	5°19'21"N 73°46'53"W

En la siguiente figura se presenta la ubicación local del proyecto.

- **K5+440 A K5+670**.



- **K13+700 AL K13+950**



- **K14+000 AL K14+418**

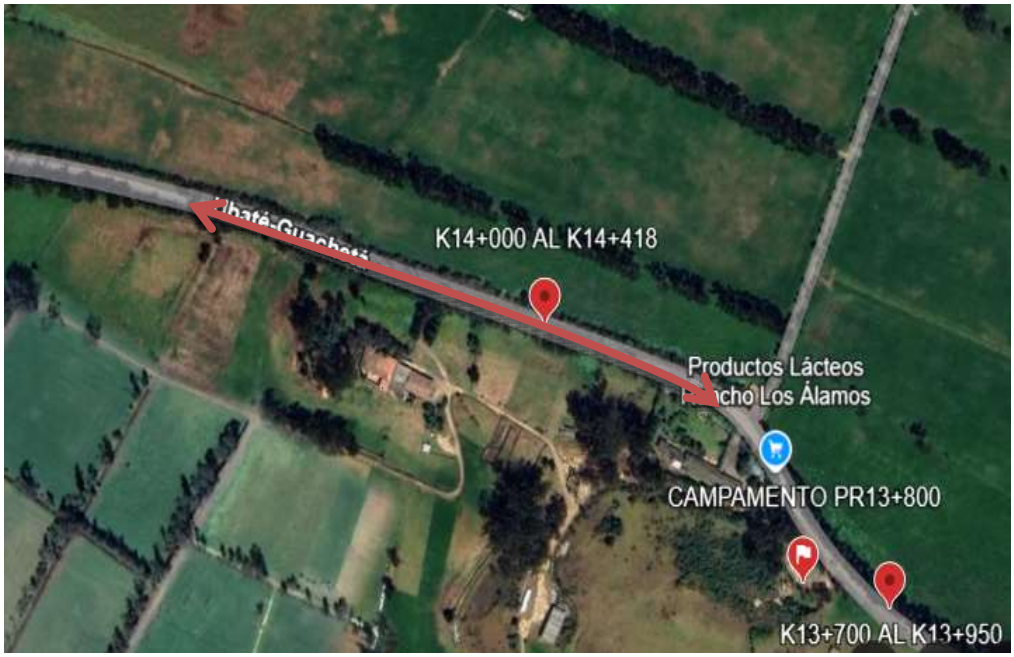


Figura. 1 Localización sitio de estudio Fuente: Google Maps.

3.3. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA. (c)

La determinación absoluta de este coeficiente es muy difícil ya que se pueden presentar situaciones que hacen que este varíe con el tiempo. Adicionalmente, las pérdidas por infiltración disminuyen con la duración de la lluvia debido a la saturación paulatina de la superficie del suelo, además, la infiltración puede ser modificada por la acción antrópica durante el desarrollo urbanístico del municipio como la tala de árboles y construcción de nuevos sectores residenciales y comerciales, o la pavimentación de la red vial del mismo.

Se aclara que para la determinación de la escorrentía en zonas rurales y como es mencionado a lo largo de este informe, se realiza con base en el escenario más crítico, es decir un valor cercano al 80% de las lluvias como escorrentía para las zonas duras como la calzada (berma-cuneta, enrocados placa-huellas), y un valor alrededor del 40% para zona boscosa del paisaje montañoso. Los valores citados previamente son conservadores y fueron tomados con base en la bibliografía existente.

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

Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con Autorización.

Figura. 2 Coeficientes de escorrentía para diferentes usos de suelos fuente (Suarez 2001)

3.4. ÁREAS AFERENTES (A)

Con el objetivo de calcular los caudales de diseño de las obras recomendadas para el control de escorrentía superficial y la verificación del comportamiento hidráulico de las estructuras existentes **(cunetas)** se divide el área aportante en unidades de subcuencas aferentes a cada estructura para el cálculo del tiempo de concentración con ayuda de las curvas IDF calculadas para la zona, las cuales permiten calcular la intensidad horaria de lluvia y la posterior aplicación del método racional.

3.5. INTENSIDAD (I)

Para definir la intensidad de la lluvia se requiere tener los tiempos de concentración (duración de la lluvia), los periodos de retorno, y la precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual.

El modelo utilizado para el cálculo de la curva IDF es el método simplificado propuesto en el "*manual de drenaje para carreteras de INVIAS (2009)":*

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

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 parámetros fueron regionalizados con base en los regímenes de lluvias de las zonas naturales colombianas.

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

Figura. 3 Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas IDF sintéticas para Colombia Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras. 2009 – INVIAS.

3.6. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Para determinar la Intensidad de la lluvia es necesario establecer el tiempo de concentración de esta, el cual se define como el periodo que se demora una gota de lluvia en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta la zona de interés. Para el cálculo del tiempo de concentración, existen diversos modelos matemáticos propuestos por diversos autores, cuyos estudios fueron realizados para climas diversos y para formas de cuenca muy variables, por lo que, en este estudio se realizan los cálculos por diferentes metodologías, se hace un análisis estadístico los resultados y se escoge el valor que más se adecue al proyecto:

AUTOR	FORMULA
KIRPICH	$t_C = 0.06628\left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$
JOHNSTONE Y CROSS	$t_C = 2.6\left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.5}$
GIANDOTTI	$t_C = \frac{4A^{0.5} + 1.5L}{25.3(LS)^{0.5}}$
VALENCIA Y ZULUAGA	$t_C = 0.658\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.671}$
VENTURA-HERAS	$t_C = 0.30\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.75}$
VEN TE CHOW	$t_C = 0.273\left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.64}$
USACE (Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos)	$t_C = 0.28\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$
CCP (California Culvert Practice)	$Tc = \left(\frac{162.63L^3}{H}\right)^{0.385}$
CLARK	$Tc = 0.335(A/S^{0.5})^{0.593}$
PILGRIM	$Tc = 0.76A^{0.38}$
TEMEZ	$Tc = 0.3(\frac{L^{0.25}}{S})^{0.76}$
U.S.B.R.	$Tc = 0.066(\frac{L^{0.5}}{S})^{0.77}$
PASSINI	$Tc = \frac{0.108(AL)^{\frac{1}{3}}}{S^{0.5}}$
SCS	$Tc = 0.023L^{0.8}(\frac{1000}{CN} - 9)^{0.7}/S^{0.5}$

Figura. 4 Tiempos de concentración para distintos autores fuente: Manual de drenaje de carrteras del INVIAS.

La norma "*RAS-2000*" recomienda que la duración de la lluvia de diseño para los tramos iniciales (arranques) sea superior a diez minutos e inferior a 20 minutos, para el presente informe se asume un tiempo de concentración al arranque de **10 minutos** atendiendo la recomendación del "*Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS*", con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una hoya y no sobreestimar la intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores a este tiempo de concentración. Adicionalmente, como las subcuencas para estos tramos cortos de vía no tienen trayectos largos, los tiempos de concentración

superiores a 10 minutos subestimarían en gran medida el tiempo de desplazamiento de las aguas.

3.7. PERIODO DE RETORNO (TR)

El periodo de retorno es el tiempo promedio, en años, en que el valor pico de una creciente o aguacero determinado es igualado o superado por lo menos una vez a lo largo del tiempo. El criterio para definir el periodo de retorno depende de criterios económicos, tipo de proyecto, tipo de estructura, entre otros. De acuerdo con la literatura en hidrología, para establecer caudales máximos para el diseño de obras hidráulicas de drenaje tales como cunetas, imbornales, alcantarillas, etc., se recomiendan periodos de retorno que varían entre 2 y 10 años dependiendo del tipo de obra (INVIAS, 2011), para este estudio se adoptarán los valores recomendados en la siguiente tabla:

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)[1]
Cunetas	5
Zanjas de Coronación[2]	10
Estructuras de Caida[3]	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 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

Figura. 5 Periodo de retorno de diseño en obras de drenajes vial Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras del INVIA

A criterio del diseñador se adopta el mismo tiempo de retorno de **5-10 años** para todas las estructuras de drenaje.

3.8. CLIMATOLOGIA.

Con el fin de adelantar el estudio de climatología del proyecto se analizaron los datos disponibles de climatología, caudales y niveles en la zona del proyecto, los cuales fueron suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios

Ambientales, IDEAM, la localización detallada de las estaciones se presenta a continuación en la siguiente tabla

CÓDIGO	ESTACIÓN	TIPO DE ESTACIÓN	ENTIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CORRIENTE	ELEVACIÓN (msnm)
24011090	UBATE GRANJA	PG	IDEAM	CUNDINAMARCA	UBATÉ	UBATÉ	2555
24011080	CUCUNUBA 1	PM	IDEAM	CUNDINAMARCA	CUCUNUBÁ	-	-

Tabla 1 Estaciones de precipitacion

3.9. ESTUDIOS DE HIDROLOGIA.

3.9.1. Estaciones en estudio.:

En cercanías de la zona de estudio, para el tramo objeto de análisis existen 6 estaciones hidroclimatológicas, dichas estaciones son de tipo pluviométrica, pluviográfica y climatológica ordinaria, a continuación en la figura se muestra la localización general de dichas estaciones.

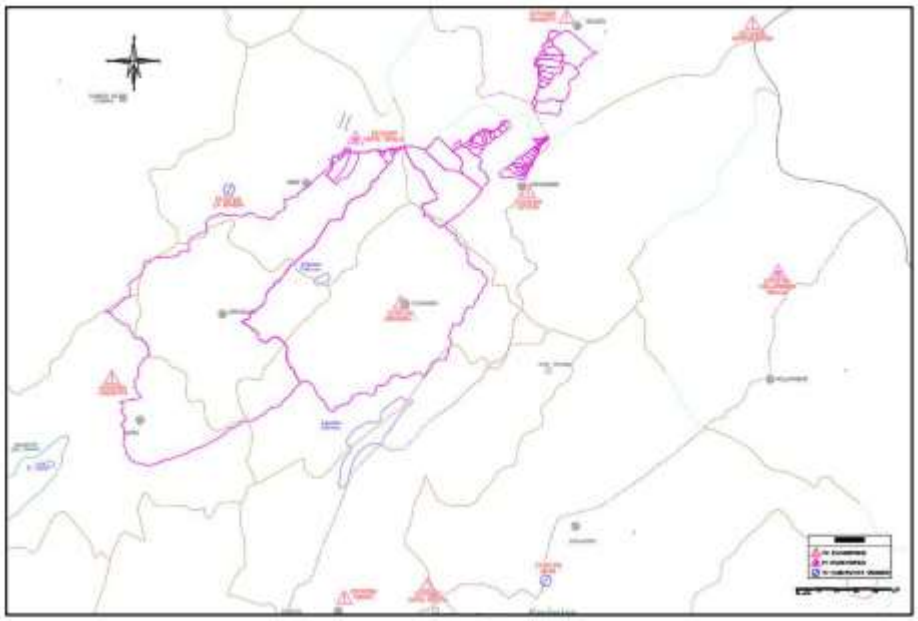


Figura. 6. Zonas de estudio

3.9.2. Análisis de lluvias y climatológico:

Para el análisis de lluvias y climatológico de la zona en estudio se procesaron los datos de las estaciones Pluviométricas, Pluviográficas y Climatológicas ordinarias, en este caso todas las estaciones son operadas por el IDEAM, se ha procedido a incluir los datos históricos de precipitación total, precipitación máxima en 24 horas y número de días con lluvia, en donde se han descartado aquellos registros anuales cuyos

valores faltantes superen el 33% del total de ese año, es decir que si a un año de registro le faltan más de cuatro meses de datos, para efectos de análisis se ha descartado ese año de registro. En la siguiente tabla se presenta el resumen de los principales parámetros pluviométricos.

PRECIPITACIÓN TOTAL A NIVEL MEDIO MENSUAL MULTIANAUAL (mm)

ESTACIÓN MEDIDORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL	ANUAL
GUACHETÁ	51.3	55.5	97.3	122.1	86.1	49.9	33.1	30.7	44.2	121.0	127.1	81.6	75.0	899.8
LETICIA	34.9	52.2	82.5	100.5	87.8	60.5	47.0	40.0	51.0	101.0	98.9	45.6	66.8	801.8
LAGUNITAS	34.9	49.7	93.2	102.7	94.7	58.8	58.2	51.5	63.4	93.7	99.4	43.9	70.3	844.1
LA BOYERA - AUT	26.1	44.7	74.3	97.4	80.1	45.2	32.7	36.2	47.1	106.6	98.4	43.2	61.0	732.0
UBATE GRANJA	20.9	38.5	80.9	81.4	94.5	48.6	50.3	39.6	59.4	109.0	89.7	44.7	63.1	757.3
CUCUNUBA 1	33.6	42.3	80.1	79.3	73.9	40.7	33.5	26.8	34.7	85.0	88.0	44.9	55.2	662.9

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS A NIVEL MEDIO MENSUAL MULTIANUAL (mm)

ESTACIÓN MEDIDORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL	ANUAL
GUACHETÁ	17.6	19.1	27.2	24.7	22.9	16.3	9.6	11.3	16.0	29.3	28.2	24.2	20.5	20.5
LETICIA	15.3	19.8	25.4	26.5	22.5	16.0	12.8	12.1	16.1	25.3	25.1	18.0	19.6	19.6
LAGUNITAS	11.8	17.3	26.0	23.7	21.3	11.6	11.0	11.1	18.4	21.8	21.9	13.6	17.5	17.5
LA BOYERA - AUT	10.7	16.6	21.5	26.0	22.5	13.5	8.8	11.3	15.5	24.6	24.5	14.5	17.5	17.5
UBATE GRANJA	8.6	15.7	19.2	20.7	23.2	14.1	14.1	13.3	19.4	24.3	20.3	15.2	17.3	17.3
CUCUNUBA 1	16.5	19.0	24.8	21.2	25.5	15.1	11.2	10.0	14.3	27.1	24.9	17.5	18.9	18.9

NÚMERO DE DÍAS LLUVIA MULTIANUAL (mm)

ESTACIÓN MEDIDORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL	ANUAL
GUACHETÁ	7	7	11	13	12	11	11	9	8	12	14	9	10	123
LETICIA	5	7	10	13	16	15	15	13	10	13	14	7	12	139
LAGUNITAS	14	15	18	22	26	27	27	25	22	23	23	17	22	259
LA BOYERA - AUT	7	9	12	15	16	15	15	13	12	16	15	9	13	156
UBATE GRANJA	6	9	13	13	17	16	17	14	14	17	15	9	13	159
CUCUNUBA 1	4	5	8	9	10	8	8	7	6	9	10	5	7	90

Figura. 7 Resumen principal parametros pluviometricos.

Como se puede observar en la tabla anterior y conforme a lo evidenciado en cuanto al parámetro de precipitación total a nivel medio mensual multianual para todas las estaciones de la región en estudio se presenta un comportamiento bimodal a lo largo del año, con periodos lluviosos de Marzo a Mayo y entre Octubre y Noviembre, mientras que los periodos de menor precipitación ocurren de Junio a Septiembre y de Diciembre a Febrero.

Como es de esperarse los meses donde se presentan las mayores precipitaciones máximas en 24 horas coinciden exactamente con los meses de mayor precipitación total.

En cuanto al número de días de lluvia los meses con mayor cantidad de eventos se presentan mayormente en los periodos entre Mayo y Julio y entre Octubre y Noviembre. Los meses con menos días de lluvia para todas las estaciones son Diciembre y Febrero con un promedio de 8 días mientras que los demás meses presentan una cantidad de días de lluvia cercanos al valor promedio mensual multianual (13 días).

La estación Cucunubá 1, ubicada cerca al casco urbano del municipio Ubaté presenta un comportamiento diferente a las demás estaciones con 90 días de lluvia. Los valores de la precipitación total multianual presentan un rango entre 662.9 mm/año y 899.8 mm/año.

3.9.3. PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL MULTIANUAL :

se presentan los datos de precipitación total mensual de la Estación Pluviográfica Ubaté Granja localizada en el municipio de Ubaté, de acuerdo a dicha tabla y como se presenta en resumen en la tabla siguiente del presente informe la precipitación total anual multianual para la estación Ubaté Granja resulto de 757.3 mm.

Se puede observar que los meses de mayor precipitación son Mayo (94.5mm) y Octubre (109.0mm); mientras que los meses de menor precipitación son Enero (20.9mm) y Febrero (38.5mm) configurándose de esta manera un comportamiento bimodal a lo largo del año, con periodos lluviosos de Marzo a Mayo y entre Octubre y Noviembre mientras que el periodo de menor pluviosidad ocurre de Diciembre a Febrero. A continuación, en la figura se muestra la gráfica de distribución de la precipitación para la estación Ubaté granja.

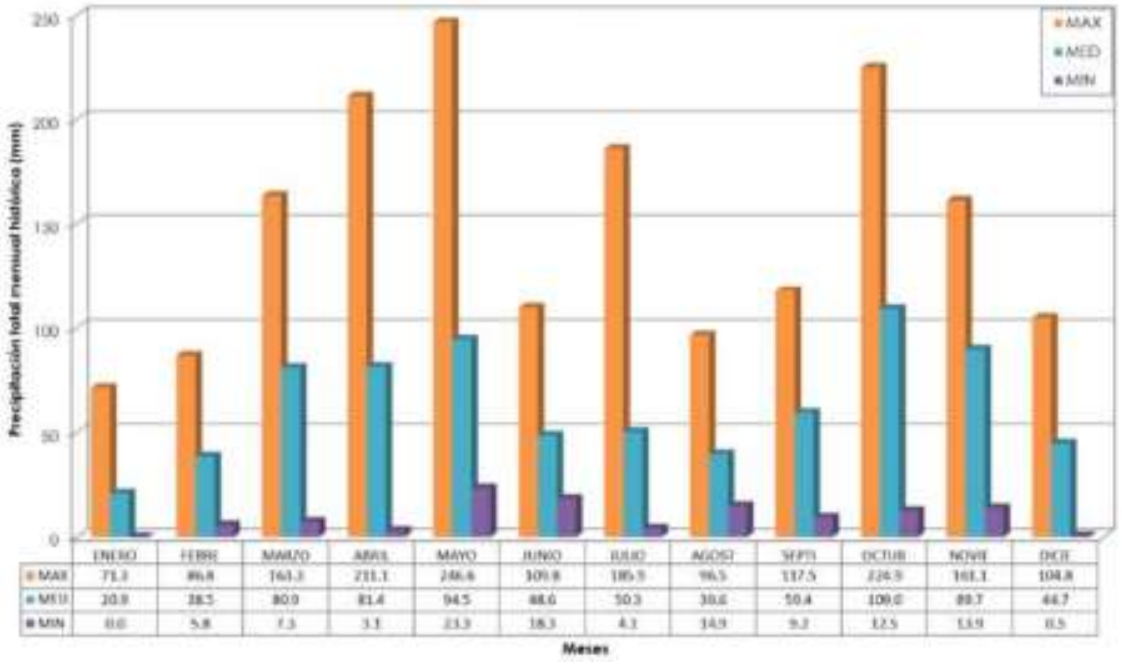


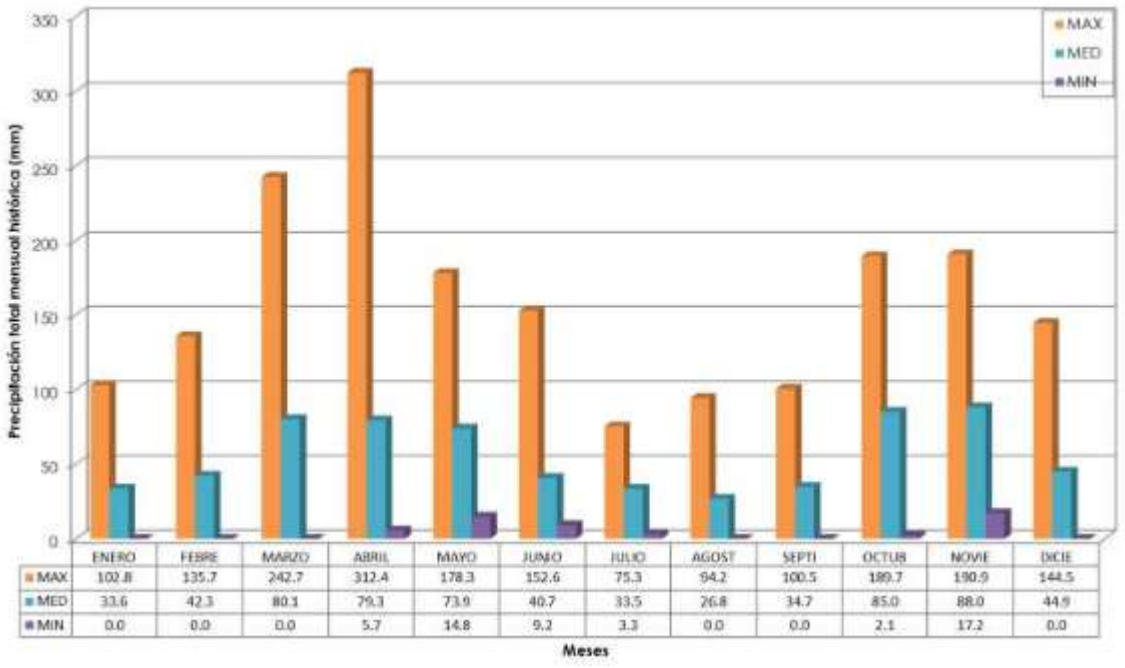
Figura. 8 Precipitación total mensual multianual Estación Ubaté Granja

se presentan los datos de precipitación total mensual de la Estación Pluviométrica Cucunubá 1 localizada en el municipio de Cucunubá, de acuerdo a dicha tabla y como se presenta en resumen en la tabla Cucunubá 1 resulto de 662.9 mm.

Se puede observar que los meses de mayor precipitación son Marzo (80.1mm),Octubre (85.0mm) y Noviembre (88.0mm); mientras que los meses de menor precipitación son Agosto (26.8mm), Julio (33.5mm) y Enero (33.6mm) configurándose de esta manera un comportamiento bimodal a lo largo del año,con periodos lluviosos de Marzo a Mayo y entre Octubre y Noviembre mientras que el periodo de menor pluviosidad ocurre de Diciembre a Febrero.

Para la estación Cucunubá 1 se presentan en promedio 90 días de lluvia a lo largo del año, los meses con mayor cantidad de días lluviosos son Abril y Octubre (9 días) seguido de Junio y Noviembre con (10 días), mientras tanto los meses con menores eventos lluviosos son Enero (4 días) y Diciembre y Febrero con (5 días).

A continuación, en la figura se muestra la gráfica de distribución de la precipitación para la estación Cucunubá 1.



	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
MAX	102.8	135.7	242.7	312.4	178.3	152.6	75.3	94.2	100.5	189.7	190.9	144.5
MED	33.6	42.3	80.1	79.3	73.9	40.7	33.5	26.8	34.7	85.0	88.0	44.9
MIN	0.0	0.0	0.0	5.7	14.8	9.2	3.3	0.0	0.0	2.1	17.2	0.0

Figura. 9Precipitación total mensual multianual Estación Cucunubá 1.

3.10. CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA.

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia presentan la relación intrínseca que existe entre estos parámetros y su variabilidad según el sitio y tipos de lluvia presentadas, su cálculo se realiza a partir de datos de pluviógrafos, para determinar ecuaciones empíricas para el cálculo de estas curvas dependiendo de la región del país en la que se encontrará ubicada nuestra zona de estudio.

Las estaciones en estudio se localizan en su totalidad en la zona o Región N°. 1 por lo que los parámetros a, b, c y d corresponden a:

a= 0.94; b= 0.18; c= 0.66 y d=0.83.

De esta forma se obtienen así las siguientes expresiones para el cálculo de las curvas I – D – F:

$$I = a * \frac{T^{0.18}}{t^{0.66}} * M^{0.83}$$ (Zona o Región No. 1)

En cuanto a los parámetros M a continuación en la tabla se representa el resumen de estos parámetros para cada una de las estaciones que componen el proyecto.

ESTACIÓN	MUNICIPIO	ELEVACIÓN	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (M)
		msnm	mm
GUACHETÁ	GUACHETÁ	2690	45.90
LETICIA	LENGUAZAQUE	2650	45.96
LAGUNITAS	TAUSA	3100	40.03
LA BOYERA - AUT	UBATÉ	2610	39.69
UBATE GRANJA	UBATÉ	2555	42.74
CUCUNUBA 1	CUCUNUBÁ	-	42.84
		PROMEDIO	**42.84**

Tabla 2 Resumen parametros M

De acuerdo con esta localización de las obras de drenaje a diseñar **(cunetas)**se escogerá la curva IDF de la estación más cercana a dicha obra. Se puede apreciar que en la zona de influencia directa se tienen 6 estaciones medidoras de lluvia, a continuación se grafican las IDF resultantes.

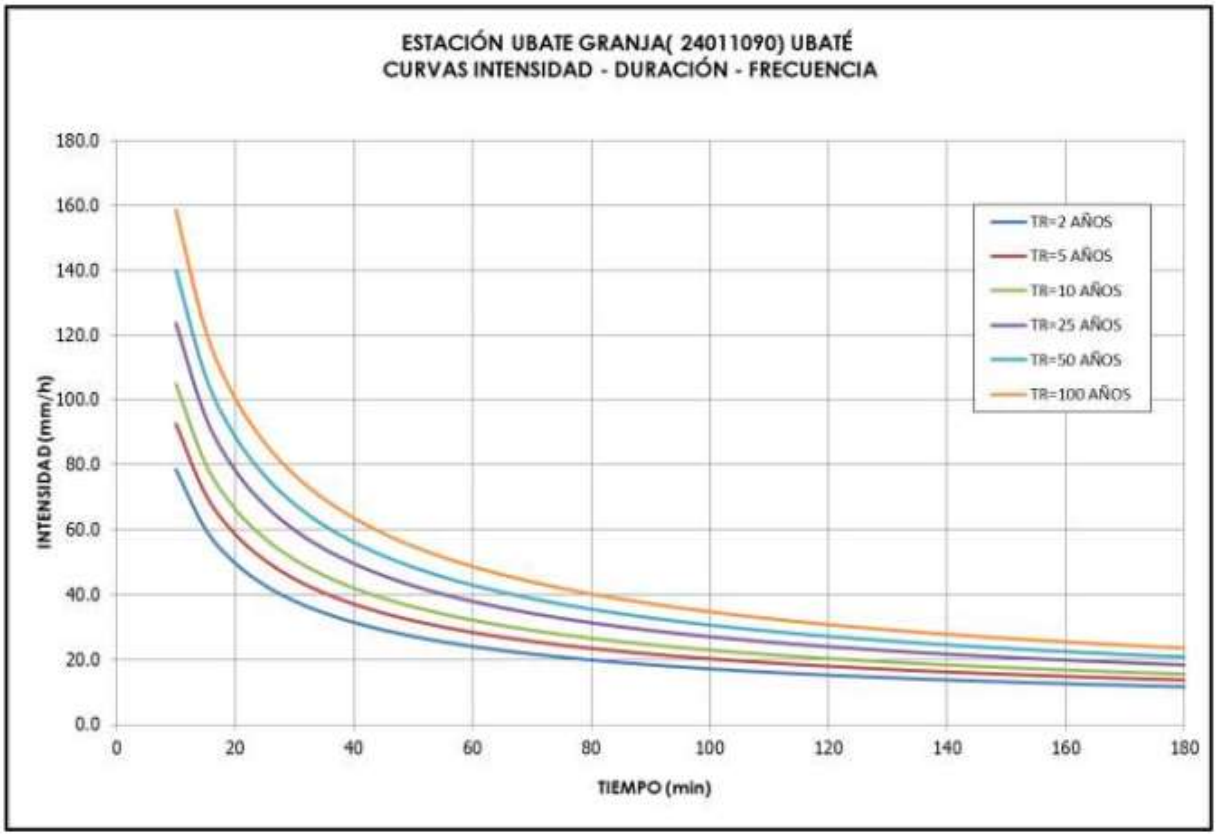


Figura. 10 Curva IDF Estación Ubaté Granja

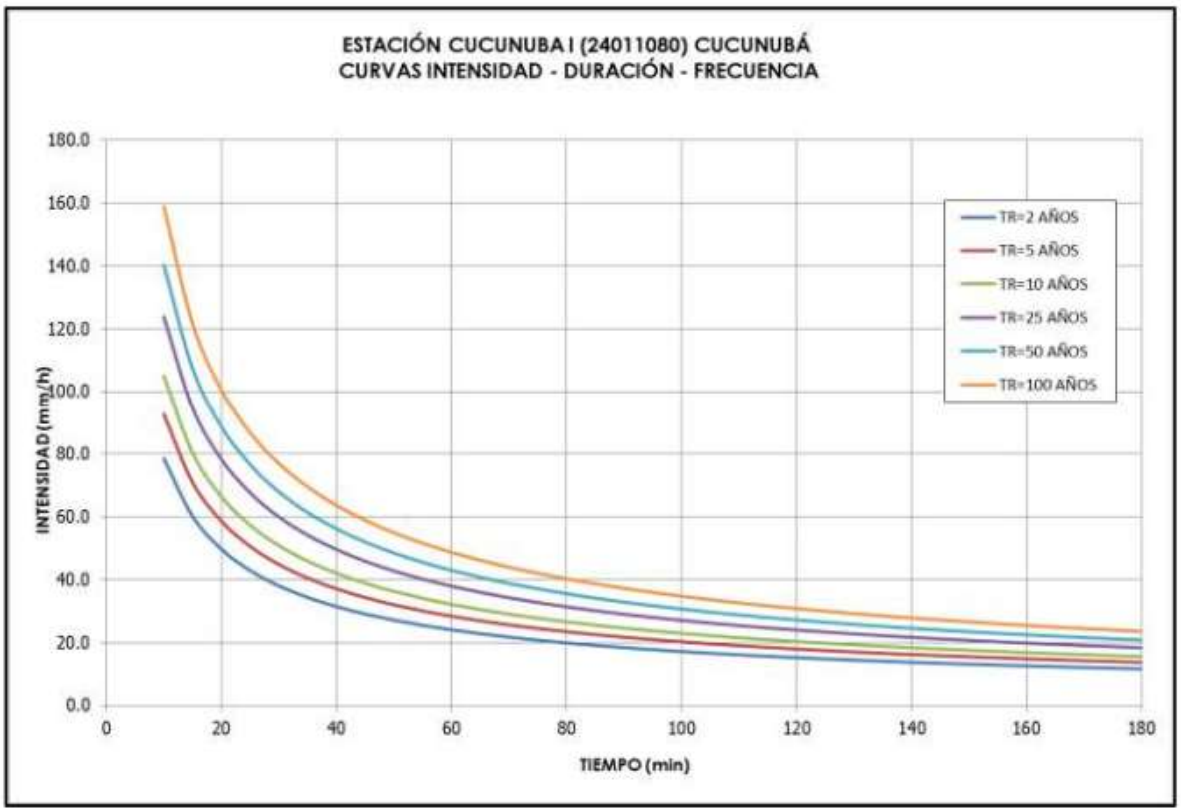


Figura. 11 Curva IDF Estación Cucunubá 1

3.11. CAUDALES DE DISEÑO.

Método racional.

De acuerdo con el manual de drenaje, la idea detrás de este método es que si la lluvia con intensidad I, empieza en forma instantánea y continúa de forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración, en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo en la salida. Las suposiciones asociadas a este método son las siguientes:

- La tasa de escorrentía pico calculada en el punto de salida de la cuenca es una función de la tasa de lluvia promedio durante el tiempo de concentración, es decir, el caudal pico no resulta de una lluvia más intensa, de menor duración, durante la cual solamente una porción de la cuenca contribuye a la escorrentía a la salida de ésta.

- El tiempo de concentración empleado es el tiempo para que la escorrentía se establezca y fluya desde la parte más remota del área de drenaje hacia el punto de salida de la misma o el punto de análisis.

- La intensidad de lluvia es constante durante toda la tormenta.

La expresión matemática asociada a este método se indica a continuación:

$$Q = 0.278 * f * C * I * A$$

Se resume la totalidad de las obras, con el respectivo cálculo de caudales conducidos desde las zanjas hasta el encole y descole.

TRAMO 1	Abscisa		Longitud	Área	Base	Intensidad	Escorrentía	Caudal	
	Inicio	*Fin*	*m*	*m^2*	*m*	*mm/h*		*m^3/s*	
Tramo 1 K05+000 K5+310									
AREA 1i	K5+000	K0+066	66,4	1.765	26,58	213,18	0,39	0,041	**0,106**
AREA 2i	K0+066	K0+111	44,72	2.766	61,86	213,18	0,39	0,064	**0,106**
AREA 3i	K0+111	K0+158	47,28	1.182	*25,00*	213,18	0,39	0,027	**0,106**
AREA 4i	K0+158	**K0+310**	152	3.800	*25,00*	213,18	0,39	0,079	**0,103**
Tramo 2 K13 +700 K13+890.									
AREA 5i	K13+700	K13+737,7	37,72	189	5,00	213,18	0,39	0,004	**0,056**
AREA 6d	K13+737,	K13+890	153	765	5,00	213,18	0,39	0,008	**0,106**
Tramo 3 K14 +025 K14+440.									
AREA 7d	K14+025	K14+069,7	44,72	224	5,00	213,18	0,39	0,005	**0,106**
AREA 8d	K14+069,7	K14+116,9	47,28	236	5,00	213,18	0,39	0,005	**0,106**
AREA 9d	K14+116,9	**K14+440**	323,1	1615,5	5,00	213,18	0,80	0,033	**0,103**

Tabla 3 Caudales de diseño cunetas y descole Fuente: Elaboración propia

El cálculo sirve para estimar la capacidad de las obras y analizar si sus dimensiones son suficientes.

4. ESTUDIO HIDRÁULICO:

En el presente capítulo se incluyen los análisis hidráulicos, así como el diagnóstico y diseño de las estructuras de drenaje requeridas para el correcto manejo de la escorrentía superficial producida por las diferentes hoyas hidrográficas y áreas de drenaje adyacentes a la vía objeto de los presentes estudios, así como el manejo de las aguas sub-superficiales a través de un sistema de sub-drenaje adecuado para la vía.

Perido de Retorno de diseños.

De acuerdo a lo especificado en el manual de drenaje para carreteras del INVIAS respecto de los períodos de retorno de diseño de las obras de drenaje requeridas

para la vía, a continuación se relacionan los mencionados períodos de retorno tenidos en cuenta en los presentes estudios.

Diseño de Filtros (Drenaje Sub-superficial)	2 años
Cunetas	5 años
Zanjas de Coronación	10 años

Las estructuras propuestas se modelaron matemáticamente como un canal abierto, estableciendo su capacidad hidráulica a partir de la fórmula de Manning.

$$Q = A \times \frac{R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Dónde:

***Q**: Caudal (m^3/sg)*
R**: Radio hidráulico sección (m) **(R=A/P)
***P**: Perímetro mojado*
***S**: Pendiente general del canal*
***A**: Área de la sección (m)*
***n**: Coeficiente de rugosidad de Manning.*

4.1. DISEÑO DE CUNETA.

Debido a los problemas que pueden generar las aguas de escorrentía sobre la estructura de pavimento se propone la construcción de cunetas en aquellos sectores donde el agua pueda afectar la estructura de pavimento.Para el proyecto se utilizará la cuneta tipo recomendada en la Cartilla obras menores de drenaje y estructuras viales. Adicionalmente se presenta la tabla de caudales máximos calculados para diferentes pendientes que pueden tener los diversos tramos de la vía.

El diseño hidráulico de las cunetas es similar al de un canal abierto, aunque estrictamente el caudal de la cuneta es variable y aumenta a medida que aumenta su longitud.

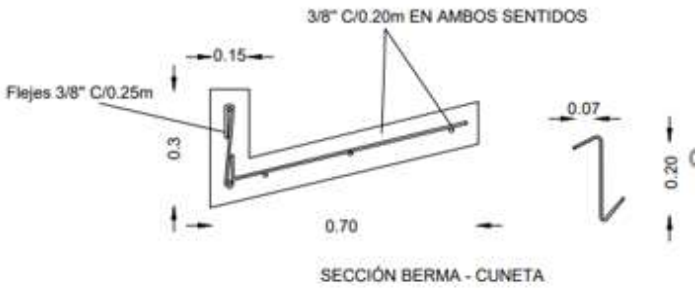


Figura. 12 Cunemta tipo

DIMENSIONES		
b_1=	*0.5*	*m*
b_2=	*0.03*	*m*
h=	*0.15*	*m*
RELACIONES HIDRÁULICAS		
A=	0.03975	m^2
P=	0.67	*m*
R=	0.059	*m*

Tabla 4 Relaciones hidráulicas para las dimensiones de la cuneta.

Pendiente	Capacidad	Velocidad	Pendiente	Capacidad	Velocidad
1%	0.0430	1.0812	11%	0.1425	3.5859
2%	0.0608	1.5290	12%	0.1489	3.7453
3%	0.0744	1.8727	13%	0.1550	3.8983
4%	0.0860	2.1624	14%	0.1608	4.0454
5%	0.0961	2.4176	15%	0.1664	4.1874
6%	0.1053	2.6484	16%	0.1719	4.3247
7%	0.1137	2.8605	17%	0.1772	4.4578
8%	0.1216	3.0581	18%	0.1823	4.5871
9%	0.1289	3.2436	19%	0.1873	4.7128
10%	0.1359	3.4190	20%	0.1922	4.8352

Tabla 5 Caudales máximos de cuneta tipo para diferentes pendientes Fuente: Propia

El caudal máximo es inferior a la capacidad máxima de la cuneta para la pendiente mínima de los tramos analizados para la zona:

	Abscisa		Longitud	Caudal	Pendiente		
TRAMO	*Inicio*	*Fin*	*m*	m^3/s	*Mínima*	*Media*	CHEQUEO

Tramo 1 K05+000 K5+310								
AREA 1i	K5+000	K0+066	66,4	0,041	**0,106**	6,94%	6,94%	CUMPLE
AREA 2i	K0+066	K0+111	44,72	0,064	**0,106**	6,94%	6,94%	CUMPLE
AREA 3i	K0+111	K0+158	47,28	0,027	**0,106**	6,94%	6,94%	CUMPLE
AREA 4i	K0+158	**K0+310**	152	0,079	**0,103**	6,16%	6,50%	CUMPLE
Tramo 2 K13 +700 K13+890.								
AREA 5i	K13+700	K13+737,72	37,72	0,004	**0,056**	3,67%	3,96%	CUMPLE
AREA 6i	K13+737,7	K13+890	153	0,008	**0,106**	0,05%	0,05%	CUMPLE
Tramo 3 K14 +025 K14+440.								
AREA 7d	K14+025	K14+069,7	44,72	0,005	**0,106**	6,94%	6,94%	CUMPLE
AREA 8d	K14+069,7	K14+116,98	47,28	0,005	**0,106**	6,94%	6,94%	CUMPLE
AREA 9d	K14+116,9	**K14+440**	323,1	0,033	**0,103**	6,16%	6,50%	CUMPLE

Tabla 6 Chequeo de capacidad máxima contra caudal transportado por cuneta para el tramo 1 Fuente: Elaboración propia

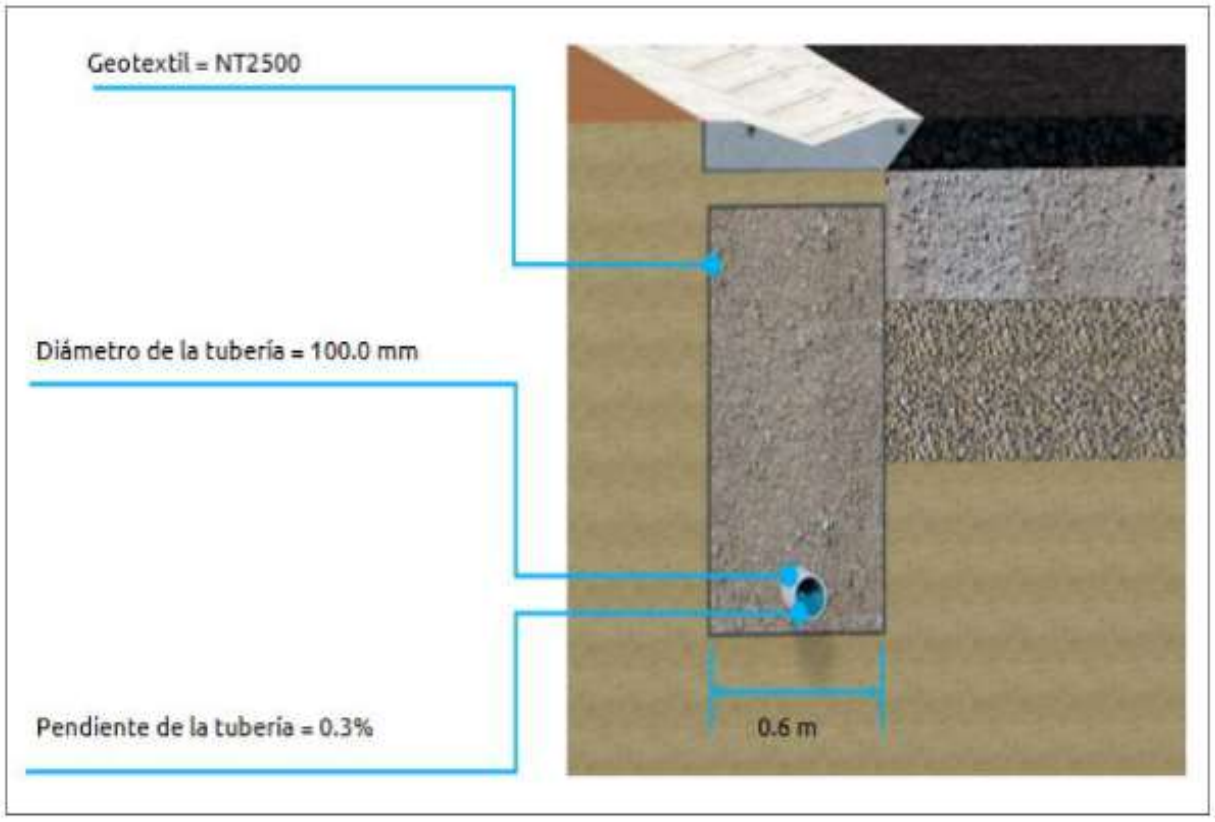
4.1. SUBDRENAJE.

De acuerdo con los estudios de geotecnia, el perfil del suelo en los sectores en estudio está compuesto principalmente por suelos arenosos y arcillosos), las cuales son susceptibles de presentar expansiones o contracciones volumétricas ante la ausencia o exceso de humedad, del mismo modo es necesario proteger la estructura de pavimentos de la vía a causa de la erosión o “lavado” motivo por el cual es necesaria la implementación de sistema de filtros tipo dren francés.

Cabe resaltar que estos filtros se localizarán bajo las cunetas propuestas, de modo tal que estos descargarán en las obras de drenaje transversal.

Determinación del diámetro de la tubería.

La capacidad de la tubería está íntimamente ligada a la pendiente de la misma y en general para este caso específico de los filtros se ha adoptado una pendiente del 0.3% la cual corresponde a las pendientes mínimas para los tramos en estudio. Tomando en cuenta dicha pendiente se necesitaría como mínimo una tubería de 100 mm o su equivalente a 4” para poder captar todo el caudal aferente.



.

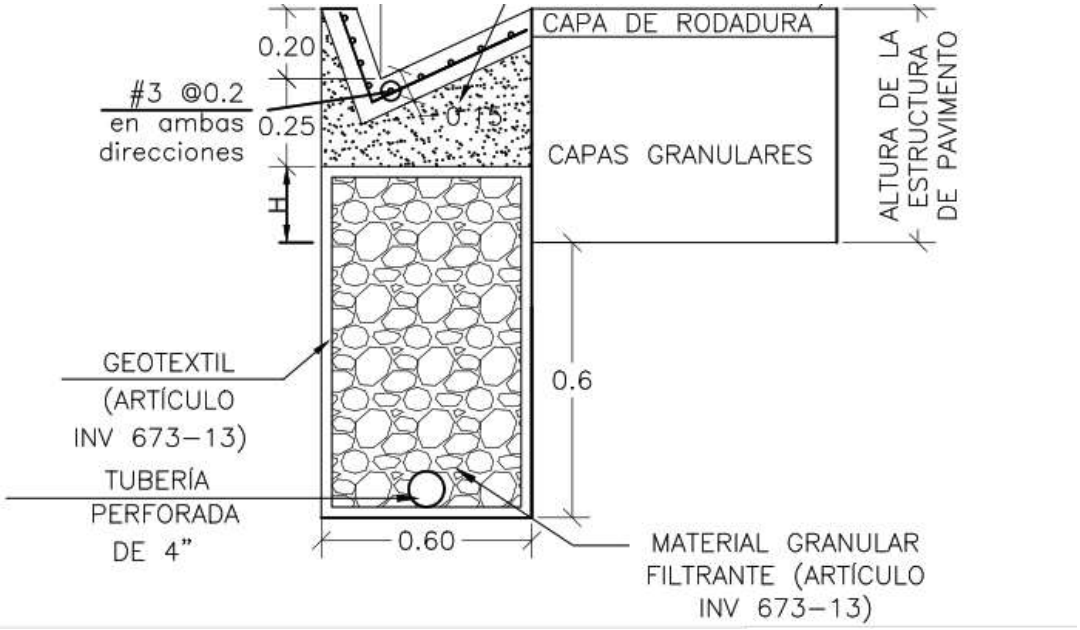


Figura. 13 filtro longitudinal via. Tramo 1,2 y 3.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES

• Se deben instalar las cunetas propuestas en el costado derecho de la vía en el talud con el fin de garantizar la seguridad vial de los usuarios y la durabilidad de la estructura de pavimento

• La intensidad obtenida para las cunetas correspondiente a un periodo de retorno de 5 años y una duración de 10 minutos fue de 213.2 mm/hr.

• Deberá realizarse un mantenimiento periódico a las estructuras de drenaje con el fin de garantizar su óptimo funcionamiento y la vida útil de las mismas.

• Se recomienda manejar una pendiente de bombeo mínima del 2.

• En los sitios donde la cuneta entregue directamente a la vía porque se finaliza la construcción y no haya forma de descolar (talud de fuerte pendiente y alcantarilla cercana pero no utilizable), se verificó que se tuviese una velocidad inferior a 1.0 m/s; para tal efecto, en los sectores donde este límite se supera, se recomendó la construcción de un enrocado de 0.70m de ancho, 3.0m de largo y un espesor de 0.15m.

5.2. RECOMENDACIONES.

• Para encauzar las aguas de escorrentía superficial, si se requiere, se debe construir las cunetas superficiales paralelas del tramo de vía proyectadas en el volumen de Hidráulica e Hidrología, y se debe garantizar las pendientes longitudinales mínimas enunciadas en los estudios.

• Se debe tener especial cuidado al construir las obras de drenaje, de tal manera que cuando estas operen no provoquen efectos de erosión o socavación en la estructura de la vía; por lo tanto, se deberá construir algunos concretos en los encoles y descoles de las mismas.

En ninguna circunstancia se debe permitir la descarga de aguas superficiales en las zonas aledañas al corredor del proyecto una vez construido la estructura de la via , es necesario diseñar y construir un sistema de evacuación perimetral de aguas de escorrentía superficial, de manera que no haya infiltración contra las paredes dela estructura del pavimentoy para que no se produzca erosión hídrica en el suelo de fundación por el arrastre de materiales finos.

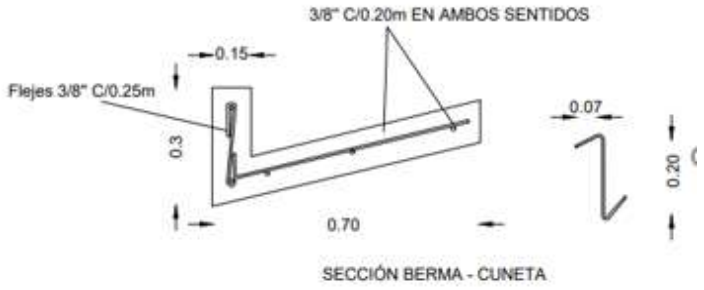
Todos los cálculos, evaluaciones, trabajos de campo y recomendaciones dadas a lo largo de este documento han sido generadas y avaladas por el profesional competente.

5.3. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS ESPECIALISTAS. HIDRAULICOS.

Siguiendo los lineamientos y recomendaciones del especialista hidraulico por parte de interventoria ver ofiico anexo en el presente volumen

- **Tramo K5+440 a K5+670:**

- Construcción de cunetas reforzadas en concreto hidraulico a lo largo del tramo vial en ambos costados de la vial para el encauzamiento del flujo superficial y conectadas a las trasversales existentes. Ver detalle para ambos costados.



SECCIÓN BERMA - CUNETA

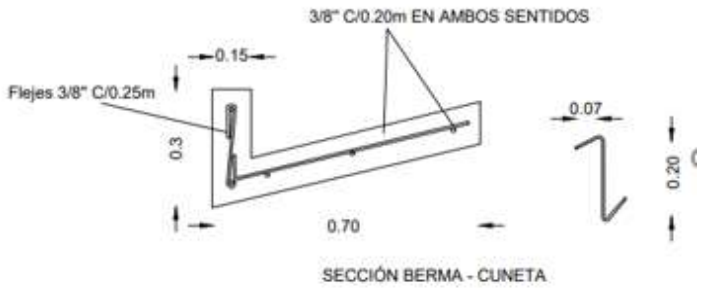
- Construcción filtro francésa NT. 2500, con tubería drenaje perforada y material granular filtrante según especificación invias, construido a lo largo del tramo vial en ambos sentidos para encauzar la saturación del suelo que se presenta en el lugar. Los filtros franceses mitigarán estos procesos al reducir presiones de poro y prevenir la migración de finos del relleno, contribuyendo a estabilizar la base del pavimento. ***Ver figura 13 detalles filtro francés***

- Se recomienda realizar limpiezas a los canales y alcantarillas, los cuales se encuentran colmatados de sedimentos de material de arrastre, escombros, material vegetal y basuras para restaurar secciones para devolver su capacidad hidráulica original y funcionalidad ya que contribuyen a filtraciones hacia la estructura de la vía.

- Eliminar cauces de agua artificiales aledaños al tramo vial que causan filtraciones a la estructura de pavimento. ver recomendación de Anexos especialistas.

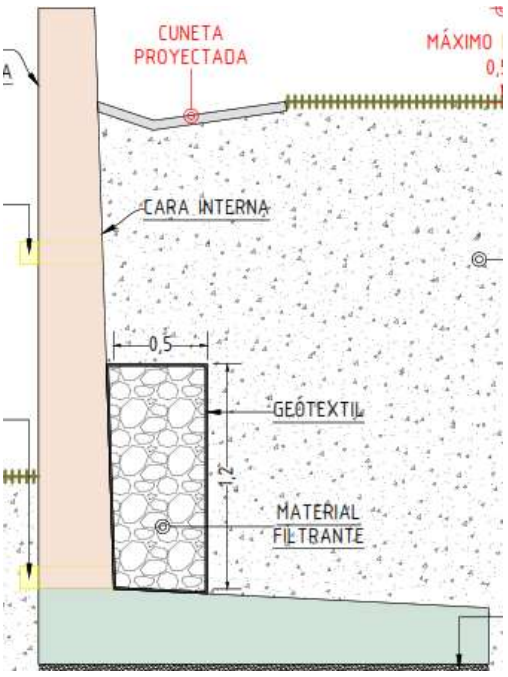
➢ **Tramo K13+700 a K13+950 y Tramo K14+000 a K14+418.**

- Construcción de cunetas reforzadas en concreto hidráulico a lo largo del tramo vial para el encauzamiento del flujo superficial y conectarlas a las trasversales existentes. Ver detalle para ambos costados.



SECCIÓN BERMA - CUNETA

- Construcción filtro francésa NT. 2500, con tubería drenaje perforada y material granular filtrante según especificación invias, construido a lo largo del tramo vial para encauzar la saturación del suelo que se presenta en el lugar. Los filtros franceses mitigarán estos procesos al reducir presiones de poro y prevenir la migración de finos del relleno, contribuyendo a estabilizar la base del pavimento. ***Ver figura 13 detalles filtro francés.*** **Es importante mencionar que el tramo K13+700 a K13+950, se realizara la construcción de un muro de contención el cual en su diseño se recomienda un filtro a lo largo del muro 200 metros lineales Geotextil NT 1800.ver detalle diseño estructural.**
-



- Se recomienda realizar limpiezas a los canales y alcantarillas, los cuales se encuentran colmatados de sedimentos de material de arrastre, escombros, material vegetal y basuras para restaurar secciones para devolver su capacidad hidráulica original y funcionalidad ya que contribuyen a filtraciones hacia la estructura de la vía.

ANEXOS: Recomendaciones Especialista Hidraulico según visitas de campo

Cordialmente,

OLGA GISSELY REVELO LÓPEZ
19202153862 CAU.
Ingeniera Civil
Esp. Ingenieria de Recursos Hidricos.