ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

CONSTRUCCIÓN EN PAVIMENTO ASFÁLTICO DEL K0+000 AL K11+500 DE LA VÍA ZAMBRANO - JESÚS DEL RÍO

MUNICIPIO DE ZAMBRANO

DEPARTAMENTO DE BOLIVAR

NOVIEMBRE

2020

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

ÍNDICE REVISIÓN	CAPITULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
0	Capítulo 1	Nov 2020	Emisión

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

DOCUMENTO No.			**EHEH-001-2020**			
TITULO DOCUMENTO			**PLAN DE CALIDAD DEL PROYECTO** MEJORAMIENTO VIAS DE BOLIVAR			
CLASE DE DOCUMENTO			**DOCUMENTO DE PLANIFICACIÓN**			
APROBACION	NUMERO DE REVISIÓN		0		2	3
	Responsable por elaboración	Nombre	**ING. MIGUEL GARCIA**			
		Firma				
		Fecha	NOV 2020			
	Responsable por revisión	Nombre	**ING. ALFREDO DOMINGUEZ**			
		Firma				
		Fecha	NOV 2020			

Contenido

1. INTRODUCCION 8
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 9
3. ALCANCE ESPECÍFICO DE LOS ESTUDIOS 9
3.1 Alcance Específico Del Estudio Climático 9
3.2 Alcance Específico Del Estudio Hidrológico 9
3.3 Objetivos Específicos Del Estudio Hidráulico 10
4. GENERALIDADES 10
4.1 Identificación del municipio 10
4.2 Límites del municipio 10
4.3 Linderos 12
4.4 Vías de comunicación 13
4.5 Área Directa del Proyecto 14
5. PARAMETROS CLIMATOLOGICOS 15
5.1 Humedad 17
5.2 Temperatura 17
5.3 Viento 19
6. DEFINICION DE AREAS HIDROGRAFICAS AREA DEL PROYECTO 20
6.1 Áreas Hidrográficas 20
6.2 Zonas Hidrográficas 21
6.2 Subzonas Hidrográficas 22
7. HIDROLOGIA DE DRENAJE SUPERFICIAL VIAL 24
7.1 Delimitación y Caracterización De Cuencas 27
7.2 Morfometría De Las Cuencas De Estudio 28
8. DEFINICION DRENAJE SUPERFICIAL 30
8.1 Metodología 30
8.2 Determinación de la Intensidad de la lluvia (mm/h) en la zona del proyecto 31
8.2.1 Identificación de la Estación Meteorológica representativa. Serie histórica de la precipitación 31
8.2.2 Cálculo de la Intensidad de la lluvia (mm/h) 31
8.2.3 Coeficiente De Escorrentía 33
8.2.4 Tiempo de Concentración 34
8.3 Estudio Hidrológico De La Zona Del Proyecto 35
9. MODELOS DE LLUVIAS 43
9.1 Método Racional 43

10. MODELACION HIDRAULICA 44
10.1 Cunetas 45
10.1.1 Determinación del Caudal de demanda dado un espaciamiento entre alcantarillas 48
10.1.2 Determinación del caudal que puede transportar la cuneta 48
10.1.3 Criterio de Diseño 49
10.2 Alcantarillas 51
10.2.1 Ingreso de Datos programa para análisis HY-8. 54
10.2.2 Direccionamiento de las Aguas que salen de las Obras de Arte 54
10. CONCLUSIONES 57
12. RECOMENDACIONES 58
13. BIBLIOGRAFIA 59
14. ANEXOS 60

Contenido Tablas

Tabla 1 *Ficha de Información Municipio de Zambrano, Bolívar* 12
Tabla 2 *Coordenadas del Área del Proyecto* 14
Tabla 3 *Aérea y Perímetro de Áreas Hidrográficas en Colombia (MAGDALENA-CAUCA)* 21
Tabla 4 *Periodos de retorno para el diseño de obras de drenaje vial* 32
Tabla 5 *Valores del coeficiente de rugosidad de Manning, para drenaje de aguas lluvias con conductos abiertos.* 32
Tabla 6 *Velocidad máxima permisible en canales artificiales* 32
Tabla 7 *Parámetros según regiones del país / Valores obtenidos del Manual de Drenaje para carreteras del INV- 2009* 33
Tabla 8 *Valores Coeficiente de Escorrentía Área Rurales* 34
Tabla 9 *Valores de precipitación máxima mensual y anual, estación Pluviométrica del IDEAM No. 29010130 INDUGAN HACIENDA, Municipio de Zambrano, Bolívar.* 37
Tabla 10 *Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel* 37
Tabla 11 *Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas* 38
Tabla 12 *Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias* 38
Tabla 13 *Intensidades de lluvia a partir de pd, según duración de precipitación y frecuencia de la misma.* 39
Tabla 14 *Regresión Periodo de Retorno T = 5 años* 39
Tabla 15 *Regresión Periodo de Retorno T = 10años* 40
Tabla 16 *Resumen de aplicación de regresión potencial* 40
Tabla 18 *Calculo de Intensidad de Lluvia para TR= 5 y 10 Años* 41

Tabla 19 *Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición* 43
Tabla 20 *Calculo de Lmax de cuneta TR= 5 años* 50
Tabla 21 *Caudal Q(m3/seg) dispuesto por Alcantarilla* 53

Contenido Figuras

Figura 1 *Municipio de Zambrano , Departamento de Bolivar* 11
Figura 2 *Área General del Proyecto, Municipio de Zambrano , Bolivar* 14
Figura 3 *Clasificación Climática del Departamento de Bolívar* 15
Figura 4 *Mapa Precipitación anual del Departamento de Bolívar* 16
Figura 5 *Mapa Números de días con lluvia Departamento de Bolívar* 16
Figura 6 *Niveles de Humedad Municipio de Zambrano-Bolívar* 17
Figura 7 *Diagrama De Temperatura Zambrano-Bolivar* 18
Figura 8 *Temperatura promedio Zambrano-Bolívar* 18
Figura 9 *Velocidad promedio del Viento* 19
Figura 10 *Áreas Hidrográficas En Colombia* 21
Figura 11 *Zona Hidrográfica Magdalena-Cauca* 22
Figura 12 *Sub Zona Hidrográfica Bajo Magdalena-Cauca desde (loc.) Montelíbano hasta (loc.) Plato.* 22
Figura 13 *Sistema hídrico Municipio de Zambrano* 23
Figura 14 *Esquema de localización de las estaciones, identificar la estación y el sitio del proyecto.* 24
Figura 15 *Estaciones Pluviométricas cercanos al área del Proyecto (1)* 25
Figura 16 *Estaciones Pluviométricas cercanos al área del Proyecto (2)* 26
Figura 17 *Delimitación de Cuencas K0+000 AL K11+500 DE LA VÍA ZAMBRANO - JESÚS DEL RÍO ,Municipio de Zambrano, Bolivar* 27
Figura 18 *Área aferente del pavimento* 30
Figura 19 *Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d. (Regiones adoptadas del Manual de drenaje de carreteras INV-figura 2.13)* 35
Figura 20 *Estación Pluviométrica del IDEAM No. 29010130 INDUGAN HACIENDA, Municipio de Zambrano, Bolívar.* 36
Figura 21 *Grafica Regresión por periodos de Diseño* 41
Figura 22 *Curva IDF de la Cuenca* 42
Figura 23 *Interfaz software Drenaje - Manual de Diseño Pavimento asfaltico de Bajo Volúmenes de Transito-INVIAS* 45
Figura 24 *Cunetas Típicas Revestidas en concreto* 46
Figura 25 *Sección Típica escogida Software Drenaje* 46
Figura 26 *Cuneta recomendada en Vías terciarias* 47
Figura 27 *Lámina de agua en la cuneta* 47
Figura 28 *Alternativas para localización en planta de alcantarillas* 52

Figura 29 *Interfaz Programa Calculo Hidráulico HY-8* 53

1. INTRODUCCION

En Colombia las vías se clasifican según su funcionalidad, las vías primarias comunican los principales centros de producción y consumo del país, las secundarias unen las cabeceras municipales y así mismo las conectan con las vías primarias, y las terciarias unen las zonas veredales con sus respectivos municipios. Dentro de la infraestructura vial para un correcto funcionamiento, es importante que éstas estén bien drenadas, y que las obras de drenaje tengan un correcto mantenimiento.

El agua produce daños a todos los elementos que constituyen el cuerpo de la carretera: a las laderas naturales, a los taludes de corte y relleno, a la plataforma de tierra en la que se apoya el pavimento y, por último, al propio pavimento. La protección que el drenaje vial brinda puede ser de dos tipos: por un lado, el drenaje debe asegurar las cuantiosas inversiones que representan las vías, impidiendo el deterioro que el agua produce en ellas, y evitar los daños que puedan causar en bienes aledaños a las mismas; por otro lado, debe asegurar el tránsito continuo, seguro, y confortable de los vehículos, de forma que el transporte de pasajeros y carga resulte eficiente y económico.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo principal de este estudio es identificar y cuantificar las condiciones climáticas e hidrológicas existentes en el área de influencia del proyecto denominado **"CONSTRUCCIÓN EN PAVIMENTO ASFÁLTICO DEL K0+000 AL K11+500 DE LA VÍA ZAMBRANO - JESÚS DEL RÍO, ZAMBRANO, BOLIVAR"**, con el fin de dimensionar, diseñar y chequear adecuadamente todas las obras de drenaje de las vías nuevas o existentes. Para ello, los estudios se han concentrado en calcular el caudal máximo instantáneo de diseño asignado a un período de retorno específico.

3. ALCANCE ESPECÍFICO DE LOS ESTUDIOS

3.1 Alcance Específico Del Estudio Climático

El estudio climático tiene como objetivos específicos:

- Conocer el comportamiento temporal de la precipitación total mensual y máxima mensual en 24 h, la nubosidad, la humedad relativa, la temperatura del aire, la temperatura del punto de rocío, el brillo solar y la evaporación de tanque clase A en el área de influencia del proyecto, para definir las condiciones climáticas prevalentes que permitan una adecuada planeación de su construcción y operación.
- Clasificar la región climática del área de influencia.

3.2 Alcance Específico Del Estudio Hidrológico

El estudio hidrológico tiene como objetivos específicos:

- Identificar todos los cuerpos y cursos de agua que cruzan la vía
- Determinar las cuencas de los ríos, quebradas y demás corrientes de agua que cruzan la vía, calculando para cada uno de estos, el área de drenaje y la longitud y elevaciones máximas y mínimas del cauce principal.
- Cuantificar los caudales máximos instantáneos para las corrientes que cruzan la vía, con el fin de conocer el comportamiento de las mismas. En relación con caudales máximos de todas las corrientes en el sitio de cruce de la vía, se evaluará esta variable hidrológica, dependiendo del tamaño del área de drenaje de las hoyas hidrográficas involucradas, para períodos de retorno de variables, adecuados con la magnitud de la obra.

3.3 Objetivos Específicos Del Estudio Hidráulico

El estudio hidráulico involucra las siguientes actividades:

- Localización de obras
- Determinación de criterios y metodologías para el dimensionamiento y chequeo de obras de drenaje, alcantarillas, box-coulvert, cunetas, filtros, zanjas de coronación, etc.

4. GENERALIDADES

El Municipio de Zambrano, hace parte de la Sub Región Montes de Maria, Ubicada en la parte central del Departamento de Bolívar junto a La Serranía de San Lucas y conformada a demás por los municipios de: El Carmen de Bolívar, San Juan Nepomuceno, El guamo, Maria la Baja, San Jacinto y Córdoba. Hidrología, el sistemas hídrico municipal, pertenecen a la vertiente 3, constituida esta por las cuencas que nacen en los Montes de Maria y que drena sus aguas directamente hacia el Río Magdalena. Esta compuesto por el arroyo El yeso, afluente del arroyo Raicero, Arroyo Mancomujan, Arroyo Raicero localizado al sud oeste de la cabecera Municipal, desemboca en la Cienaga Grande de Zambrano, Arrroyo tacaloa afluente del Arroyo Raicero, Arroyo Tosnovan localizado al este de la cabecera Municipal. Cienaga el Chivo, Cienaga Larga, Cienaga Salitral, Cienaga Soledad, Cienaga Tabacal, etc, su interacción e inter-relación, depende de las condiciones climáticas de las regiones que componen el sistemas y estado en que se encuentran después de cada periodo de estación la importancia de cada una de estas depende de la función que cumplen y el grado de alteración que han sufrido.

La población fue fundada el 20 de enero de 1770 por Don Álvaro de Zambrano, y fue elevado a la categoría de municipio en 1916. Posee un único corregimiento: Capaca

4.1 Identificación del municipio

Zambrano es un municipio de Colombia, situado en el norte del país, en el departamento de Bolívar, a orillas del río Magdalena y muy cerca de las estribaciones de los Montes de María. Se sitúa a 168 km de la capital del departamento, Cartagena de Indias

4.2 Límites del municipio

Tiene una extensión aproximada de 302 Km 2 , equivalentes a 30.200 hectáreas., limita al norte con el municipio de San Juan Nepomuceno, al sur con el municipio de Córdoba, al este con el municipio de Plato (Departamento del Magdalena) y al oeste con el municipio del Carmen de Bolívar y San Jacinto.

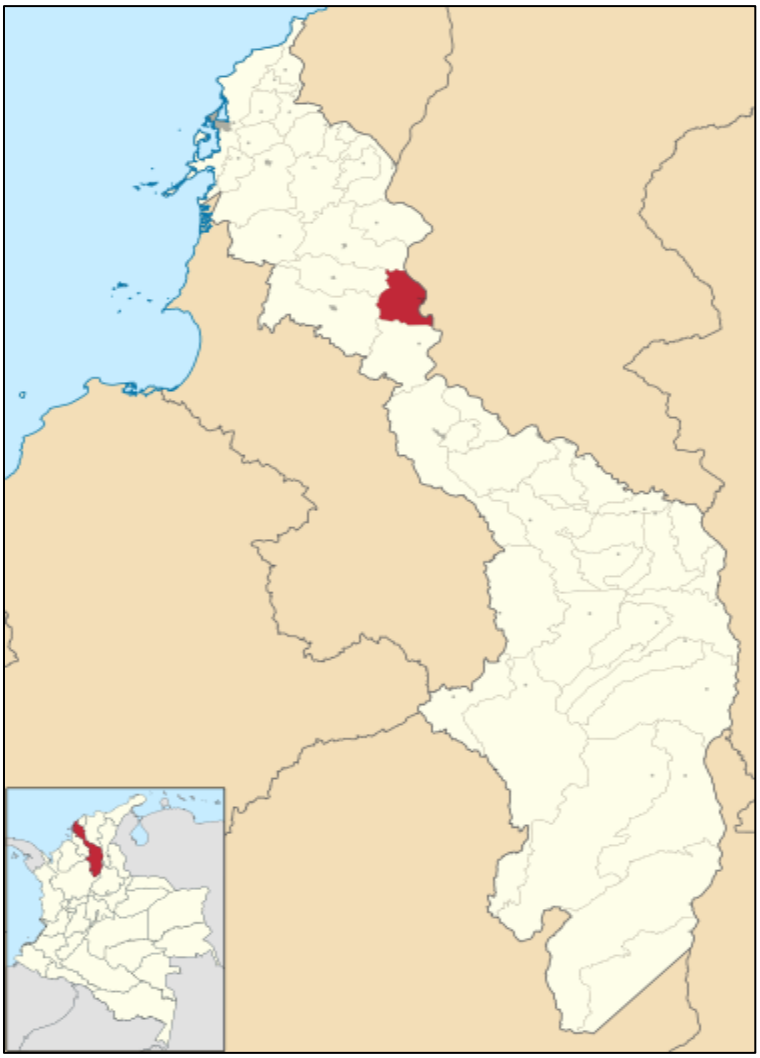


Figura 1 *Municipio de Zambrano , Departamento de Bolivar*

El Municipio de Zambrano hace parte de la sub-región Montes de Maria, ubicada en la parte central del Departamento de Bolívar junto a la serranía de San Lucas y conformada además por los municipios de: El Carmen de Bolívar, San Juan Nepomuceno, El Guamo, Maria la Baja, San Jacinto y Córdoba. Geográficamente esta ubicado en la margen izquierdo del Río Magdalena a 60 Kms aguas arriba de la entrada del canal del Dique en Calamar en el Departamento de Bolívar y en la sub-región de los Montes de Maria, entre los paralelos 9° 45' y 10° 8' de longitud Norte y los Meridianos 74° 45' 75" de Longitud Oeste. Su acceso se puede hacer por vía fluvial y terrestre. Se encuentra a 168 Kms de la capital del departamento. Tiene una altura sobre el nivel del mar de 20 metros. El Municipio esta ubicado sobre el Corredor del Carmen de Bolívar, Zambrano, Plato, El Difícil, Bosconia y Valledupar hasta empalmar con Maicao y Venezuela.

Extensión total: 302 Km2

Extensión área urbana: 4.6 Km2

Extensión área rural: 297.4 Km2

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 20 Metros

Temperatura media: 28º C

Distancia de referencia: 168 de Cartagena

Departamento:	Bolívar.
Municipio:	Zambrano
Código DANE:	13894
Número de Identificación Tributaria (NIT):	890.481.177-7
Región:	Caribe
Subregión (SGR):	Montes de María
Entorno de Desarrollo (DNP):	Intermedio
Tipología Municipal:	E
Localización Geográfica:	Latitud Norte 9° 48' Longitud Oeste 74° 24'
Altitud de la cabecera:	20 metros sobre el nivel del mar.
Categoría Ley 617 de 2000:	6
Superficie:	287 Km2 (28.700 Ha)
Población:	12.322 Habitantes
Densidad Poblacional:	42,93 Hab / Km2
Gentilicio:	Zambranero - Zambranera.

Tabla 1 *Ficha de Información Municipio de Zambrano, Bolívar*

4.3 Linderos

Además, de su Cabecera Municipal. está compuesto por un único corregimiento: Capaca y las siguientes veredas:

Jesús del Rio, Cachipay, Callao, Bongal, Candelaria, Tosnovan, Florida, Casa Blanca, Playa de las Bestias, La Unión, Caña Larga, Delirio, Benitera, Bucarelia, San Francisco, Pereira, La Tuna, Puinta Pozo, La Estrella, Guasimal, La Esperanza, Tosnovan, Salitral, Campo Alegre, Providencia, La Pianola, Isla Sura, Veranillo, Las Vegas, Cuba, Caño Negro, entre otros.

4.4 Vías de comunicación

Aéreas

Aeropuerto Montemariano (Ubicada en Jurisdicción del Carmen de Bolivar).:Pista Monterrey Forestal (Privada)

Terrestres

Carretera Troncal del Caribe Pavimentada que comunica a El Carmen de Bolívar, distancia se 39 km, carreteable asfaltada de 25 km que comunica con el Municipio de Córdoba Bolívar.

Fluviales

Rio Magdalena, que nos comunica con todos los pueblos ribereños del Magdalena, Atlántico y el Departamento de Bolívar.

4.5 Área Directa del Proyecto

El área a intervenir según el proyecto consiste en la ejecución de las obras relacionadas con la construcción pavimento en concreto rígido en DEL K0+000 AL K11+500 DE LA VÍA ZAMBRANO - JESÚS DEL RÍO, ZAMBRANO, BOLIVAR .



Figura 2 *Área General del Proyecto, Municipio de Zambrano , Bolivar*

INICIO K0+000		FINAL K11+500	
NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
1570693962	919496118	913447103	1577921649
COORDENADAS GEOGRAFICAS			
LATITUD N	LONGITUD E	LATITUD N	LONGITUD E
9°45'20.70"	74°48'40.35"O	9°49'15.48"	74°51'59.36"

Tabla 2 *Coordenadas del Área del Proyecto*

5. PARAMETROS CLIMATOLOGICOS

En el Municipio de Zambrano, Departamento de Bolivar los veranos son cortos, tórridos y secos; los inviernos son cortos, caliente y mojados y está opresivo y nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 23 °C a 37 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 39 °C.

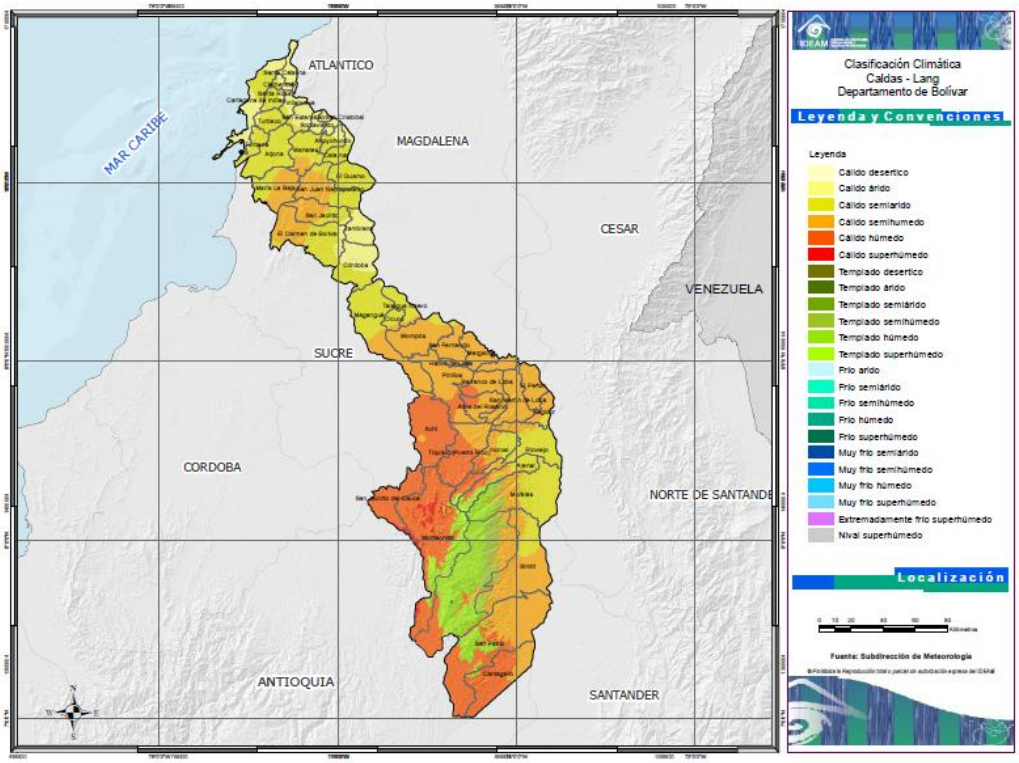


Figura 3 *Clasificación Climática del Departamento de Bolívar*

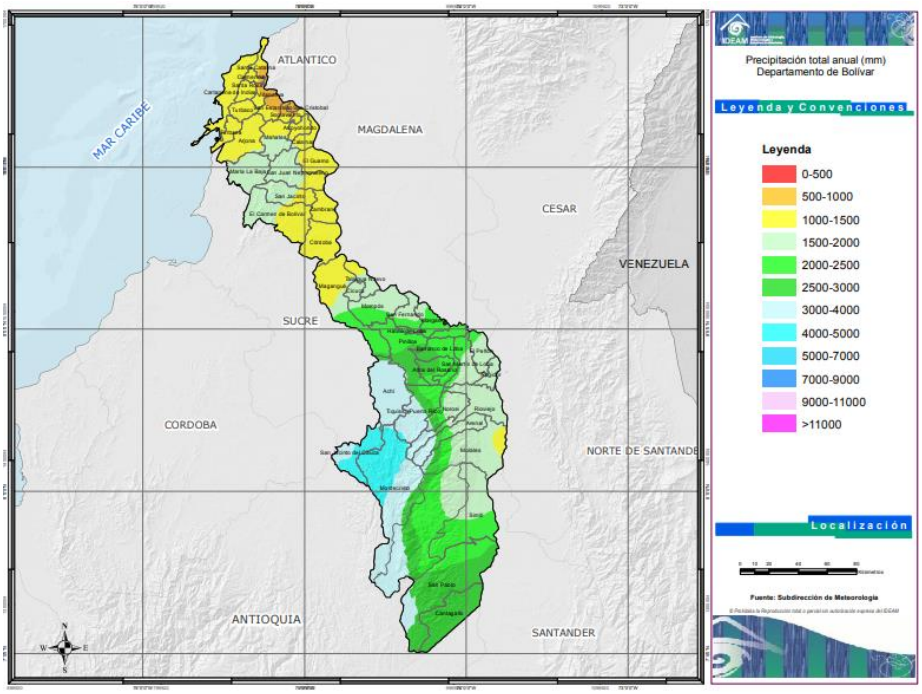


Figura 4 *Mapa Precipitación anual del Departamento de Bolívar*

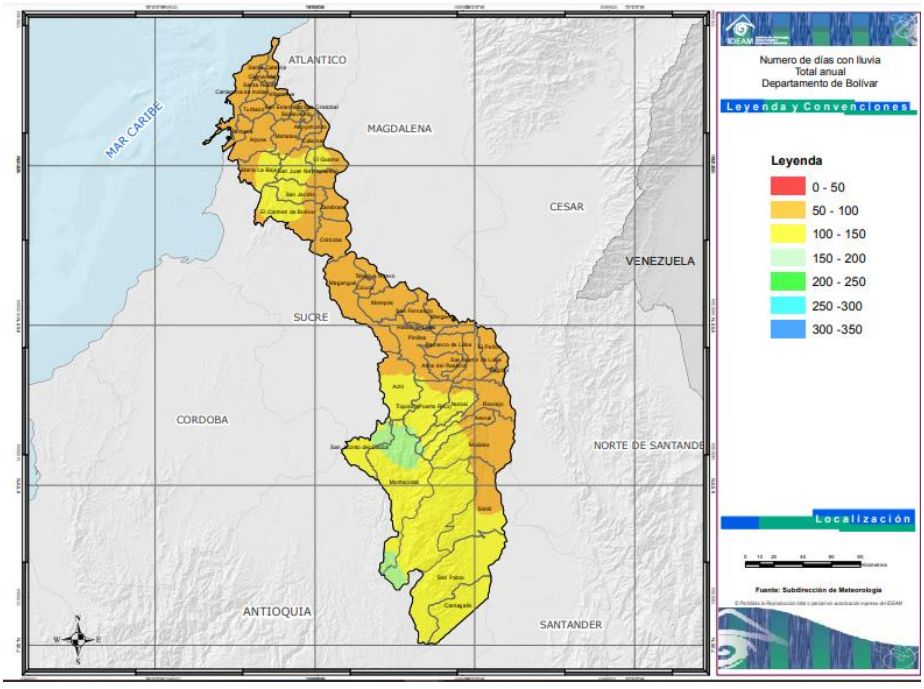


Figura 5 *Mapa Números de días con lluvia Departamento de Bolívar*

5.1 Humedad

El nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

En Zambrano la humedad percibida varía levemente.

El período más húmedo del año dura 10 meses, del 10 de marzo al 21 de enero, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 88 % del tiempo. El día más húmedo del año es el 15 de octubre, con humedad el 100 % del tiempo.

El día menos húmedo del año es el 9 de febrero, con condiciones húmedas el 85 % del tiempo.

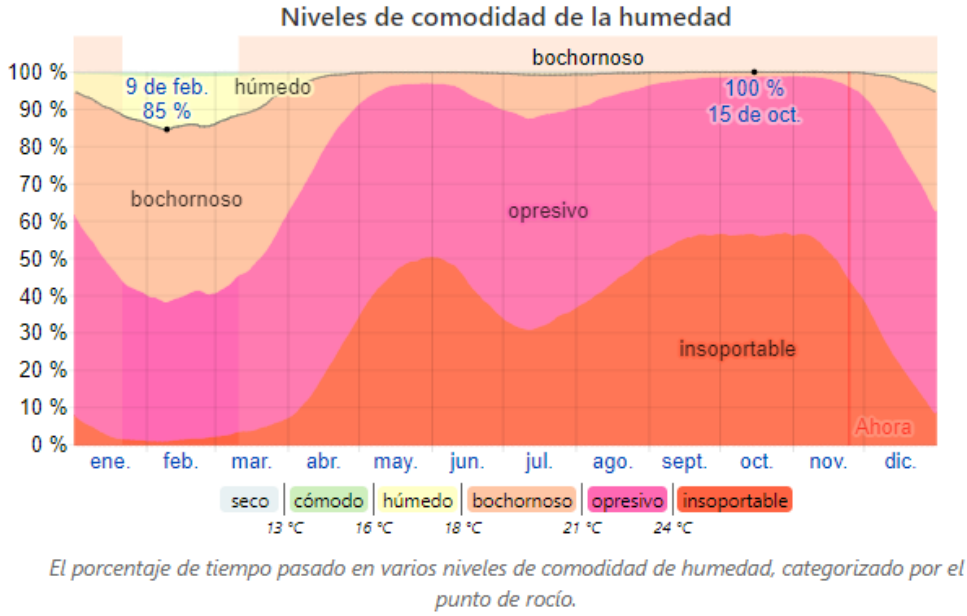
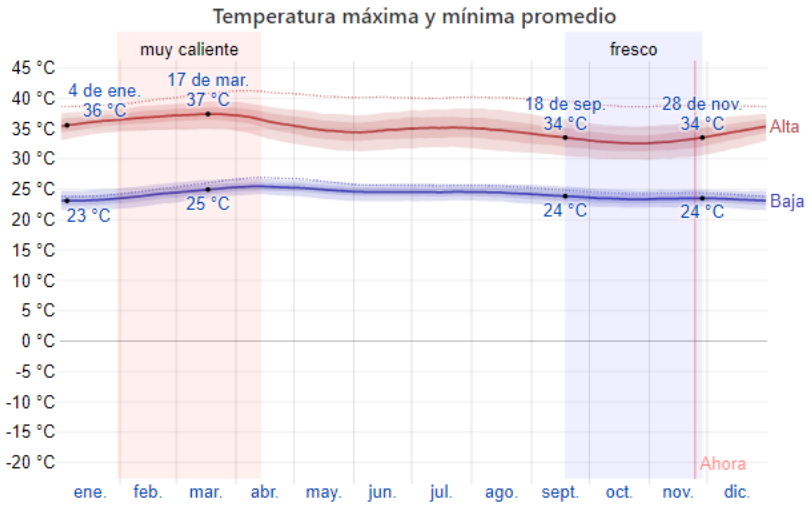


Figura 6 *Niveles de Humedad Municipio de Zambrano-Bolívar*

5.2 Temperatura

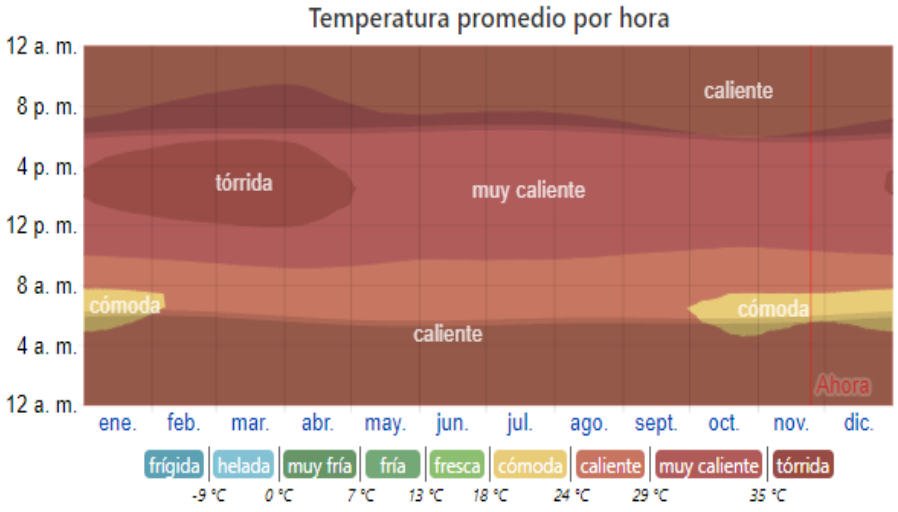
La temporada calurosa dura 2,5 meses, del 30 de enero al 14 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 36 °C. El día más caluroso del año es el 17 de marzo, con una temperatura máxima promedio de 37 °C y una temperatura mínima promedio de 25 °C.

La temporada fresca dura 2,3 meses, del 18 de septiembre al 28 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 34 °C. El día más frío del año es el 4 de enero, con una temperatura mínima promedio de 23 °C y máxima promedio de 36 °C.



La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

Figura 7 *Diagrama De Temperatura Zambrano-Bolivar*



La temperatura promedio por hora, codificada por colores en bandas. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil.

Figura 8 *Temperatura promedio Zambrano-Bolívar*

5.3 Viento

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Zambrano tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 2,7 meses, del 28 de enero al 19 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 4,6 kilómetros por hora. El día más ventoso del año en el 9 de marzo, con una velocidad promedio del viento de 5,7 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 9,3 meses, del 19 de abril al 28 de enero. El día más calmado del año es el 28 de noviembre, con una velocidad promedio del viento de 3,6 kilómetros por hora.

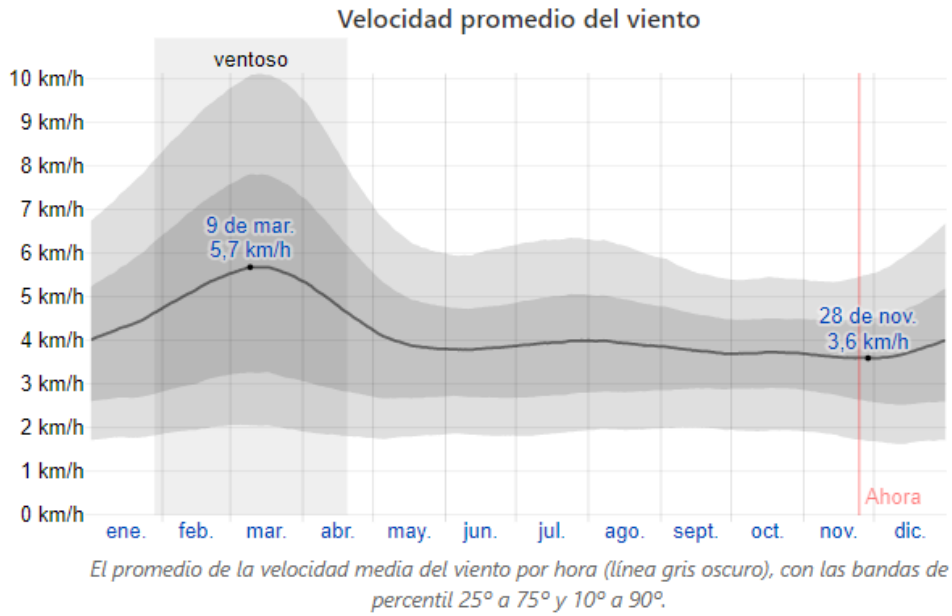


Figura 9 *Velocidad promedio del Viento*

6. DEFINICION DE AREAS HIDROGRAFICAS AREA DEL PROYECTO

La zonificación de cuencas hidrográficas en Colombia corresponde a tres niveles de jerarquía: áreas, zonas y subzonas hidrográficas.

6.1 Áreas Hidrográficas

Las ***áreas hidrográficas*** corresponden a las regiones hidrográficas o vertientes que, en sentido estricto, son las grandes cuencas que agrupan un conjunto de ríos con sus afluentes que desembocan en un mismo mar.

Ahora bien, en Colombia se distinguen cuatro vertientes, dos de ellas asociadas a ríos de importancia continental (***vertiente del Orinoco y vertiente del Amazonas***) y las vertientes del ***Atlántico y del Pacífico***. Se delimita adicionalmente como área hidrográfica la cuenca MAGDALENA-CAUCA, aunque tributa y forma parte de la vertiente del Atlántico, tiene importancia socioeconómica por su alto poblamiento y aporte al producto interno bruto.

Para el Proyecto denominado “CONSTRUCCIÓN EN PAVIMENTO ASFÁLTICO DEL K0+000 AL K11+500 DE LA VÍA ZAMBRANO - JESÚS DEL RÍO, ZAMBRANO, BOLIVAR”. El área geográfica es MAGDALENA-CAUCA; Zona Hidrográfica es Bajo Magdalena-Cauca - San Jorge; La subzona Hidrográfica es Bajo Magdalena-Cauca desde (loc.) Montelíbano hasta (loc.) Plato.

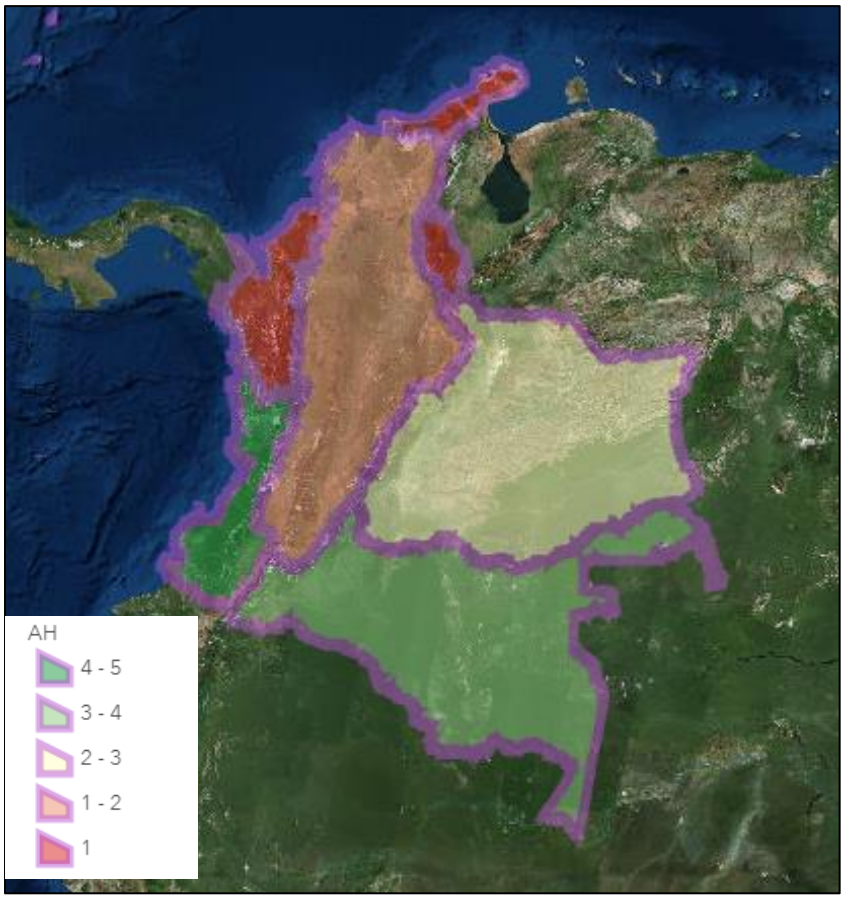


Figura 10 *Áreas Hidrográficas En Colombia*

Áreas Hidrográficas (Entidades: 5, Seleccionado: 1)

AH	NOMAH	NotasAH	PerKmAH_Ma	AreaHaAH_M
1	CARIBE		4.847,82	10.302.687,41
2	MAGDALENA-CAUCA		3.735,219	27.095.688,66
3	ORINOCO		3.840,718	34.730.028,67
4	AMAZONAS		6.189,672	34.187.752,06
5	PACÍFICO		3.365,866	7.735.720,40

Tabla 3 *Aérea y Perímetro de Áreas Hidrográficas en Colombia (MAGDALENA-CAUCA)*

6.2 Zonas Hidrográficas

Las cuencas hidrográficas que entregan o desembocan sus aguas superficiales directamente de un área hidrográfica se denominaran ***zonas hidrográficas***. Agrupan varias cuencas que se presentan como un subsistema hídrico con características de relieve y drenaje homogéneo y sus aguas tributan a través de un afluente principal hacia un área hidrográfica. Están integradas por cuencas de las partes

altas, medias o bajas de una zona hidrográfica que captan agua y sedimentos de los tributarios de diferente orden tales como nacimientos de agua, arroyos, quebradas y ríos.

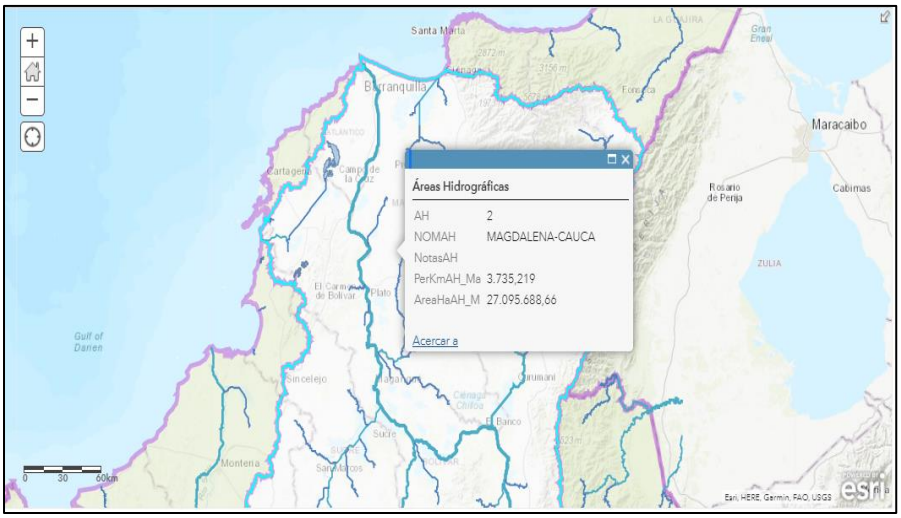


Figura 11 *Zona Hidrográfica Magdalena-Cauca*

6.2 Subzonas Hidrográficas

Las cuencas que tributan sus aguas a su vez a las zonas hidrográficas se denomina ***subzonas hidrográficas***. Ahora bien, respecto a la toponimia con que se identifican zonas y subzonas hidrográficas, a estas unidades se les asignó la toponimia de acuerdo con el nombre de la corriente más representativa o río principal o con el nombre heredado de la zonificación del HIMAT, que puede corresponder al espacio geográfico o región a la cual drenan las aguas superficiales.

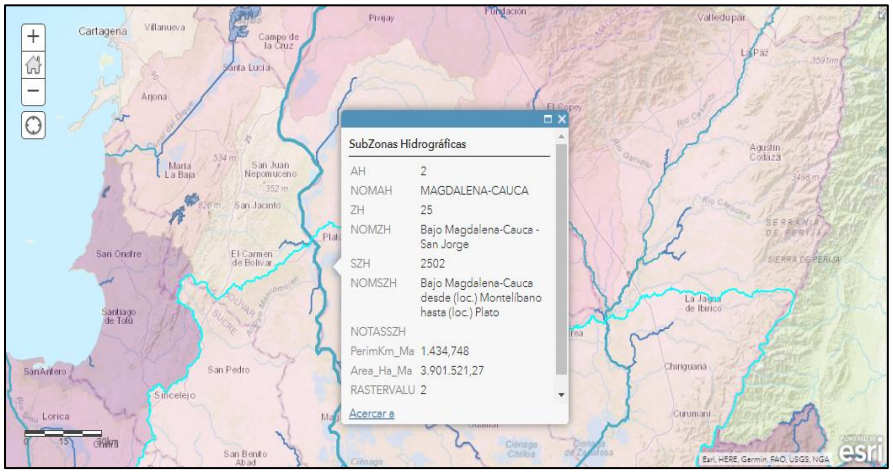


Figura 12 *Sub Zona Hidrográfica Bajo Magdalena-Cauca desde (loc.) Montelíbano hasta (loc.) Plato.*

El sistema hídrico municipal, pertenecen a la vertiente 3, constituida esta por las cuencas que nacen en los Montes de María y que drena sus aguas directamente hacia el Río Magdalena. Está compuesto por el Arroyo Alférez que desemboca en la Ciénaga Grande de Zambrano, Arroyo Mancomojan, Arroyo Raicero localizado al sudoeste de la cabecera Municipal, Arroyo Tacaloa (afluente del Arroyo Raicero), Arroyo Tosnovan (localizado al este de la cabecera Municipal). Ciénaga el Chivo, Ciénaga Larga, Ciénaga Salitral, Ciénaga Soledad, Ciénaga Tabacal, etc, su interacción e inter-relación, depende de las condiciones climáticas de las regiones que componen el sistemas y estado en que se encuentran después de cada periodo de estación la importancia de cada una de estas depende de la función que cumplen y el grado de alteración que han sufrido.

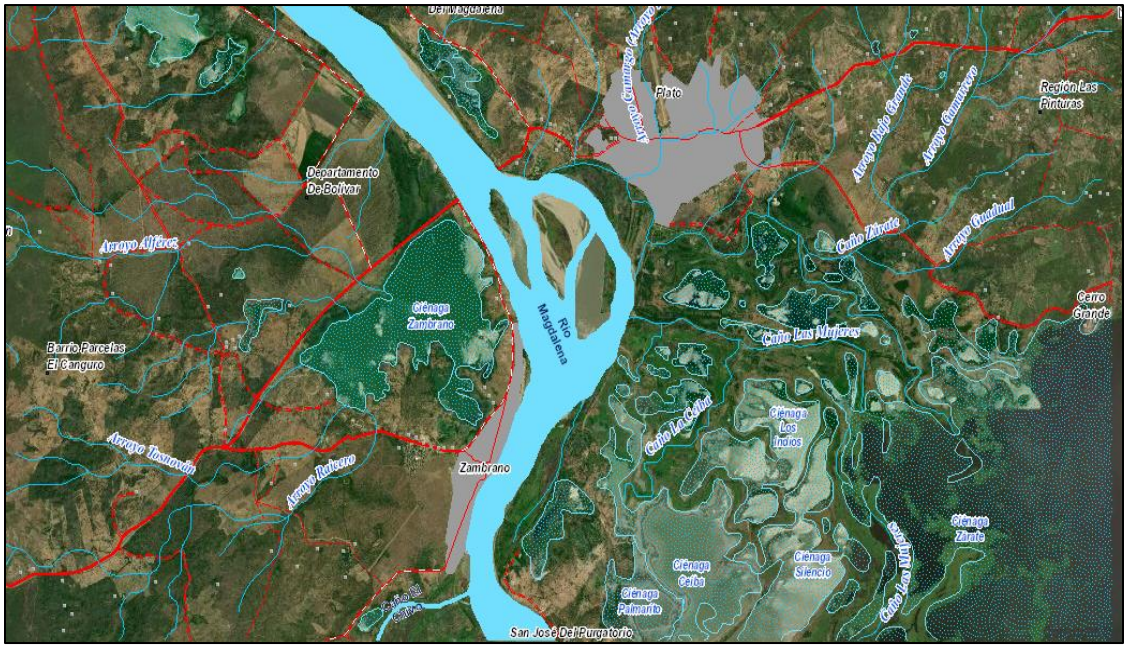


Figura 13 *Sistema hídrico Municipio de Zambrano*

Redhttp://sig.anla.gov.co:8083/

https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=8513f7a0363e4963bcf7715b281168fd

7. HIDROLOGIA DE DRENAJE SUPERFICIAL VIAL

El presente capitulo contiene las actividades desarrolladas en la realización del análisis hidrológico de las cuencas presentes a lo largo de la via. Los análisis aquí adelantados generan el conocimiento relacionado con la caracterización hidrológica para el área de influencia. Fue así, como se adelantaron análisis relacionados con el régimen y distribución temporal de caudales. Como objetivos específicos de éste estudio, se contemplaron los análisis de precipitación en la cuenca en estudio, la generación de las curvas IDF más idóneas y la generación de caudales máximos y mínimos para las cuencas. Para adelantar el desarrollo de los anteriores objetivos, se partió de la información registrada por las siguientes estaciones:

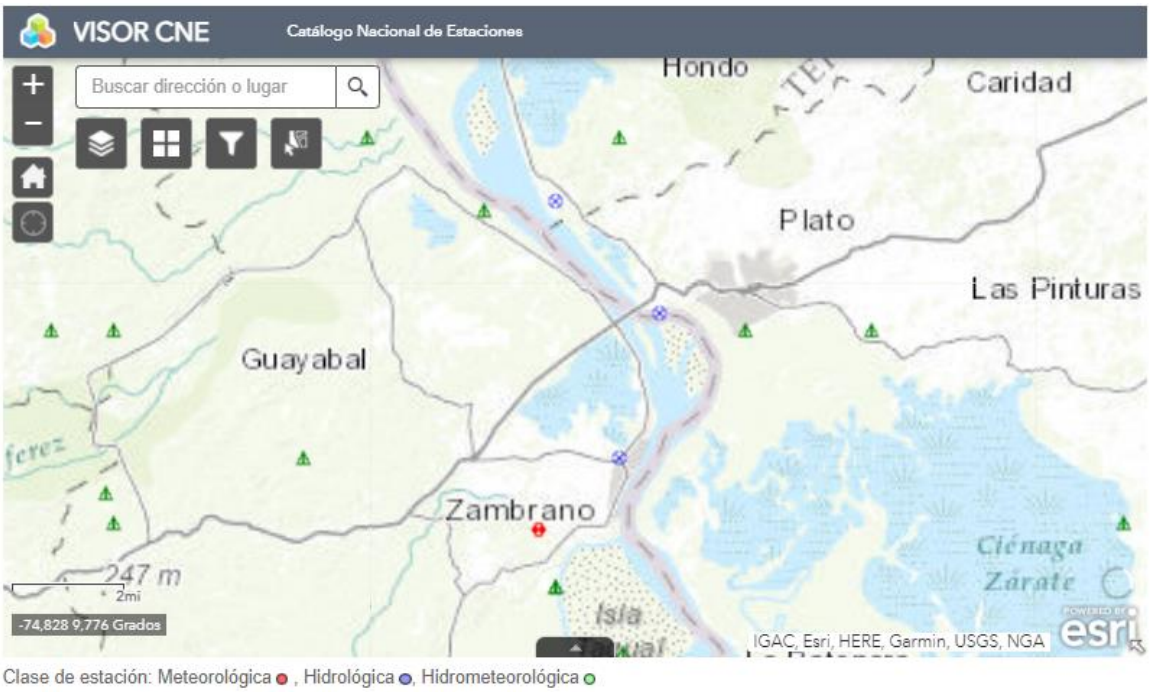
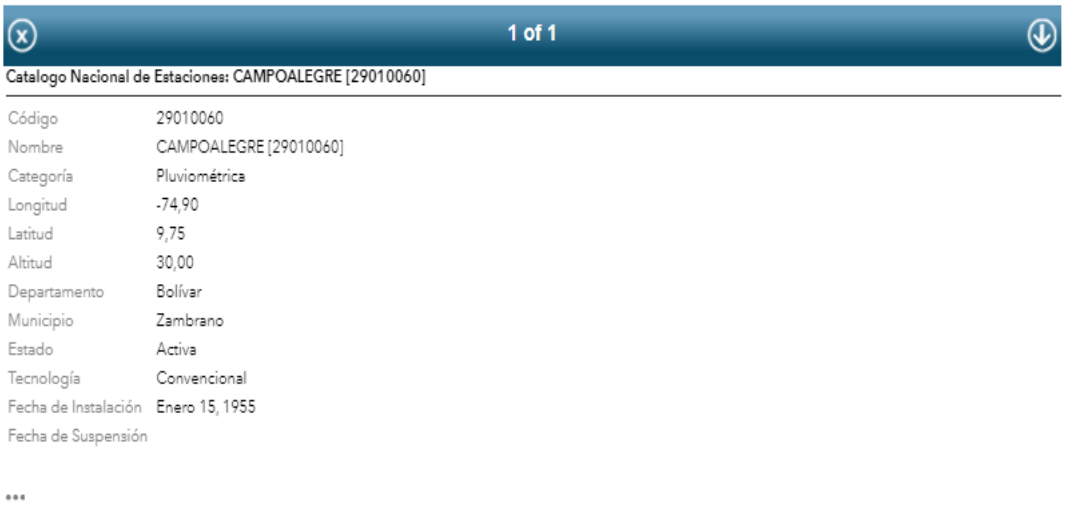


Figura 14 *Esquema de localización de las estaciones, identificar la estación y el sitio del proyecto.*

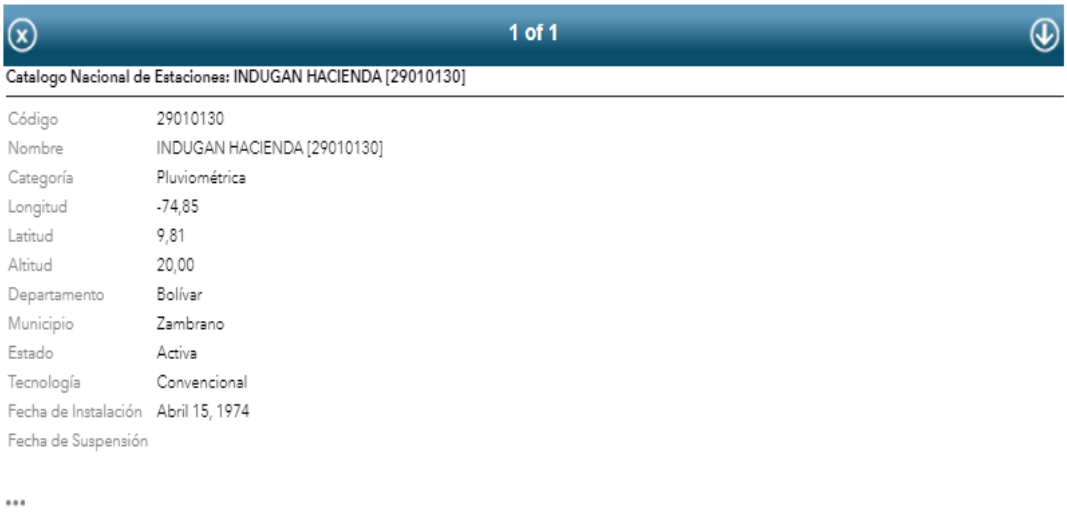


1 of 1

Catalogo Nacional de Estaciones: CAMPOALEGRE [29010060]

Código	29010060
Nombre	CAMPOALEGRE [29010060]
Categoría	Pluviométrica
Longitud	-74,90
Latitud	9,75
Altitud	30,00
Departamento	Bolívar
Municipio	Zambrano
Estado	Activa
Tecnología	Convencional
Fecha de Instalación	Enero 15, 1955
Fecha de Suspensión	

Figura 15 *Estaciones Pluviométricas cercanos al área del Proyecto (1)*



1 of 1

Catalogo Nacional de Estaciones: INDUGAN HACIENDA [29010130]

Código	29010130
Nombre	INDUGAN HACIENDA [29010130]
Categoría	Pluviométrica
Longitud	-74,85
Latitud	9,81
Altitud	20,00
Departamento	Bolívar
Municipio	Zambrano
Estado	Activa
Tecnología	Convencional
Fecha de Instalación	Abril 15, 1974
Fecha de Suspensión	

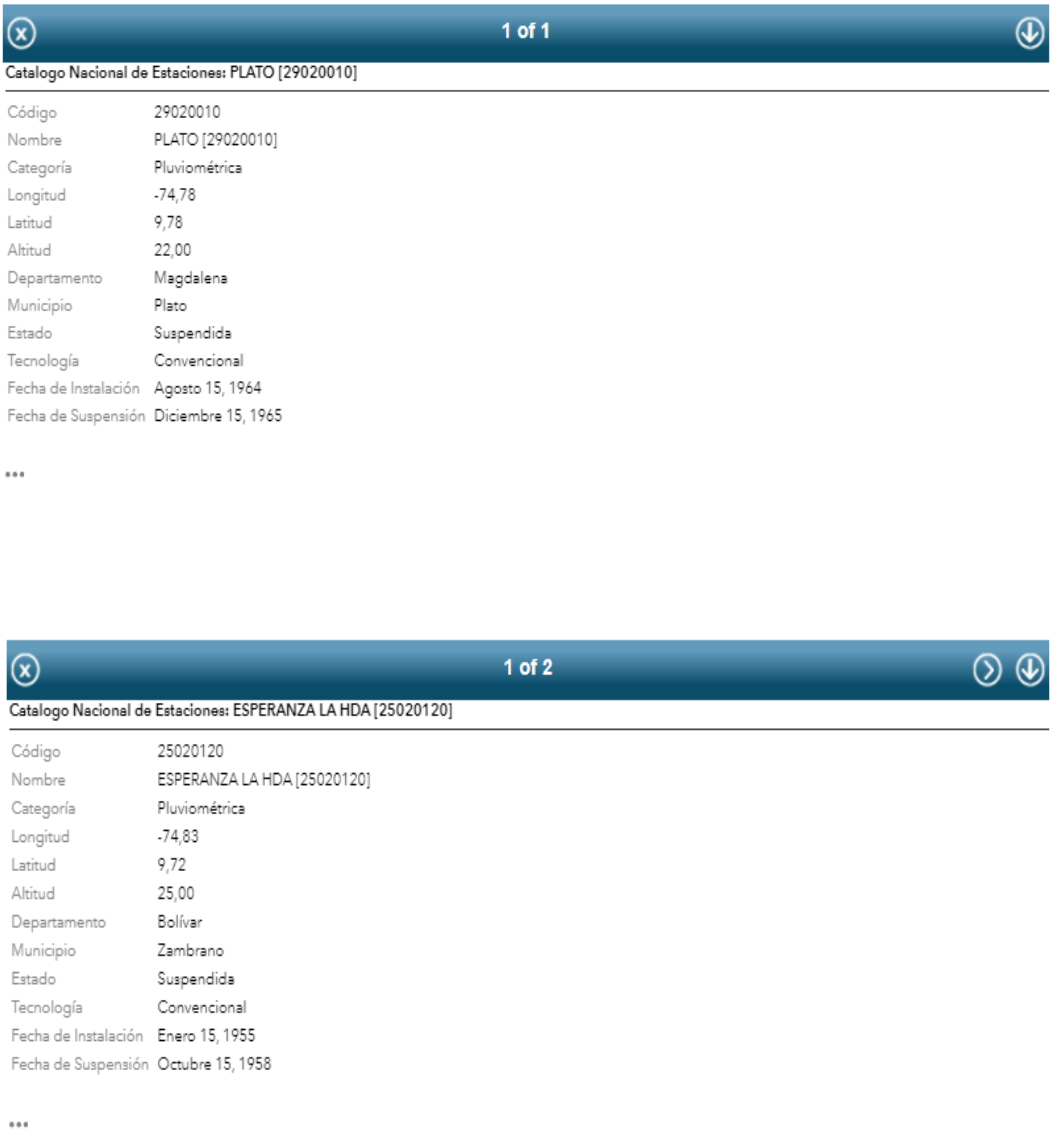


Figura 16 *Estaciones Pluviométricas cercanos al área del Proyecto (2)*

Estas estaciones fueron seleccionadas dada su proximidad y ubicación estratégica con respecto del sitio de estudio y la cantidad de información registrada a partir de la fecha de su instalación, La que se encuentra activa es la estación Pluviométrica del IDEAM No. 29010130 INDUGAN HACIENDA, Municipio de Zambrano,Bolivar.

La metodología empleada para realizar los estudios de Hidrología e Hidráulica para el "CONSTRUCCIÓN EN PAVIMENTO ASFÁLTICO DEL K0+000 AL K11+500 DE LA VÍA ZAMBRANO - JESÚS DEL RÍO ", se describe a continuación:

- Se definieron las estaciones de precipitación en la zona de estudio, teniendo en cuanta el periodo de registro, la continuidad y la localización geográfica, de tal manera que permitiera detallar los regímenes de precipitación.
- De acuerdo con la información geográfica suministrada por el IGAC, se definieron y delimitaron las cuencas aferentes a la vía. Se calcularon los parámetros morfométricos de cada una de ellas (área, longitud, pendiente).
- Se calcularon las características del aguacero de diseño. De la estación pluviométrica escogida se definió la lluvia precipitada en un periodo de retorno establecido. Se utilizó en primer lugar, el Método Racional para el cálculo de caudales pico con los cuales se diseñarán (de acuerdo con su periodo de retorno), las estructuras de drenaje de la vía. Este método se considera válido para áreas de drenaje menores a 2.5 Km^2.
- Los coeficientes de escorrentía se definieron de observaciones de campo y de estudios de la zona.
- Las intensidades de precipitación se calcularon lo más típicas posibles a las áreas del proyecto.
- Estimación de caudales máximos y mínimos de diseño para las cuencas delimitadas para el sector de estudio mediante el programa HEC-HMS

7.1 Delimitación y Caracterización De Cuencas.

A partir de la información de imágenes satelitales se determinaron los diferentes micros cuencas cuyos cauces son interceptados por la vía. Para cada una de los micros cuencas delimitadas se estimaron sus características morfométricas básicas, En la siguiente figura 17 se muestran las microcuencas delimitadas

Figura 17 *Delimitación de Cuencas K0+000 AL K11+500 DE LA VÍA ZAMBRANO - JESÚS DEL RÍO ,Municipio de Zambrano, Bolivar*

Fuente : Global Mapper; Googlearth

Como se puede observar en la imagen anterior, cada color es un microcuenca por donde se desplaza la gota de agua hacia los sitios más bajos. En la imagen se ubica el trazado de la vía de color rojo y se muestra los arroyos que se desplazan a través de ella.

7.2 Morfometría De Las Cuencas De Estudio

Para el cálculo de las características hidrográficas de las microcuencas y subcuencas, se toma como base la cartografía básica y se determina los principales parámetros, tales como el área, perímetro, longitud del cauce, cotas máximas y mínimas, etc., de acuerdo con lo planteado a continuación:

- Área (A): El área de la cuenca limitada en el terreno por la divisoria de aguas. (Km2)

- Perímetro (P) : La longitud de la divisoria de aguas. (Km)

- Longitud Axial (L) : Distancia en línea recta entre la parte más alta de la cuenca, y la parte más baja o de desembocadura. (m)

- Ancho Promedio (Kf): Relación entre el ancho medio y la longitud del cauce principal de la cuenca. El ancho medio se obtiene dividiendo el área de la cuenca por la longitud del cauce principal. (m)

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

- Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc) : Relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual a la de la cuenca. Siendo así, cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular tendrá un coeficiente de compacidad mínimo, igual a 1.

$$K_c = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

- Coeficiente de Forma: Índice propuesto por Gravelius es la relación entre el área A de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños, respectivamente.

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

Si se asemeja la cuenca a una superficie cuadrada, valores por exceso de la unidad indican cuencas con forma achatada, más propicias a producir grandes crecientes, y valores menores a la unidad indican cuencas alargadas con mejor respuesta ante un evento hidrológico. El valor obtenido indica que la cuenca tiene una forma alargada, con una respuesta muy buena ante una eventual creciente.

- Cota Mayor (Hmax) : La mayor altura que se presenta en la cuenca. (Msnm)

- Cota Menor (Hmin) : La menor altura que se presenta en la cuenca. (Msnm)

- Pendiente Media (Sm) : La inclinación del cauce principal, definida por la diferencia en elevación entre la cota mayor y la cota menor dividida por la longitud axial de la cuenca.

$$S_m = \frac{H_{máx} - H_{mín}}{L}$$

- Altura Media de la Cuenca (E) : La elevación media a la que se ubica la cuenca definida en msnm.

$$E = \frac{H_{máx} + H_{mín}}{2}$$

Patrón de Drenaje: Según Blecher (1978). Los Patrones de Drenaje son los modelos formados por los canales que colectan, llevan y descargan el agua desde la superficie de las formas de la tierra.

- Longitud de Drenajes (Ld) : Es la longitud total de los cursos de agua de la cuenca. (Km)

- Densidad de Drenajes (Dd) : Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total. (m/Km2)

$$Dd = \frac{Ld}{A}$$

- Longitud del cauce Principal : Recorrido total del cauce principal, hasta su desembocadura. A continuación, en la TABLA CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS CUENCAS EN ESTUDIO se presentan estas características.

8. DEFINICION DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje de la vía tiene como principal objetivo reducir al máximo posible la cantidad de agua que llega a la vía y darle salida rápida de tal manera que no destruya progresivamente la capa de rodadura de la vía y su cimentación.

Construir estructuras de drenaje superficial longitudinal a lo largo de la carretera, generalmente cunetas y canales, para capturar el flujo de agua proveniente del pavimento.

Consideraciones a tener en cuenta para lograr un buen drenaje:

- El agua no debe circular en cantidades excesivas por la superficie de rodadura formando charcos y baches.

- Evitar que el agua de las cunetas humedezca los terraplenes originando asentamientos en la corona de la vía.

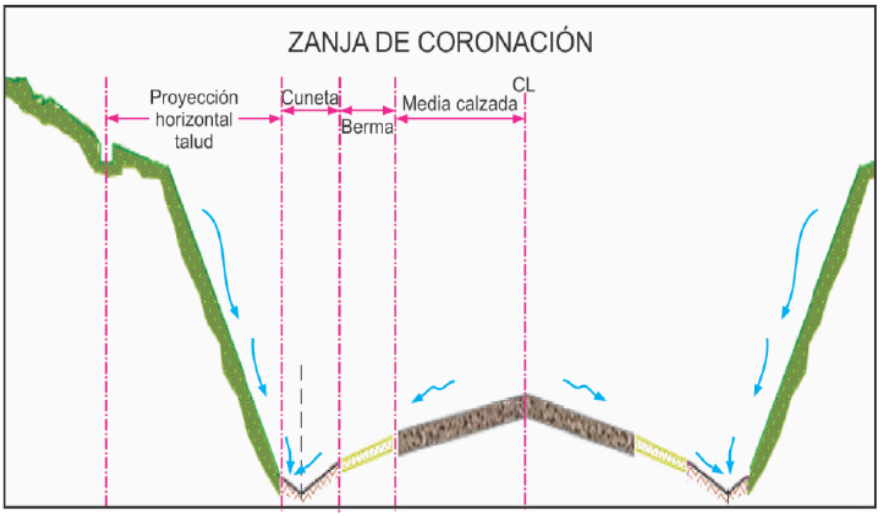


Figura 18 *Área aferente del pavimento*

8.1 Metodología

De forma general, la metodología empleada en la realización del estudio de hidrología del corredor consistió en la realización de los siguientes procesos:

- Delimitación y caracterización morfométrica de las micro cuencas de aportación al corredor, esta delimitación se realizó en base a imágenes de elevación de Google earth, donde se realiza su

análisis con Globall Mapper, el programa delimita las cuencas y define la dirección las corrientes, acumulándolas hasta su punto de vertido.

- Selección de estación hidroclimatológicas apropiadas para la realización de estudio. recopilación, análisis, evaluación y procesamiento estadístico de la información básica disponible en los registros históricos de la estación climática seleccionada, operadas por el IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

8.2 Determinación de la Intensidad de la lluvia (mm/h) en la zona del proyecto

8.2.1 Identificación de la Estación Meteorológica representativa. Serie histórica de la precipitación

Consultar en el IDEAM los registros históricos de la precipitación máxima registrada en veinticuatro (24) horas en la estación meteorológica representativa más cercana a la ubicación del proyecto.

La estación meteorológica puede corresponder a una Estación Pluviométrica dotada de un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas.

Si la estación no cuenta con dichos registros, se obtendrán los registros históricos de la precipitación diaria medidos en la estación meteorológica representativa de la zona del proyecto o de estaciones meteorológicas de la zona del proyecto que más se asemejen a las condiciones climatológicas del sitio del proyecto.

Identificar, para cada año de la serie histórica, el valor máximo de precipitación registrado en veinticuatro (24) horas. Es decir, establecer el valor de la precipitación del día más lluvioso de dicho año.

8.2.2 Cálculo de la Intensidad de la lluvia (mm/h)

Para el cálculo de la intensidad de la lluvia en vías terciarias puede ser aplicada la siguiente metodología:

1. Identificar, para cada año de la serie histórica, el valor máximo de precipitación registrado en veinticuatro (24) horas.

2. La intensidad de la lluvia calcularla para diferentes duraciones de aguacero y para cada año de la serie histórica. Generalmente se utilizan duraciones de aguacero de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos.

3. Aplicar los valores de los periodos de retorno (T) recomendados en el Manual de Drenaje Vial del INV 2009, que se indican en la Tabla 4.

Obras de drenaje vial	Tr
Drenaje superficial	2
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0.9m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10m)	25
Puentes de luz igual a 10m y menor a 50m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50m	100

Tabla 4 *Periodos de retorno para el diseño de obras de drenaje vial*

Valores del coeficiente de rugosidad de Manning	
Material	**n**
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 en rip-rap	0.020 - 0.035

Tabla 5 *Valores del coeficiente de rugosidad de Manning, para drenaje de aguas lluvias con conductos abiertos.*

Fuente: Titulo D, RAS-2000.

MATERIAL	VELOCIDAD MÁXIMA (m/s)
Ladrillo común	3.0
Ladrillo vitrificado	5.0
Arcilla vitrificada (gres)	4.0
Concreto 175 kg/cm^2	6.0
Concreto 210 kg/cm^2	10.0
Concreto 280 kg/cm^2	15.0
Concreto 350 kg/cm^2	20.0

Tabla 6 *Velocidad máxima permisible en canales artificiales*

4. Para determinar la intensidad de la lluvia se puede aplicar la Metodología Simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia indicada en el Manual de Drenaje de Carreteras del INV 2009, en el cual se recomienda la utilización de la precipitación máxima promedio anual en 24 horas y aplicar la expresión que a continuación se indica:

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

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 dependen de la región del país donde está ubicada la estación meteorológica. Las regiones y los valores de los parámetros se muestran en la Tabla 5 y su ubicación en la Figura 13.

REGIÓN		a	b	c	d
Andina	(R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe	(R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico	(R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquía	(R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Tabla 7 *Parámetros según regiones del país / Valores obtenidos del Manual de Drenaje para carreteras del INV- 2009*

Notas: 1 El periodo de retorno de diseño de las obras podrá variarse, a juicio del ingeniero Consultor, para casos especiales, debidamente justificados.

2. En caso de que los taludes de corte de la vía sean inestables se podrá incrementar este periodo de retorno, a juicio del ingeniero Consultor.

8.2.3 Coeficiente De Escorrentía

Se deberán adoptar los siguientes valores de coeficientes de escorrentía para el cálculo de caudales máximos instantáneos anuales en obras de drenaje vial:

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.			

Tabla 8 *Valores Coeficiente de Escorrentía Área Rurales*

8.2.4 Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración se define como el tiempo necesario, que tarda una gota de agua en el punto hidráulicamente más lejano de la cuenca en llegar hasta la salida de la cuenca o cruce en un determinado sitio, desde el inicio de la precipitación. La estimación de los tiempos de concentración para las cuencas delimitadas a lo largo de la vía se hizo basada en la metodología de cálculo propuesta por California. A continuación, se presenta la metodología aplicada para cada método.

Método de California

Fórmula utilizada para cuencas pequeñas y situadas en zonas agrícolas. Es muy utilizada en la aplicación del Método Racional.

$$t_c = \left(\frac{0{,}871 \cdot L^3}{H}\right)^{0{,}385}$$

Siendo:

- L: longitud del cauce más largo en Km.
- H: desnivel máximo de la cuenca en m.
- tc: tiempo de concentración expresado en horas.

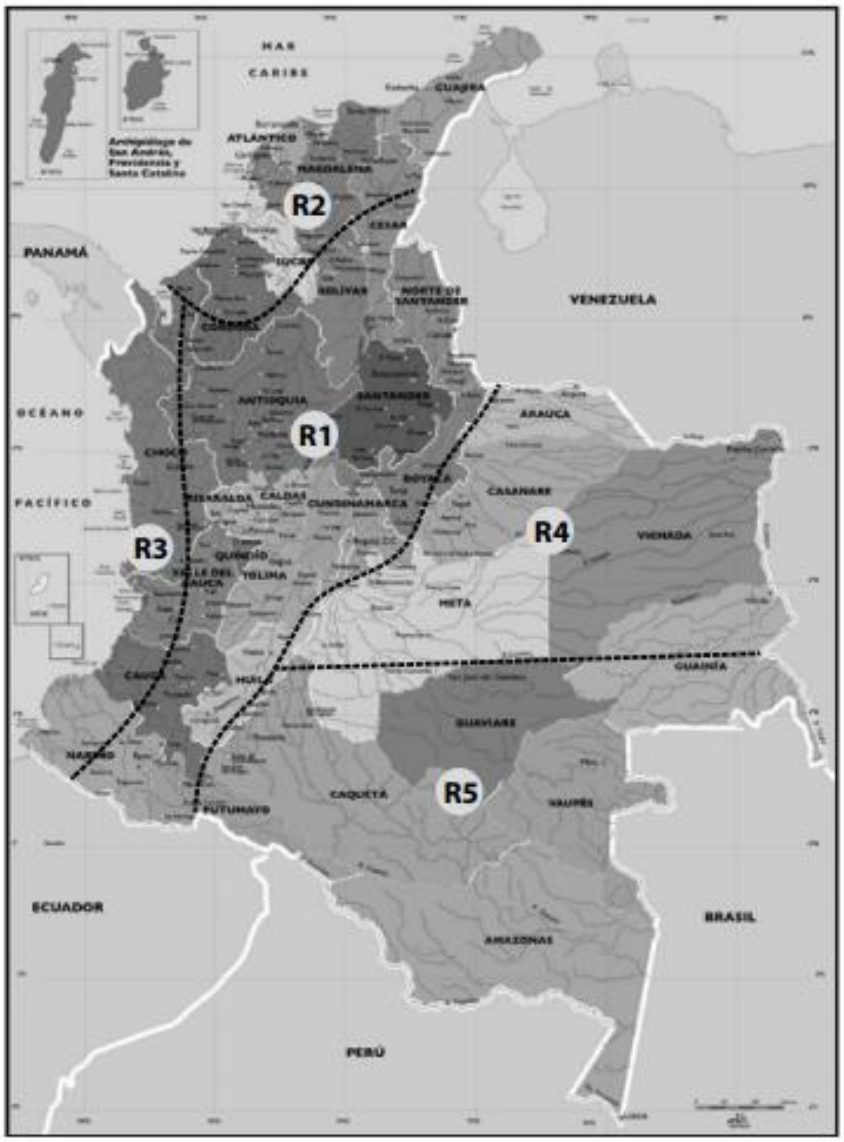


Figura 19 *Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d. (Regiones adoptadas del Manual de drenaje de carreteras INV-figura 2.13)*

8.3 Estudio Hidrológico De La Zona Del Proyecto

De los registros históricos de la precipitación máxima registrada en 24 horas en la estación meteorológica representativa de la zona del proyecto, en nuestro caso es la estación Pluviométrica del IDEAM No. 29010130 INDUGAN HACIENDA, Municipio de Zambrano,Bolivar.

Estación	Código	Tipo	Coordenadas		Elevación m.s.n.m	Dpto	Municipio	Estado
			Longitud	Latitud				
INDUGAN HACIENDA	29010130	Pluviométrica	-74.85	9.81	20 m	Bolivar	Zambrano	Activa

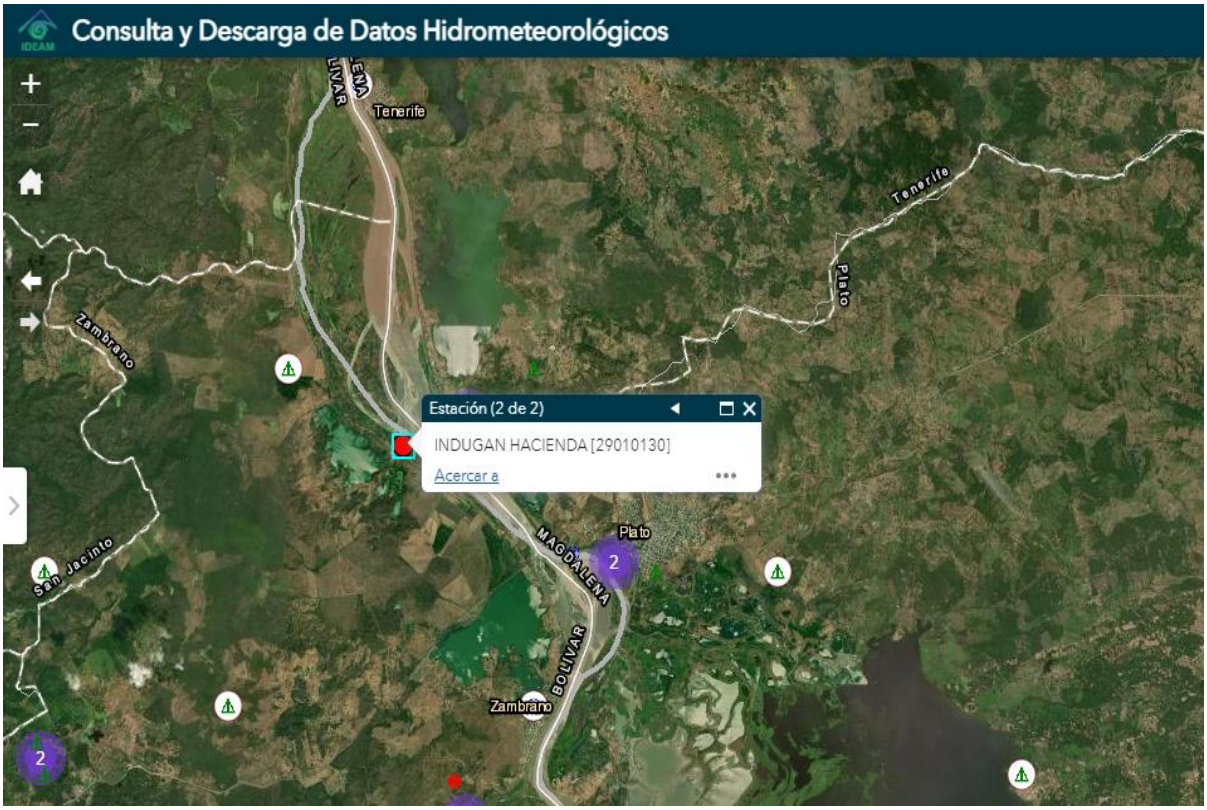


Figura 20 *Estación Pluviométrica del IDEAM No. 29010130 INDUGAN HACIENDA, Municipio de Zambrano, Bolívar.*

Fuente: http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion

http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/

Para obtener las curvas I-D-F y utilizando los datos de la estación Pluviométrica del IDEAM No. 29010130 INDUGAN HACIENDA, Municipio de Zambrano, Bolivar.

A partir de la información recopilada y seleccionada, se registran los valores máximos mensuales anuales y multianuales de la precipitación y se determina el promedio de las mismas utilizando el método de Gumbel. Ver Tabla 10

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA					
Estación:	INDUGAN HACIENDA	Coordenadas UTM Huso 31 (m)	Latitud 9.81	Cota =	20 m.s.n.m
Denominación:	[29010130]		Longitud 74.85		

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo	
2010	45.00	15.00	20.00	29.00	23.00	147.00	53.00	59.00	50.00	79.00	80.00	15.00	147.00	147.00
2011	62.00	0.00	0.00	29.00	50.00	88.00	30.00	38.00	22.00	39.00	101.00	50.00	101.00	101.00
2012	21.00	0.00	0.00	33.00	31.00	55.00	35.00	40.00	44.00	55.00	33.00	33.00	55.00	55.00
2013	0.00	0.00	10.00	35.00	41.00	79.00	53.00	22.00	81.00	24.00	68.00	46.00	81.00	81.00
2014	0.00	7.08	8.00	20.00	30.00	84.00	18.00	40.00	49.00	37.00	51.00	25.00	84.00	84.00
2015	55.00	3.00	2.00	4.00	26.00	10.00	22.00	29.00	14.00	29.00	68.00	56.00	68.00	68.00
2016	10.00	0.00	0.00	0.00	110.00	60.00	95.00	40.00	52.00	72.00	85.00	61.00	110.00	110.00
2017	89.00	0.00	0.00	34.00	42.00	46.00	74.00	20.00	40.00	19.00	49.00	80.00	89.00	89.00
2018	38.25	15.75	0.00	60.00	20.00	75.00	40.00	0.00	17.00	28.33	55.00	0.00	75.00	75.00
2019	0.38	0.00	0.70	2.53	2.96	2.36	2.65	1.96	5.00	4.90	3.60	0.00	5.00	5.00
2020	0.00	1.82	0.67	0.53	8.19	6.83	6.19	5.22	5.73	5.10	0.00	0.00	8.19	8.19
MAX	89.00	15.75	20.00	60.00	110.00	147.00	95.00	59.00	81.00	79.00	101.00	80.00	147.00	

Tabla 9 *Valores de precipitación máxima mensual y anual, estación Pluviométrica del IDEAM No. 29010130 INDUGAN HACIENDA, Municipio de Zambrano, Bolívar.*

Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm) xi	(xi - x)^2
1	2010	147	147.00	5207.72
2	2011	101	101.00	684.58
3	2012	55	55.00	393.45
4	2013	81	81.00	38.00
5	2014	84	84.00	83.99
6	2015	68	68.00	46.72
7	2016	110	110.00	1236.55
8	2017	89	89.00	200.63
9	2018	75	75.00	0.03
10	2019	5	5.00	4876.99
11	2020	8.19	8.19	4441.62
11		*Suma*	823.2	17210.3

Tabla 10 *Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel*

Cálculo variables probabilísticas		
$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$	74.84	mm
$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$	41.49	mm
$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s =$	32.35	mm
$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha =$	56.17	mm

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

Periodo Retorno Años	Variable Reducida YT	Precip. (mm) XT'(mm)	Prob. de ocurrencia F(xT)	Corrección intervalo fijo XT (mm)
2	0.3665	68.0206	0.5000	76.8633
5	1.4999	104.6823	0.8000	118.2910
10	2.2504	128.9556	0.9000	145.7198
25	3.1985	159.6250	0.9600	180.3762
50	3.9019	182.3772	0.9800	206.0863
100	4.6001	204.9615	0.9900	231.6065
500	6.2136	257.1503	0.9980	290.5799

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas — *Fuente: D. F. Campos A., 1978*

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

Tabla 11 *Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas*

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	76.8633	118.2910	145.7198	180.3762	206.0863	231.6065	290.5799
18 hr	X18 = 91%	69.9456	107.6449	132.6051	144.3010	187.5385	210.7619	264.4277
12 hr	X12 = 80%	61.4906	94.6328	116.5759	144.3010	164.8690	185.2852	232.4639
8 hr	X8 = 68%	52.2670	80.4379	99.0895	122.6558	140.1387	157.4924	197.5943
6 hr	X6 = 61%	46.8866	72.1575	88.8891	110.0295	125.7126	141.2800	177.2537
5 hr	X5 = 57%	43.8121	67.4259	83.0603	102.8144	117.4692	132.0157	165.6305
4 hr	X4 = 52%	39.9689	61.5113	75.7743	93.7956	107.1649	120.4354	151.1015
3 hr	X3 = 46%	35.3571	54.4139	67.0311	82.9731	94.7997	106.5390	133.6667
2 hr	X2 = 39%	29.9767	46.1335	56.8307	70.3467	80.3736	90.3265	113.3261
1 hr	X1 = 30%	23.0590	35.4873	43.7160	54.1129	61.8259	69.4820	87.1740

Tabla 12 *Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias*

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma

$$I = \frac{P\ [mm]}{t_{duración}\ [hr.]}$$

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	9.10	11.13	12.96	15.86	18.47	21.51	30.65
18 hr	1080	10.50	12.85	14.97	18.31	21.32	24.84	35.39
12 hr	720	12.86	15.74	18.33	22.42	26.12	30.42	43.34
8 hr	480	15.76	19.27	22.45	27.46	31.99	37.26	53.08
6 hr	360	18.19	22.26	25.92	31.71	36.93	43.02	61.30
5 hr	300	19.93	24.38	28.40	34.74	40.46	47.13	67.15
4 hr	240	22.28	27.26	31.75	38.84	45.24	52.69	75.07
3 hr	180	25.73	31.47	36.66	44.85	52.23	60.84	86.69
2 hr	120	31.51	38.55	44.90	54.92	63.97	74.51	106.17
1 hr	60	44.56	54.51	63.49	77.68	90.47	105.37	150.14

Tabla 13 *Intensidades de lluvia a partir de pd, según duración de precipitación y frecuencia de la misma.*

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	11.1277	7.2724	2.4094	17.5224	52.8878
2	1080	12.8491	6.9847	2.5533	17.8339	48.7863
3	720	15.7369	6.5793	2.7560	18.1325	43.2865
4	480	19.2737	6.1738	2.9587	18.2666	38.1156
5	360	22.2554	5.8861	3.1026	18.2621	34.6462
6	300	24.3795	5.7038	3.1937	18.2164	32.5331
7	240	27.2572	5.4806	3.3053	18.1152	30.0374
8	180	31.4739	5.1930	3.4492	17.9113	26.9668
9	120	38.5474	4.7875	3.6519	17.4834	22.9201
10	60	54.5143	4.0943	3.9985	16.3711	16.7637
10	4980	257.4152	58.1555	31.3786	178.1150	346.9435
Ln (d) =	6.0456	*d =*	422.2660	*n =*	-0.5000	

Tabla 14 *Regresión Periodo de Retorno T = 5 años*

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	**x**	**y**	**ln x**	**ln y**	**ln x*ln y**	**(lnx)^2**
1	**1440**	**12.9608**	7.2724	2.5619	18.6314	52.8878
2	**1080**	**14.9658**	6.9847	2.7058	18.8990	48.7863
3	**720**	**18.3293**	6.5793	2.9085	19.1358	43.2865
4	**480**	**22.4487**	6.1738	3.1112	19.2081	38.1156
5	**360**	**25.9216**	5.8861	3.2551	19.1597	34.6462
6	**300**	**28.3957**	5.7038	3.3462	19.0862	32.5331
7	**240**	**31.7473**	5.4806	3.4578	18.9510	30.0374
8	**180**	**36.6587**	5.1930	3.6016	18.7032	26.9668
9	**120**	**44.8975**	4.7875	3.8044	18.2134	22.9201
10	**60**	**63.4946**	4.0943	4.1510	16.9954	16.7637
10	4980	299.8201	**58.1555**	**32.9035**	**186.9833**	**346.9435**
Ln (d) =	**6.1981**	***d =***	**491.8274**	***n =***	**-0.5000**	

Tabla 15 *Regresión Periodo de Retorno T = 10años*

Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de Retorno (años)	**Término ctte. de regresión (d)**	**Coef. de regresión [n]**
2	345.17501897350	-0.50000000000
5	422.26604373339	-0.50000000000
10	491.82744356146	-0.50000000000
25	601.67166618784	-0.50000000000
50	700.78719763542	-0.50000000000
100	816.23038605304	-0.50000000000
500	1163.01725809557	-0.50000000000
Promedio =	648.71071632003	-0.50000000000

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno *(T)* y el término constante de regresión *(d)*, para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^{m}$$

Tabla 16 *Resumen de aplicación de regresión potencial*

Regresión potencial						
Nº	**x**	**y**	**ln x**	**ln y**	**ln x*ln y**	**(lnx)^2**
1	**2**	**345.1750**	0.6931	5.8441	4.0508	0.4805
2	**5**	**422.2660**	1.6094	6.0456	9.7301	2.5903
3	**10**	**491.8274**	2.3026	6.1981	14.2717	5.3019
4	**25**	**601.6717**	3.2189	6.3997	20.5999	10.3612
5	**50**	**700.7872**	3.9120	6.5522	25.6324	15.3039
6	**100**	**816.2304**	4.6052	6.7047	30.8763	21.2076
7	**500**	**1163.0173**	6.2146	7.0588	43.8675	38.6214
7	692	4540.9750	**22.5558**	**44.8032**	**149.0286**	**93.8667**
Ln (K) =	**5.6916**	***K =***	**296.3553**	***m =***	**0.2200**	

Termino constante de regresión (K) =	**296.3553**
Coef. de regresión (m) =	**0.220000**

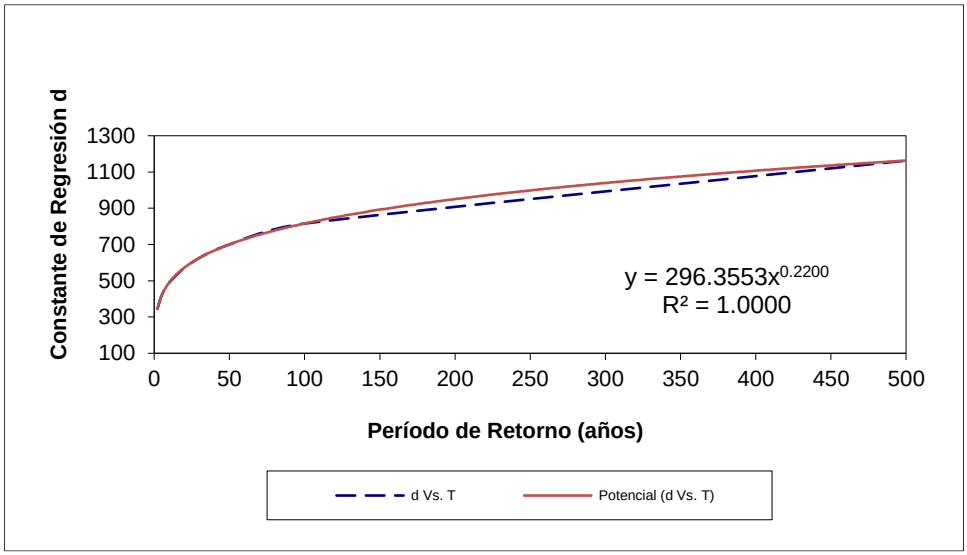


Figura 21 *Grafica Regresión por periodos de Diseño*

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{296.3553 * T^{0.220000}}{t^{0.50000}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración

Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	154.37	109.15	89.12	77.18	69.04	63.02	58.35	54.58	51.46	48.82	46.54	44.56
5	188.84	133.53	109.03	94.42	84.45	77.09	71.38	66.77	62.95	59.72	56.94	54.51
10	219.95	155.53	126.99	109.98	98.37	89.79	83.13	77.76	73.32	69.55	66.32	63.49
25	269.08	190.27	155.35	134.54	120.33	109.85	101.70	95.13	89.69	85.09	81.13	77.68
50	313.40	221.61	180.94	156.70	140.16	127.95	118.45	110.80	104.47	99.11	94.49	90.47
100	365.03	258.11	210.75	182.51	163.25	149.02	137.97	129.06	121.68	115.43	110.06	105.37
500	520.12	367.78	300.29	260.06	232.60	212.34	196.59	183.89	173.37	164.48	156.82	150.14

Tabla 17 *Calculo de Intensidad de Lluvia para TR= 5 y 10 Años*

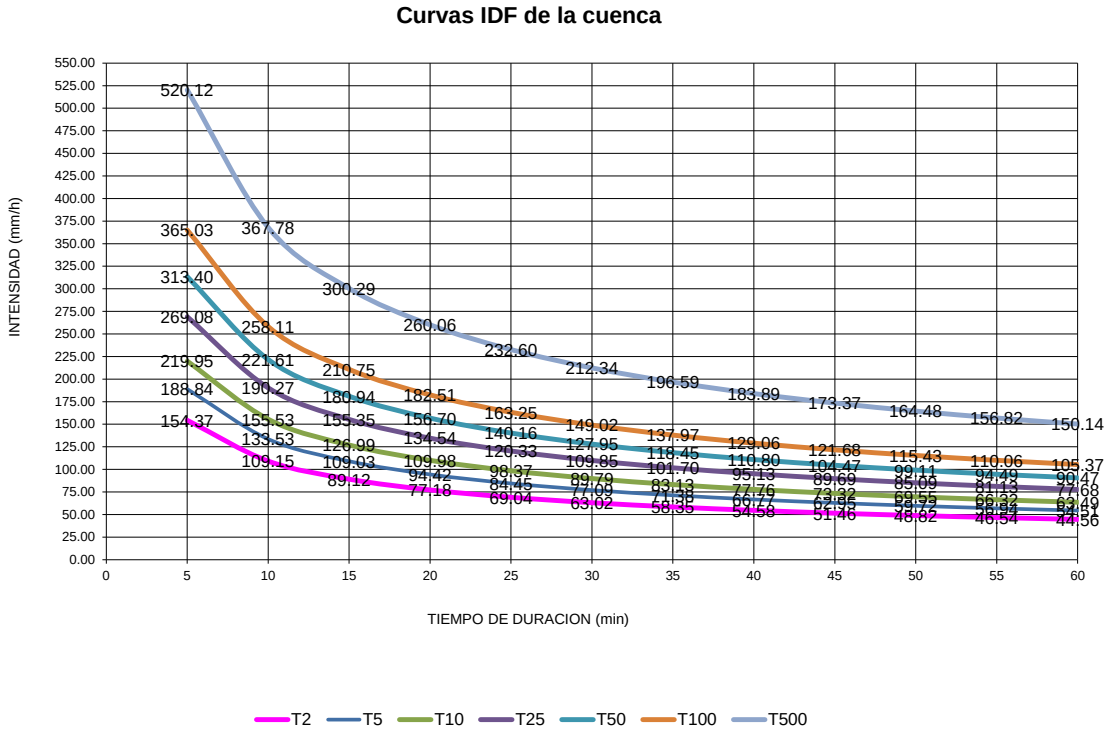


Figura 22 *Curva IDF de la Cuenca*

Tiempo de concentración de la cuenca (Fórmula California)

$$Tc = 0'066 \cdot \left(\frac{L}{j^{0'55}} \right)^{0'77}$$

L cauce ppal =	0.5	km
Pendiente =	0.005	m/m
Tiempo concentración =	0.30	h
Tiempo de duración de la tormenta =	0.30 h	17.86 min

Curvas IDF de la cuenca

$$I = \frac{K \cdot T^{m}}{t^{n}}$$

$$I = \frac{296.3553 \cdot T^{0.220000}}{t^{0.50000}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	154.37	188.84	219.95	269.08	313.40	365.03	520.12
10	109.15	133.53	155.53	190.27	221.61	258.11	367.78
15	89.12	109.03	126.99	155.35	180.94	210.75	300.29
20	77.18	94.42	109.98	134.54	156.70	182.51	260.06
25	69.04	84.45	98.37	120.33	140.16	163.25	232.60
30	63.02	77.09	89.79	109.85	127.95	149.02	212.34
35	58.35	71.38	83.13	101.70	118.45	137.97	196.59
40	54.58	66.77	77.76	95.13	110.80	129.06	183.89
45	51.46	62.95	73.32	89.69	104.47	121.68	173.37
50	48.82	59.72	69.55	85.09	99.11	115.43	164.48
55	46.54	56.94	66.32	81.13	94.49	110.06	156.82
60	44.56	54.51	63.49	77.68	90.47	105.37	150.14
65	42.81	52.38	61.00	74.63	86.92	101.24	144.25
70	41.26	50.47	58.78	71.91	83.76	97.56	139.01
75	39.86	48.76	56.79	69.48	80.92	94.25	134.29
80	38.59	47.21	54.99	67.27	78.35	91.26	130.03
85	37.44	45.80	53.35	65.26	76.01	88.53	126.15
90	36.38	44.51	51.84	63.42	73.87	86.04	122.59
95	35.41	43.32	50.46	61.73	71.90	83.74	119.32
100	34.52	42.23	49.18	60.17	70.08	81.62	116.30
105	33.69	41.21	48.00	58.72	68.39	79.66	113.50
110	32.91	40.26	46.89	57.37	66.82	77.82	110.89
115	32.19	39.38	45.86	56.11	65.35	76.11	108.45
120	31.51	38.55	44.90	54.92	63.97	74.51	106.17

Tabla 18 *Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición*

9. MODELOS DE LLUVIAS

9.1 Método Racional.

El cálculo de caudales mediante el método Racional es reconocido por su sencillez y validez para cuencas inferiores a 2.5 Km2 de área, permite estimar el caudal máximo a partir de una lluvia de intensidad constante distribuida homogéneamente en toda el área de la cuenca y con una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca. Por medio de este método, el caudal máximo se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 * C * i * A$$

Dónde:

Q: Caudal máximo en m3/s

C: Coeficiente de escorrentía

i: intensidad de la lluvia en mm/h

A: Área de la cuenca en ha (hectáreas).

Coeficiente de Escorrentía Norma Ras 2010 D.4.3.6

El coeficiente de escorrentía, C, está en función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre uso del suelo. El valor del coeficiente debe ser estimado tanto para la situación inicial como la futura, al final del periodo de diseño.

10. MODELACION HIDRAULICA

El drenaje de la vía tiene como principal objetivo reducir al máximo posible la cantidad de agua que llega a la vía y darle salida rápida de tal manera que no destruya progresivamente la capa de rodadura de la vía y su cimentación. Consideraciones a tener en cuenta para lograr un buen drenaje:

- El agua no debe circular en cantidades excesivas por la superficie de rodadura formando charcos y baches.

- Evitar que el agua de las cunetas humedezca los terraplenes originando asentamientos en la corona de la vía.

- Evitar que los taludes de los cortes en los suelos no cohesivos se saturen con peligro de derrumbes y deslizamientos de la banca.

- Impedir que el agua de los arroyos y hondonadas sean remansadas por los terraplenes con el peligro de erosión y arrastre de sedimentos.

- Evitar que las aguas subterráneas reblandezcan la cimentación del pavimento.

Para el caso del pavimento es necesario recoger las aguas lluvias provenientes de la losa de concreto en bermas-cunetas ubicadas lateralmente a la estructura. Estas cunetas adicionalmente sirven de confinamiento de la estructura del pavimento.

10.1 Cunetas

Las cunetas son estructuras de drenaje que captan las aguas de escorrentía superficial proveniente de la plataforma de la vía y de los taludes de corte, conduciéndolas longitudinalmente hasta asegurar su adecuada disposición. Las cunetas construidas en zonas en terraplén protegen también los bordes de la berma y los taludes del terraplén de la erosión causada por el agua lluvia, además de servir, en muchas ocasiones, para continuar las cunetas de corte hasta una corriente natural, en la cual entregar. Para las cunetas en zonas de corte, los puntos de disposición son cajas colectoras de alcantarillas y salidas laterales al terreno natural en un cambio de corte a terraplén. En las cunetas en terraplén, las aguas se disponen al terreno natural mediante bajantes o alivios y en las cunetas de un separador central8 las aguas también son conducidas a la caja colectora de una alcantarilla. Las cunetas se deben localizar esencialmente en todos los cortes, en aquellos terraplenes susceptibles a la erosión y en toda margen interna de un separador que reciba las aguas lluvias de las calzadas. Las abscisas en las cuales se deben ubicar cunetas y puntos de desagüe deben ser obtenidas a partir del análisis de los perfiles de la vía (con sus líneas de chaflán de corte y de relleno) y del diagrama de peraltes en donde se indica el sentido del bombeo (pendiente transversal) para el caso de dobles calzadas.



Figura 23 *Interfaz software Drenaje - Manual de Diseño Pavimento asfaltico de Bajo Volúmenes de Transito-INVIAS*

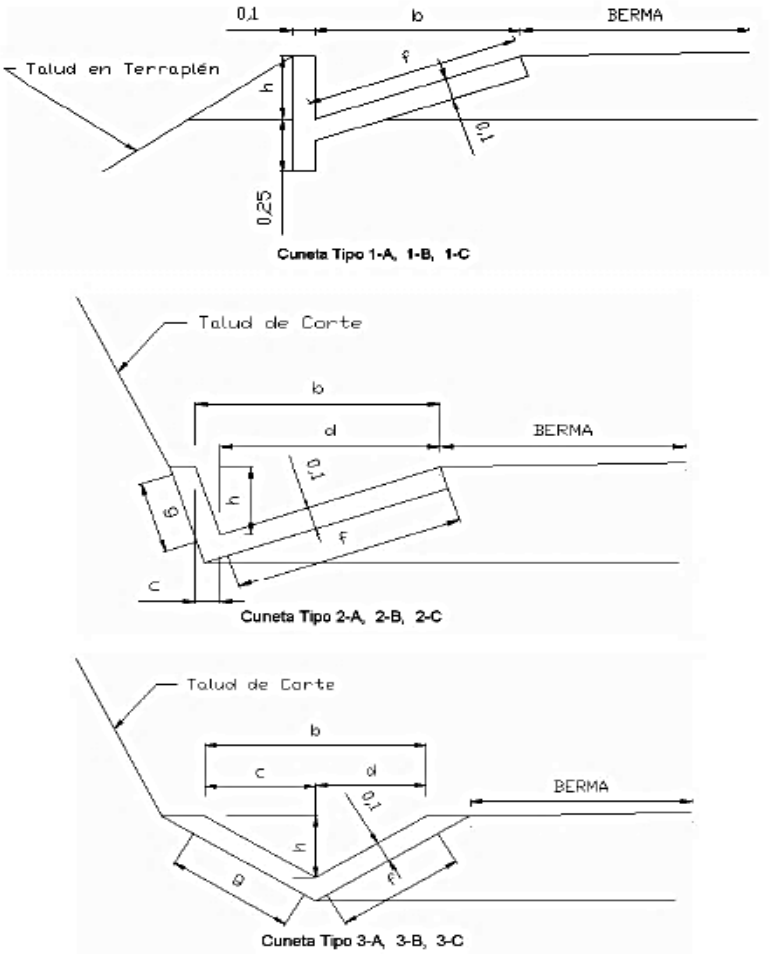


Figura 24 *Cunetas Típicas Revestidas en concreto*

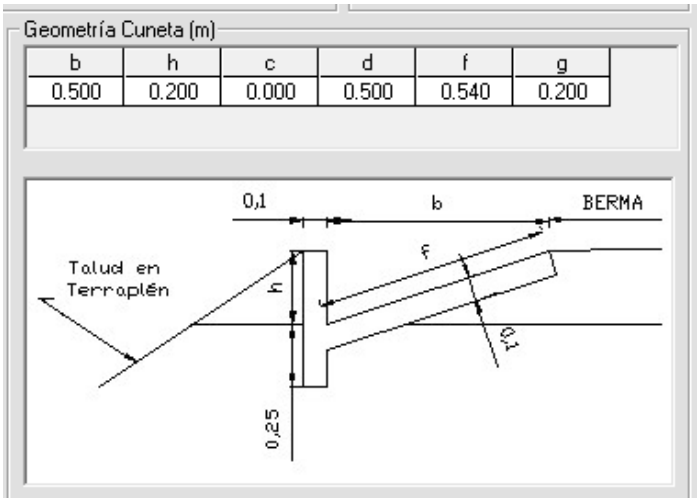


Figura 25 *Sección Típica escogida Software Drenaje*

La forma y las dimensiones adoptadas para la cuneta que se recomienda en el presente diseño permiten que eventualmente la rueda de un vehículo pueda circular por ella con seguridad para permitir

el adelantamiento de un vehículo liviano y que el agua proveniente de la superficie de rodadura pueda ser canalizada hasta entregarla a un aliviadero o a una alcantarilla.

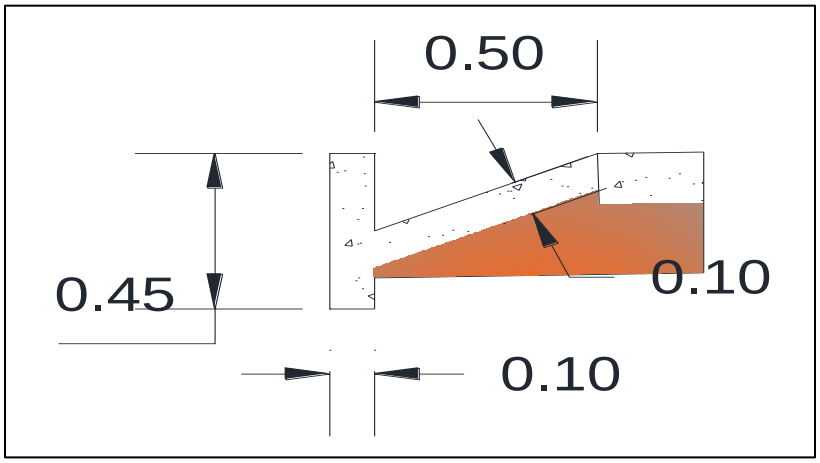


Figura 26 *Cuneta recomendada en Vías terciarias*

La lámina de agua que se forma en la berma-cuneta tipo se muestra en la Figura 20.

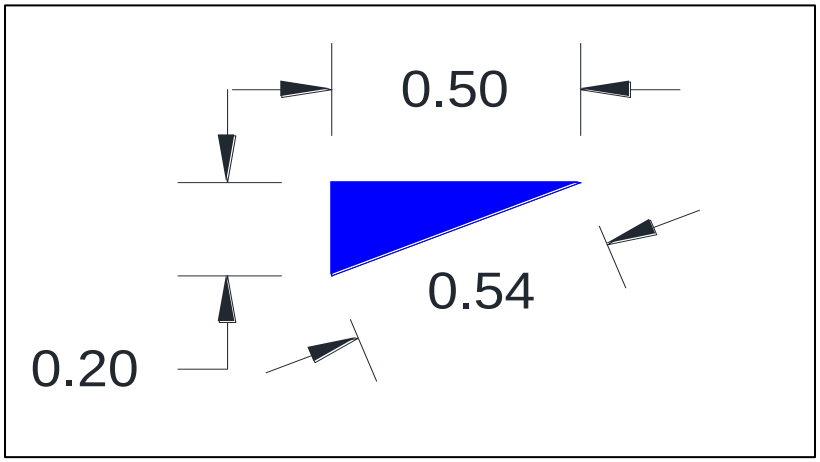


Figura 27 *Lámina de agua en la cuneta*

Profundidad máxima de la lámina de agua = 0.20 m.

Ancho máximo de la lámina de agua = 0.50 m.

Área hidráulica (a) = m2 .

Perímetro mojado = m.

Radio Hidráulico (R) = .

Superficie de la cuneta en concreto.

Coeficiente de Manning (n) = 0.014.

Pendiente de la cuneta igual a la pendiente de la rasante de la vía (S).

Pendiente mínima de la vía = 0.5%.

Pendiente máxima de la vía = 12%.

Intensidad de la lluvia (I) = Valor obtenido la curva I-D-F.

Duración del aguacero (Tiempo de concentración) = 15 minutos.

Periodo de retorno = 5 años.

Coeficiente de escorrentía (Ce) = 0.60, según los Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales del Manual de Drenaje para Carreteras INV-2009-Tabla 2.10

Ancho de Impluvium = 7 m. Este ancho incluye el ancho de superficie de rodadura, ancho de la cuneta.

10.1.1 Determinación del Caudal de demanda dado un espaciamiento entre alcantarillas

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. Como el área tributaria es pequeña (< 5 Km2) se puede utilizar el método racional para encontrar el caudal:

Qe := 0.280* C*I*Aμ

Qe = 0.280* C*I*B*L

Qe = Caudal de escorrentía en m3 / seg.

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad para un tiempo de concentración (mm / Horas).

Tiempo de concentración = 10min.

Aγ = área aferente o tributaria en Km2 .

Aγ = B * L El área aferente para las cunetas está forma por el área dada por el ancho impluvium (B) y la longitud de la cuneta (L)

10.1.2 Determinación del caudal que puede transportar la cuneta

El caudal que puede transportar la berma-cuneta tipo a sección plena, dada una pendiente longitudinal de la vía, se puede encontrar mediante la aplicación de la Ecuación de continuidad y la Fórmula de Manning.

Qc = V *a (Ecuación de continuidad)

V = 1/n * S1/2 * R2/3 (Fórmula de Manning)

Donde:

Qc = Caudal que puede transportar la berma-cuneta en m3 / seg.

V = Velocidad del agua que circula por la berma-cuneta, en m / seg.

R = Radio Hidráulico en metros.

S = Pendiente de la berma-cuneta en tanto por uno, igual a la pendiente de la rasante de la vía.

n = coeficiente de rugosidad de Manning.

a = Área hidráulica de la sección transversal de la berma-cuneta, en m2 .

10.1.3 Criterio de Diseño

El diseño hidráulico consiste en chequear la capacidad de la berma-cuneta, con el caudal de escorrentía. Es decir, equilibrar Qe = Qc, para encontrar una longitud (L) de la cuneta.

De la igualdad Qe = Qc se obtiene un valor de L, magnitud que indica el sitio donde se rebosa la cuneta y donde es necesario desviar el agua mediante un aliviadero o una alcantarilla. La expresión para el cálculo de L deducida de la igualdad Qe = Qc es:

$$L = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * a * 10^{6}}{0.280 * n * C_e * I * A\gamma}$$

Por lo tanto la longitud máxima de cuneta es 327.175 mts.

Ver Tabla No.20 Calculo de Lmax de cuneta TR= 5 años

Longitud de la cuneta (L)	0.00
Profundidad máxima de la lamina de agua (h) (mts) :	0.2
Ancho Máximo de la lamina de agua (b) (mts) :	0.5
Área hidraulica (a) (m2) :	0.0500
Ancho pluvium (m) (B)	7
Aμ (Km2) :	0.000
Perimetro mojado (Pm) (m) :	0.739
Radío hidraulico (R) (a/Pm) :	0.0677
Coeficiente de Manning (n) :	0.014
Pendiente de la cuneta igual a la pendiente de la rasante de la vía (S).	0.5
Pendiente mínima de la vía : %.	0.500
Coeficiente de escorrentía (Ce) :	0.6
I (mm/Hora)	109.03

0.000030 m3/seg

1. Determinacion del Caudal de demanda dado un espaciamiento entre alcantarillas

Qe : 0.280* C*I*Aμ

Qe : 0.280* C*I*B*L	0.000	(m3/seg)	0.0	(Lt/seg)

2. Determinación del caudal que puede transportar la Berma-cuneta tipo
El caudal que puede transportar la berma-cuneta tipo a sección plena, dada una pendiente longitudinal de la vía, se puede encontrar mediante la aplicación de la Ecuación de continuidad y la Fórmula de Manning.

Qc = V *a (Ecuación de continuidad)
V = 1/n * S1/2 * R2/3 (Fórmula de Manning)

V =	8.3900	(m/seg)
Qc = V *a	0.0420	(m3/seg)

El diseño hidráulico consiste en chequear la capacidad de la berma-cuneta, con el caudal de escorrentía. Es decir, equilibrar Qe = Qc, para encontrar una longitud (L) de berma-cuneta.

De la igualdad Qe = Qc se obtiene un valor de L, magnitud que indica el sitio donde se rebosa la cuneta y donde es necesario desviar el agua mediante un aliviadero o una alcantarilla. La expresión para el cálculo de L deducida de la igualdad Qe = Qc es:

$$L = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * a * 10^6}{0.280 * n * C_e * I * A\gamma}$$

L (m) = 327.175 > 0.00 OK

Con los valores de I = 109.03 mm/hora y P=0.5% Minima se obtiene una la longitud de la cuneta igual a 327.175 m., lo cual indica que a los 327.175 metros a partir del inicio de la cuneta es necesario desviar el agua mediante un aliviadero o con una alcantarilla.

Tabla 19 *Calculo de Lmax de cuneta TR= 5 años*

10.2 Alcantarillas

La pendiente hidráulica de las alcantarillas se debe encontrar, en lo posible, entre 0.5% y 5%, pudiendo alcanzar valores tales que no produzcan velocidades superiores a la admisible de acuerdo al material del conducto o que comprometan la estabilidad de la obra. La pendiente usual en alcantarillas es 2%.

Por principio, las alcantarillas deben ser diseñadas con un nivel de agua a la entrada inferior a 1.20 veces la altura de la alcantarilla, pues se debe evitar el contacto de la estructura de pavimento con el agua, así como la afectación de las propiedades aguas arriba, además de proveerse un margen para el paso de material flotante y basuras.

En la determinación de la sección transversal de una alcantarilla entran en consideración factores de recubrimiento y de mantenimiento. Para tuberías, el recubrimiento mínimo recomendado a clave es de 0.8 m a 1.0 m, profundidad que sumada al diámetro mínimo de 0.90 m, implica una altura de descole o terraplén de cuando menos 1.7m a 1.9 m, profundidad difícil de alcanzar en zonas de terraplenes bajos o de topografías planas. En estos casos, el empleo de alcantarillas de cajón, con bajos recubrimientos, resulta más conveniente. De igual manera, en conductos de gran longitud, como aquéllos que se presentan bajo terraplenes de gran altura o gran ángulo de sesgo, la tubería de diámetro 0.90 m resulta complicada en su mantenimiento, requiriéndose una estructura que permita la entrada de personas y equipos, por lo cual se recomienda una altura mínima de 2.0 m.

Una alcantarilla es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un costado a otro. Incluye, por lo tanto, conductos con cualquier sección geométrica: circulares y alcantarillas de cajón principalmente. El diseño de la alcantarilla consiste en determinar el diámetro más económico que permita pasar el caudal de diseño sin exceder la carga máxima a la entrada12 (Hw) "*La carga a la entrada (Hw) corresponde a la profundidad del agua, medida desde la batea, aguas arriba de la alcantarilla. Estrictamente hablando, debe incluir la cabeza de velocidad a la entrada, pero si se asume una velocidad de aproximación muy baja, este término se puede despreciar. Por facilidad de comparación con valores de rasantes, cotas claves, etc., es recomendable expresar esta altura como cota o nivel, más que como una profundidad relativa a la batea de entrada".* atendiendo también criterios de arrastre de sedimentos y de facilidad de mantenimiento.

Las alcantarillas están compuestas por las estructuras de entrada y salida, el conducto o tubería de cruce propiamente dicho y las obras complementarias de encoles y descoles que conducen el agua hacia o desde la alcantarilla, respectivamente

En los casos en que no se puede mantener el patrón de drenaje natural o resulte muy larga la estructura, es necesario proyectar la alcantarilla normal al eje de la vía o con un menor sesgo y construir las obras adicionales necesarias, tales como canales, que aseguren la entrega y la continuidad de la corriente interceptada por la vía.

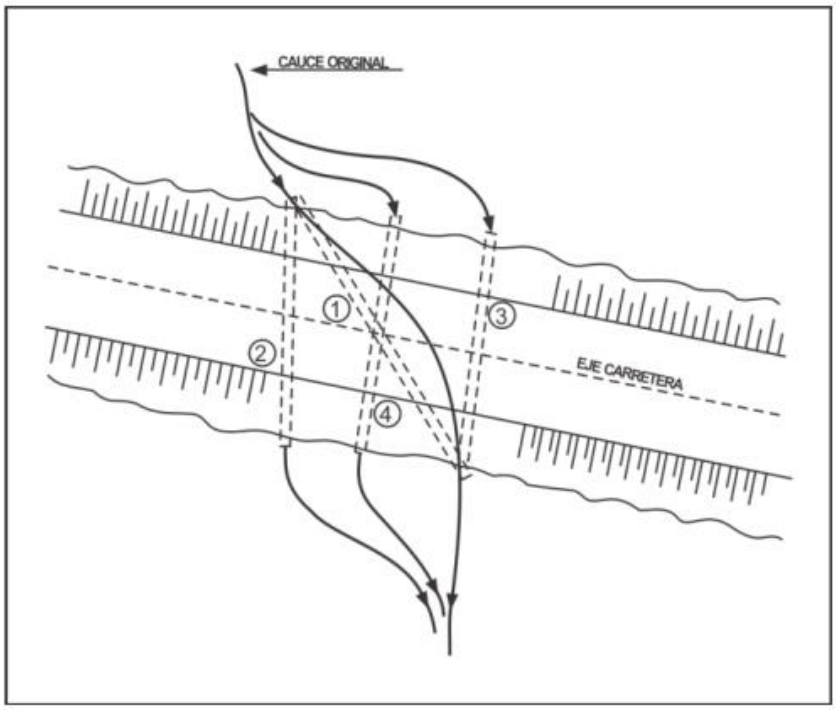


Figura 28 *Alternativas para localización en planta de alcantarillas*

El Programa HY-8 es un software elaborado por la Federal Highway Administration y es avalado por el Instituto Nacional de Vías - INVIAS para el análisis de Alcantarilla en Carreteras, actualmente cuenta con las siguientes aplicaciones:

- Realizar cálculos para el análisis de Alcantarillas

- Generación y enrutamiento de hidrogramas

- Desbordamiento de carreteras

- Estimaciones de drenaje de salida.

- Perfiles de Flujo Teniendo en cuenta lo anterior, se pretende utilizar el programa HY8 para realizar la verificación hidráulica del alcantarillado.

Tabla 20 *Caudal Q(m3/seg) dispuesto por Alcantarilla*

Ver Anexo No.1
Reporte Calculo de Lmax de cuneta TR= 5 años
Caudal Q(m3/seg) dispuesto por Alcantarilla

HY-8 User Manual (v7.5)
HY-8 Culvert Analysis Program

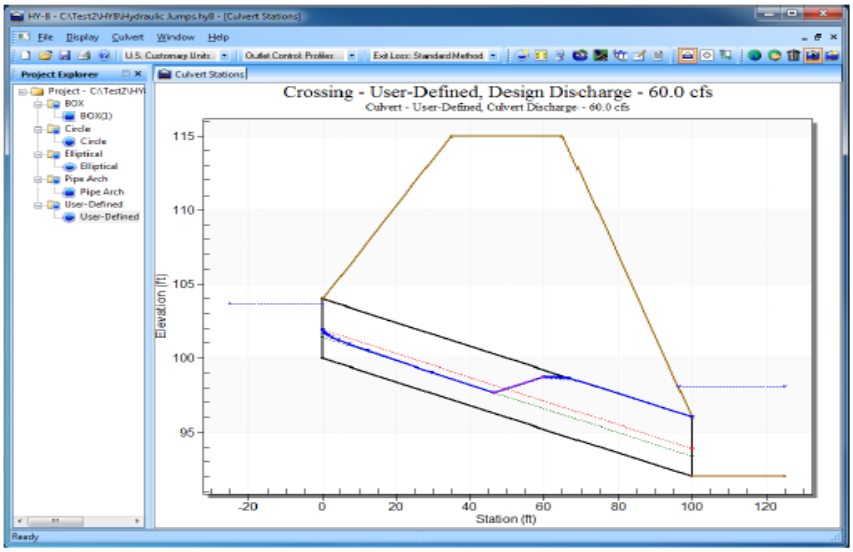


Figura 29 ***Interfaz Programa Calculo Hidráulico HY-8***

El programa HY8 se compone actualmente de cuatro módulos, necesarios para el análisis y diseño de Alcantarilla relacionados así: análisis de Alcantarilla, diseño de estructuras de disipación de energía y por último módulos de generación y tránsito de histogramas. El análisis de Alcantarilla es el más importante para la aplicación de drenaje en carreteras, a razón que se compone de un control de entrada y salida del flujo, adicionalmente el programa modela el desbordamiento y el flujo sobre la vía, lo que permite verificar la funcionalidad del alcantarillado con respecto a un determinado periodo de retorno, del cual usualmente es de 10 años según la tabla 2.8 del Manual de Drenaje del INVIAS. Este

programa permite revisar el funcionamiento hidráulico de Alcantarilla con secciones circúlales o de cualquier otro tipo. Por último, el programa tiene la capacidad de generar informes de los análisis hidráulicos realizados, dentro de cuales se pueden resaltar, los perfiles de flujo, en donde caracteriza las líneas de energía, curvas de remanso y tipos de flujo de una alcantarilla.

A continuación, podrá observar los problemas más comunes relacionados con el drenaje vial:

1. La eliminación del agua superficial de la vía.
2. El cruce de los arroyos o canales artificiales.
3. Alejamiento y regulación del agua subterránea. El agua superficial en una carretera produce peligros para el tránsito y causan erosión, se infiltran en la sub rasante dejando la capa asfáltica sin adherencia, esto conlleva a un aumento considerable de mantenimientos del corredor vial.

10.2.1 Ingreso de Datos programa para análisis HY-8.

- Discharge Data : Donde encontramos los caudales de diseño para la Alcantarilla
- Tailwater Data : Aquí encontramos las características del canal de aporte
- Roadway Data : Se colocan los datos de la via o carretera
- Culvert Data : Datos y características de las Obras de arte
- Site Data : Datos de las características topográficas donde se encuentra la obra de arte

10.2.2 Direccionamiento de las Aguas que salen de las Obras de Arte

Con el caudal definido para el diseño de las obras de arte, se realiza la simulación para Hidráulica para cada uno de los puntos se utiliza un programa de utilidad pública llamado HY-8, se calcula la lámina de agua para inferir la cota de nivel de la lámina de agua en el mismo, velocidad en la alcantarilla y en el canal natural aguas abajo.

Para el análisis inicial asumimos una estructura tipo alcantarilla circular en concreto de 900 mm , con un coeficiente de rugosidad de 0.016. Los resultados del análisis realizado por el programa se presentan en el Anexo No.2 Reporte HY-8 Culvert Analysis.

HW ≤ Hdis (se debe cumplir esta condición)

Hdis= 0.9 m (Carga de diseño)

Hw= 0.19 m (Carga calculado aguas arriba)

Como: Hw < Hdis 0.19 < 0.9 m OK

Se observa que para el caudal de 0.065 m3 /s, la altura Hw es de 0.19 m, es decir Hw/D=0.21, valor menor a 1.20 y, por lo tanto, dentro de las recomendaciones de diseño. La velocidad a la salida del conducto (1.40m/s) es mayor a la del canal de salida (0.33m/s).

"El diseño hidráulico de este tipo de alcantarillas se realizará analizando su funcionamiento bajo control a la entrada y bajo control a la salida, tomando el mayor valor resultante para la carga en la entrada Hw. Este valor de Hw deberá ser igual o inferior a 1.20 veces la altura o diámetro de la alcantarilla, valor máximo hasta el cual el conducto funciona a flujo libre". Ref. MANUAL PARA HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA CON APLICACIÓN EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS TÍPICAS PARA EL DRENAJE Y SUBDRENAJE DE CARRETERAS. INVIAS-2009 Pág. 4-49.

Cada una de las alcantarillas de Ø= 900 mm cumple con los parámetros de caudales y HW ≤ Hdis

Ver Anexo No.2 Reporte HY-8 Culvert Analysis.

#	ABS	ALCANTARILLA
1	220	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
2	650	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
3	750	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
4	850	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
5	1050	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
6	1450	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
7	1650	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
8	1900	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
9	2300	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
10	2650	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
11	2850	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
12	3050	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
13	3640	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
14	4040	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
15	4660	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
16	4950	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
17	5200	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
18	5450	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
19	5650	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
20	6000	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
21	6350	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
22	6550	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
23	6850	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
24	7250	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
25	7550	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
26	7900	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
27	8100	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
28	8350	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
29	8600	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
30	8900	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
31	9100	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
32	9400	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
33	9550	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
34	9750	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
35	10150	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
36	10650	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
37	10900	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
38	11100	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
39	11380	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm
40	11500	Alcan. Sencilla Ø= 900 mm

10. CONCLUSIONES

De acuerdo con las modelaciones realizadas, se concluye que:

Los caudales de diseño se calcularon utilizando la metodología propuesta en el método racional.

- Las áreas de drenaje se asignaron teniendo en cuenta el planteamiento topográfico del proyecto.

- Para el Proyecto denominado "CONSTRUCCIÓN EN PAVIMENTO ASFÁLTICO DEL K0+000 AL K11+500 DE LA VÍA ZAMBRANO - JESÚS DEL RÍO, ZAMBRANO, BOLIVAR". El área geográfica es MAGDALENA-CAUCA; Zona Hidrográfica es Bajo Magdalena-Cauca - San Jorge; La subzona Hidrográfica es Bajo Magdalena-Cauca desde (loc.) Montelíbano hasta (loc.) Plato.

- El área del proyecto se encuentra localizada en una zona predominantemente plana-ondulada lo cual afecta la forma en que drenan las aguas reduciendo las velocidades de flujo y la capacidad hidráulica de la sección del pavimento.

- Se define para los registros históricos de la precipitación máxima la Estación Pluviométrica del IDEAM No. 29010130 INDUGAN HACIENDA, Municipio de Zambrano, Bolívar.

- La sección hidráulica del pavimento se seleccionó de acuerdo a los caudales de diseño. el principal parámetro para regular la capacidad hidráulica fueron las pendientes.

- Se plantean 40 Alcantarillas de 900 mm las cuales se encuentran dentro del intervalo entre la mínima de 0.60 m/s y la máxima de 10 m/s para la tubería, donde para todos los casos HW ≤ Hdis (se debe cumplir esta condición)

- Se obtiene que la longitud máxima de cuneta revestida en concreto es 327 mts, por lo tanto, chequeando con las longitudes de las cunetas propuestas todas estas están por debajo de dicha longitud, el flujo que viene concentrado por la cuneta se entregara a las alcantarillas propuestas en este Diseño.

- Las pendientes longitudinales mínimas deberán ser >= 0.5% para garantizar un buen drenaje de la corona.

- Se asegura que la pendiente Transversal de bombeo no sea inferior al 2% para garantizar el buen drenaje de la corona y así evitar la generación de cárcavas.

- Se presentan la totalidad de los chequeos de los caudales tanto para las cunetas, Alcantarillas cumpliendo con los parámetros de Diseño y capacidad hidráulica.

12. RECOMENDACIONES

Las obras de drenaje son elementos estructurales cuyo objetivo principal es evacuar el agua acumulada por efecto de las precipitaciones y de la escorrentía a otras fuentes. Las dos funciones principales de las estructuras de drenaje son:

Control: colectar y manejar el agua para propósitos que beneficien al hombre. Protección: defender los intereses del hombre contra los ataques del agua.

Las principales recomendaciones son las siguientes:

- Teniendo en cuenta los caudales máximos instantáneos y sus niveles de agua y características hidráulica resultantes, las obras de drenaje deberán ser en todo momento capaces de transportar el caudal de diseño calculado para un período de retorno apropiado.

- Deberán ser llevadas a cabo limpiezas adecuadas y periódicas de las estructuras de drenaje de la vía proyectada, de tal manera que no se produzcan remansos de agua que puedan ocasionar desbordes sobre las calzadas.

- La localización de las cunetas propuestas obedece a la localización de los cortes determinados a partir de los perfiles y las secciones transversales del diseño geométrico.

- Hacer campañas educativas para incentivar el cuidado de las obras, en el sentido de no arrojar basuras a éstas, no utilizarlas como alcantarillas de aguas residuales.

- Establecer un sistema de mantenimiento y limpieza periódico de las obras.



ING. MIGUEL GARCIA ROMANI

ESPECIALISTA EN VIAS Y TRANSPORTE

TP # 08202-80868 ATL.

13. BIBLIOGRAFIA

- ZONIFICACIÓN HIDROGRÁFICA COLOMBIA

  https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=8513f7a0363e4963bcf7715b281168fd

- MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICO DE BAJO VOLÚMENES DE TRANSITO. INVIAS-2007

- MANUAL PARA HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA CON APLICACIÓN EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS TÍPICAS PARA EL DRENAJE Y

  SUBDRENAJE DE CARRETERAS. INVIAS-2009

- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ALCANTARILLADOS DE AGUAS RESIDUALES, PLUVIAL Y DRENAJES EN CARRETERAS.

  RAFAEL PEREZ CARMONA.ECOE EDICIONES.2014

- IDEAM

  http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion

14. ANEXOS