

**DISEÑO DE LA VÍA PUENTE QUEMADO – TORIBIO**

**DAVID ALEJANDRO GÓMEZ JARAMILLO**

**LUIS ALEJANDRO MONTOYA PERLAZA**

**JULIAN CAMILO RESTREPO BALLESTEROS**

**VANESSA RODRÍGUEZ MORENO**

**EVELYN TATIANA TOBAR VALLEJO**

**ING. JAVIER ALEXANDER PÉREZ CAICEDO**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS**

**INGENIERÍA CIVIL**

**SANTIAGO DE CALI**

**2024**

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	16
2.	LOCALIZACIÓN.....	17
3.	PROBLEMA.....	18
4.	JUSTIFICACIÓN .....	19
5.	OBJETIVOS .....	20
5.1	Objetivo general.....	20
5.2	Objetivos específicos .....	20
6.	MARCOS.....	21
6.1	Diseño geométrico .....	22
6.1.1	Clasificación de las carreteras según su función.....	22
6.1.2	Clasificación de las carreteras según el tipo de terreno .....	22
6.2	Velocidad específica (VTR).....	23
6.3	Velocidad específica de la curva horizontal (VCH).....	24
6.4	Levantamiento topográfico .....	25
6.5	Tipos de curvas .....	26
6.5.1	Curva circular simple .....	26
6.5.2	Elementos geométricos que caracterizan una curva .....	27
6.5.3	Curvas compuestas.....	29
6.5.4	Curvas espirales .....	30

6.6	La distancia de visibilidad .....	31
6.7	La visibilidad de parada .....	32
6.8	Criterios de longitud .....	32
6.9	Peraltes .....	34
6.10	Obras de contención.....	35
6.10.1	Movimientos de tierra .....	35
6.10.2	Estabilidad de taludes .....	37
6.10.3	Presiones del suelo.....	38
6.10.4	Clasificación según el tipo de construcción.....	38
6.10.4.1	Muros de Gravedad.....	38
6.10.4.2	Muros de Contrafuerte .....	39
6.10.4.3	Muros de Mampostería .....	39
6.10.4.4	Muros de Gaviones .....	39
6.10.4.5	Muros de Contención en Voladizo .....	39
6.10.4.6	Pantallas de Pilotes .....	39
6.11	Obras hidráulicas .....	40
6.11.1	Intensidad de lluvia.....	40
6.11.2	Periodo de retorno.....	40
6.11.3	Curva IDF .....	40
6.11.4	Cunetas.....	40

6.11.5	Caudal .....	41
6.11.6	Ecuación de Manning .....	41
6.11.7	Alcantarillas .....	41
6.11.8	Método racional .....	42
6.11.9	Tiempos de concentración .....	42
6.11.10	Teoría de la Presión de Tierras de Rankine.....	43
6.12	Pavimento .....	43
6.12.1	Propiedades Mecánicas .....	44
6.12.2	Tráfico y Clima .....	45
6.12.3	Diseño de Pavimentos.....	46
6.12.4	Sostenibilidad y Aspectos Ambientales .....	47
7.	METODOLOGÍA .....	48
7.1	Recolección de información .....	48
7.2	Estudios y diseños.....	49
7.2.1	Diseño geométrico vial .....	49
7.2.2	Hidráulica.....	51
7.2.3	Pavimento .....	62
7.2.4	Obras de estabilización .....	77
7.2.5	Afectación predial.....	79
7.2.6	Presupuesto .....	81

8.	RESULTADOS .....	83
8.1	Diseño geométrico vial .....	83
8.2	Hidráulica.....	84
8.2.1	Determinación de la intensidad de lluvia.....	84
8.2.2	Determinación de los tiempos de concentración .....	86
8.2.3	Diseño de la cuneta .....	87
8.2.4	Diseño de la alcantarilla.....	88
8.2.5	Predimensionamiento aletas y muro alcantarilla .....	89
8.2.6	Cálculo de cantidad de obra alcantarillas.....	90
8.3	Obras de estabilización .....	91
8.3.1	Muro de 5m de altura de lleno .....	91
8.3.2	Muro de 6m de altura de corte .....	93
8.4	Pavimento .....	95
8.4.1	Transito .....	95
8.4.2	Coordenadas geográficas .....	98
8.4.3	Características subrasante .....	98
8.4.4	Materiales granulares para subbase granular .....	98
8.4.5	Materiales granulares para base granular.....	100
8.4.6	Materiales para carpeta asfáltica (del tipo MDC-19 y MDC-25).....	100
8.4.7	Cálculo de las variables de diseño .....	101

8.5	Presupuesto .....	112
9.	Referencias.....	114
10.	Anexos .....	116

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de terrenos .....	23
Tabla 2. Velocidades de diseño; Fuente: Manual geométrico de vías.....	24
Tabla 3. VCH .....	25
Tabla 4. Cantidades de acero de refuerzo Horizontal para aletas y muro.....	61
Tabla 5. Cantidad de acero de refuerzo vertical para aletas y muro .....	62
Tabla 6. Espectro Colombia para eje sencillo.....	65
Tabla 7. Espectro Colombia para eje tándem.....	66
Tabla 8. Espectro Colombia para eje trídem. ....	66
Tabla 9. Parámetros región Andina.....	85
Tabla 10. Datos curva IDF .....	85
Tabla 11 Valores de tiempo de concentración de lluvia.....	86
Tabla 12. Parámetros de sección por tipo de cuneta .....	88
Tabla 13 Ubicacion alcantarillas con cotas.....	89
Tabla 14 Predimensionamiento aletas y muro alcantarilla .....	90
Tabla 15. Geometría muro de 5m de altura de lleno.....	91
Tabla 16. Cantidad de acero requerido .....	93
Tabla 17. Geometría muro de 5m de altura de lleno.....	93
Tabla 18. Cantidad de acero requerido por Metro lineal.....	95
Tabla 19. Composición vehicular.....	96
Tabla 20. Resumen condiciones climáticas Toribio, Cauca.....	98
Tabla 21. Granulometría subbase granular.....	99
Tabla 22. Propiedades del suelo de la subbase granular. ....	99

Tabla 23. Granulometría base granular. ....	100
Tabla 24. Propiedades del suelo de la base granular. ....	100
Tabla 25. Cálculo de los factores climáticos. ....	100
Tabla 26. TPDSo estudio de tránsito. ....	102
Tabla 27. Tasa de crecimiento vehicular. ....	102
Tabla 28. Tasa de tránsito generado. ....	102
Tabla 29. Geometría de la calzada. ....	102
Tabla 30. TPDS posterior a la obra terminada. ....	103
Tabla 31. Valor del factor direccional. ....	103
Tabla 32. Valor del factor de carril. ....	103
Tabla 33. Valor de Tránsito Normal. ....	104
Tabla 34. Valor de Transito generado. ....	104
Tabla 35. Valor de Transito total. ....	105
Tabla 36. Volumen de tránsito. ....	105
Tabla 37. Volumen de tránsito final de diseño. ....	106
Tabla 38. Repeticiones esperadas - Eje Sencillo. ....	107
Tabla 39. Repeticiones esperadas - Eje Tándem. ....	107
Tabla 40. Repeticiones esperadas - Eje Tridem. ....	108
Tabla 41. Actividades de obra. ....	112

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización tramo inicial proyecto vía - vista en planta.....	17
Figura 2. Elementos geométricos de una curva circular simple. ....	29
Figura 3. Curvas compuestas. ....	30
Figura 4. Curvas espirales.....	31
Figura 5. Diagrama de peraltes. ....	35
Figura 6. Esquema metodología .....	48
Figura 7. Tabla 5.1 Periodos de retorno para el diseño de obras de drenaje vial.....	51
Figura 8. Tabla 5.2 Parámetros según regiones del país .....	52
Figura 9. Figura 5.1 Regiones de Colombia para definición de parámetros a, b c y d. ....	53
Figura 10. Parámetros de cuneta recomendados.....	55
Figura 11. W de impluvium .....	56
Figura 12. Valores de coeficiente de escorrentía en áreas rurales.....	57
Figura 13. Diagrama aplicación teoría de fuerzas .....	60
Figura 14. Valores Fd y Fd.....	71
Figura 15. Predimensionamiento de muro. ....	78
Figura 16. Formato ficha predial .....	80
Figura 17. Radios de las curvas del trazado.....	83
Figura 18. Precipitación mesial máxima en 24 horas - Estación Toribio .....	84
Figura 19. Curva IDF .....	86
Figura 20. Estabilidad incluyendo el muro en concreto reforzado. ....	92
Figura 21. Estabilidad incluyendo el muro en concreto reforzado con sismo de diseño.....	92
Figura 22. Estabilidad incluyendo el muro en concreto reforzado. ....	94

Figura 23. Estabilidad incluyendo el muro en concreto reforzado con sismo de diseño.....	94
Figura 24. Temperatura máxima y mínima promedio Toribio.....	97
Figura 25. Probabilidad diaria de precipitación Toribio. ....	97
Figura 26. Promedio mensual de lluvia Toribio.....	97
Figura 27. Composición vehicular y repeticiones por eje.....	106
Figura 28. Calculo y clasificación de drenaje para subrasante. ....	109
Figura 29. Calculo y clasificación de drenaje para base.....	109
Figura 30. Ejes Equivalentes para eje Simple.....	110
Figura 31. Ejes Equivalentes para eje Tándem.....	110
Figura 32. Ejes Equivalentes para eje Trídem. ....	110
Figura 33. Diseño de pavimento seleccionado por AASHTO 93. ....	112

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tangente .....	27
Ecuación 2. Radio de la curva.....	28
Ecuación 3. Cuerda larga .....	28
Ecuación 4. Externa .....	28
Ecuación 5. Externa (en función del radio) .....	28
Ecuación 6. Media .....	28
Ecuación 7. Longitud de curva .....	28
Ecuación 8. Distancia de parada .....	32
Ecuación 9. Longitud mínima.....	32
Ecuación 10. Coeficiente angular de la curva.....	33
Ecuación 11. Longitud mínima.....	33
Ecuación 12. Longitud vertical.....	33
Ecuación 13. Longitud mínima para $D_p < L$ .....	33
Ecuación 14. Longitud mínima.....	33
Ecuación 15. Longitud vertical.....	33
Ecuación 16. Longitud mínima para $D_p < L$ .....	34
Ecuación 17. Manning .....	41
Ecuación 18. Método racional - Caudal.....	42
Ecuación 19. Ecuación de Kirpich.....	53
Ecuación 20. Ecuación de Témez .....	54
Ecuación 21. Ecuación de ventura – Heras.....	54
Ecuación 22. Ecuación de V.T Chow .....	54

Ecuación 23. Ecuación de Hathaway .....	55
Ecuación 24. Caudal de escorrentía .....	56
Ecuación 25. Ecuación Manning .....	57
Ecuación 26. Caudal cuneta .....	58
Ecuación 27. Coeficiente de presión activa .....	59
Ecuación 28. Coeficiente de presión pasiva .....	59
Ecuación 29.. Ecuación de factor de ponderación. ....	69
Ecuación 30. Ecuación de factor de Fprom. ....	69
Ecuación 31. Ecuación de factor de Temperatura Media Anual Mínima del Aire.....	69
Ecuación 32. Ecuación de Tmix mediante el método WisDOT.....	69
Ecuación 33. Ecuación de Tmix mediante el método PUJ. ....	69
Ecuación 34. Tránsito Existente (TPDSi) .....	71
Ecuación 35. Tránsito Normal. ....	72
Ecuación 36. Tráfico generado. ....	72
Ecuación 37. Tráfico atraído. ....	73
Ecuación 38. Tráfico total. ....	74
Ecuación 39. Volumen de carril. ....	74
Ecuación 40. Volumen de Diseño (VD).....	74
Ecuación 41. Ecuación de Proporción de Pérdida de Servicialidad .....	76
Ecuación 42. Ecuación de Relación entre Servicialidad y Repeticiones .....	76
Ecuación 43. Ecuación Relación entre Servicialidad y Repeticiones equivalente a 18 kips o 80 kN.....	76
Ecuación 44. Ecuación de Relación Wx/W18 .....	76

Ecuación 45. Ecuación para calcular número de ejes W18 .....	76
Ecuación 46. Ecuación de AASHTO 93 .....	77
Ecuación 47. Chaflanes.....	87

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica SUB - BASE GRANULAR INVIAS .....	116
Anexo 2. Ficha técnica BASE GRANULAR INVIAS.....	116
Anexo 3.AASHTO 93 hoja de cálculo.....	117
Anexo 4. Cuneta rectangular en concreto de 3000 psi fundida in situ. No incluye preparación del terreno. ....	117
Anexo 5. Concreto de 3000 PSI.....	118
Anexo 6. Desmonte y limpieza en zonas no boscosas. Incluye transporte de 1 km. ....	118
Anexo 7. Localización y replanteo .....	119
Anexo 8. Base granular clase A. No Incluye transporte. ....	120
Anexo 9.Excavaciones varias sin clasificar. Incluye transporte hasta 5 km. ....	120
Anexo 10. Mezcla densa en caliente tipo MDC-19. No incluye transporte de la mezcla asfáltica. ....	121
Anexo 11. Mezcla densa en caliente tipo MDC-25, No incluye transporte de la mezcla asfáltica .....	121
Anexo 12. Lechada asfáltica con emulsión CLR-1H y agregado Tipo LA-13 INVIAS, no incluye transporte.....	122
Anexo 13. Sub-base granular Clase A. No incluye transporte.....	122
Anexo 14. Transporte de materiales de afirmado, base, sub base y mezcla asfáltica .....	123
Anexo 15. Relleno y compactación con material del sitio.....	123
Anexo 16. Línea de demarcación con pintura en frío, incluye Microesferas de vidrio reflectivas .....	124
Anexo 17. Señal vertical de tránsito Tipo 1 con lámina retroreflectiva de 75x75 cm Tipo III ..	124

Anexo 18. Muro de contención en concreto 21 MPa (3000 psi), h =2 m. No incluye refuerzo.	125
Anexo 19. Acero de refuerzo $F_y= 420$ MPA (60.000 PSI) .....	125
Anexo 20. Concreto estructural clase D (21MPa, 3000 psi) para muros, alcantarillas, box. ....	126
Anexo 21. Cantidades de obra .....	126
Anexo 22. Costos indirectos (AIU) .....	127
Anexo 23. Presupuesto total .....	128
Anexo 24. Calculo muro de 5m de altura de lleno. ....	129
Anexo 25. Muro de 6m de altura de corte. ....	130
Anexo 26. Controles para el DGV. ....	131
Anexo 27. Diseño en Planta.....	131
Anexo 28. Diseño en perfil. ....	132
Anexo 29. Chequeo de Peraltes. ....	132

## 1. INTRODUCCIÓN

En el marco de un compromiso continuo para elevar la calidad de vida de los ciudadanos, impulsar el desarrollo económico y fortalecer la conectividad regional, se desarrollará el estudio de prefactibilidad y factibilidad del proyecto vial "Mejoramiento de la Carretera Puente Quemado - Toribio". Este proyecto nace como una iniciativa estratégica con el propósito de abordar tanto los desafíos de movilidad tanto presentes como los futuros en el municipio de Toribio, ubicado en el departamento de Cauca. El objetivo primordial de esta iniciativa es proporcionar soluciones eficientes y sostenibles a las crecientes necesidades de transporte en la región, este informe adicionalmente desglosará el problema que aqueja a la vía en cuestión, describe la situación actual y las dificultades que enfrentan los residentes y las empresas locales en términos de conectividad.

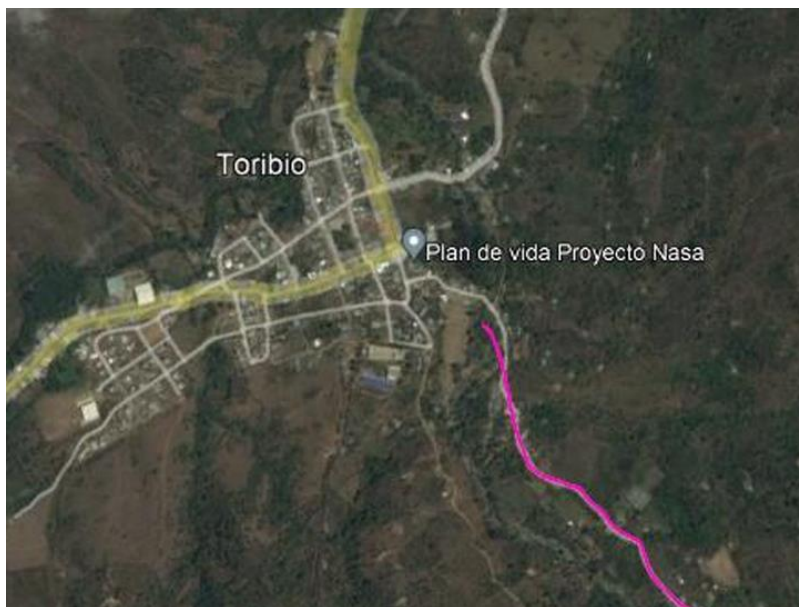
Por otro lado, se enfocará en la importancia de llevar a cabo este estudio, destacando la visión detrás de la propuesta de mejora. Este proyecto no solo se trata de mejorar carreteras, sino de empoderar a la comunidad y sentar las bases para un desarrollo sostenible en la zona donde la movilidad eficiente se convierta en un motor para el progreso económico y social.

Además, se presentarán los criterios fundamentales que han guiado la creación de la posible solución. Esta se proyecta para la carretera "Puente Quemado - Toribio" en las ubicaciones clave de las abscisas K3+000 hasta K6+000. En esta propuesta será evaluada, teniendo en cuenta no solo los aspectos técnicos y financieros, sino también el impacto ambiental y social que conlleva. La cual se basará en un análisis integral y en el compromiso de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y fomentar un crecimiento económico y sostenible en la región.

## 2. LOCALIZACIÓN

El municipio de Toribio se encuentra en el departamento del Cauca, situado en la zona suroccidental de Colombia, cuenta con un área aproximada de 412 km<sup>2</sup> y una población de 30 654 habitantes (Hilando comunidades, s.f.). En este municipio se encuentra un corredor vial conocido como Puente Quemado, sobre el cual se realizará el análisis de mejoramiento de la vía con el fin de presentar óptimamente una propuesta de diseño para el mejoramiento de esta. La localización del tramo inicial de la vía se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Localización tramo inicial proyecto vía - vista en planta



Fuente: Google Earth Pro (2023).

### 3. PROBLEMA

El corredor vial Puente Quemado corresponde a una vía terciaria con precarias condiciones técnicas que se transmiten en las dificultades de movilidad debido a que no se evidencia intervención por parte del Estado para las óptimas condiciones de este corredor vial, el cual tiene conectividad con el municipio de Toribio, Cauca, que como se mencionó anteriormente, cuenta con una población aproximada de 30 654 habitantes de las cuales la mayoría son indígenas y se han identificado la comunidad étnica NASA junto a 3 comunidades indígenas. Las principales actividades económicas de este municipio son la agricultura, la ganadería y el comercio (Gobernación de Colombia, 2020).

En cuanto a infraestructura vial, cuenta con 120 km de vías terciarias, de las cuales el 10% se encuentra en buen estado, el 55% regular y el 35% en mal estado (Marmolejo Ortiz, 2019). Esto afecta directamente a la población, ya que sus principales actividades económicas se basan en la producción y comercialización, aunque un porcentaje de esta se destina para consumo interno, existe un porcentaje destinado para zonas externas que implican el transporte de los productos y al presentar un bajo nivel de servicio por su baja calidad en la infraestructura vial puede implicar alza de costos de transporte, además, esto minimiza la accesibilidad al sector, lo cual conlleva a limitación en la comunicación del municipio con otros sectores, tanto por motivos comerciales, turísticos y/o laborales. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y tomando en consideración que, tanto la integración como la conectividad vial son pilares en el desarrollo del comercio, se entiende que esta conectividad impulsa el planteamiento de nuevas políticas de desarrollo, crecimiento y sostenibilidad económica, en consecuencia, se plantea el desarrollo del diseño del mejoramiento de la vía de puente Quemado, optando por consideraciones constructivas en donde se dé el aprovechamiento del corredor vial existente mediante la propuesta óptima.

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

El proyecto de mejoramiento de un corredor vial de aproximadamente 10 kilómetros en el municipio de Toribio es esencial por varias razones. Primero, mejoraría significativamente la conectividad de la población, permitiendo un acceso más rápido y seguro a los servicios básicos, como atención médica, educación y comercio. Esto contribuiría a elevar la calidad de vida de los residentes.

Además, un corredor vial en óptimas condiciones facilitaría el transporte de productos agrícolas y otros bienes, fomentando el desarrollo económico local al abrir oportunidades para la comercialización y la expansión de negocios. Esto también podría atraer inversiones y generar empleo en la región.

Desde una perspectiva social, la mejora de la conectividad vial promovería la integración comunitaria al facilitar el intercambio cultural y el acceso a eventos y actividades en diferentes partes del municipio. También podría aumentar la seguridad al acortar los tiempos de respuesta de los servicios de emergencia en caso de ser necesario.

En resumen, el proyecto de mejoramiento del corredor vial en el municipio de Toribio no solo abordaría las carencias de conectividad, sino que también tendría impactos positivos en la economía y la sociedad, haciendo de esta inversión una medida valiosa y necesaria para el desarrollo sostenible de la región.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

Realizar el diseño fase III del mejoramiento del corredor vial que conecta Puente Quemado y Toribio, abarcando el tramo comprendido entre los puntos k3+000 y k6+000.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Realizar el diseño geométrico el tramo de la carretera comprendido entre las abscisas K3+000 y K6+000 de la vía Puente Quemado – Toribio, teniendo en cuenta los criterios y requisitos del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS).
- Diseñar obras de estabilización para evitar deslizamientos de afecten la construcción, movilidad y seguridad de la vía.
- Diseñar obras de mitigación hidráulica para prevenir inundaciones de la vía.

## 6. MARCOS

La infraestructura vial es un componente esencial del desarrollo socioeconómico y la conectividad en Colombia. Las vías terciarias desempeñan un papel crucial al conectar áreas rurales y urbanas, facilitar el acceso a recursos naturales y mejorar la calidad de vida de las comunidades locales. En este marco teórico, se analizarán los aspectos clave relacionados con el diseño de infraestructura vial para vías terciarias en el contexto colombiano.

La vía que conecta Puente Quemado y Toribio en el departamento del Cauca, Colombia, ha sido históricamente una arteria vial que ha enfrentado múltiples desafíos a lo largo de los años. Esta carretera, que atraviesa una región montañosa y rica en diversidad étnica, ha sido testigo de dificultades en su mantenimiento, afectando la conectividad y el acceso a estas comunidades.

La topografía montañosa de la región presenta desafíos únicos en términos de construcción y mantenimiento de carreteras. Las fuertes lluvias y deslizamientos de tierra son comunes, lo que contribuye al deterioro constante de la infraestructura vial. Además, la falta de inversión adecuada en la vía ha dejado a las comunidades locales aisladas en muchas ocasiones, dificultando el acceso a servicios básicos, como atención médica y educación.

Esta vía es especialmente importante para la comunidad indígena Nasa, que reside en la región. Ellos han luchado históricamente por la defensa de sus derechos territoriales y culturales, y la conectividad vial es fundamental para su movilidad y desarrollo económico. Las deficiencias en la carretera no solo limitan su acceso a oportunidades fuera de sus comunidades, sino que también dificultan la comercialización de sus productos agrícolas, que son una parte vital de su sustento.

## **6.1 Diseño geométrico**

### **6.1.1 Clasificación de las carreteras según su función**

Se determina según la necesidad operacional de la carretera o de los intereses del país en los diferentes niveles:

- Carreteras primarias o de primer orden: Son aquellas vías troncales, transversales y de accesos a las capitales de los Departamentos, que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y de consumo del país y de este con los demás países. Este tipo de carreteras puede ser de calzadas divididas según las exigencias del proyecto, y deben ser siempre pavimentadas.
- Carreteras secundarias o de segundo orden: Son aquellas vías que unen cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.
- Carreteras terciarias o de tercer orden: Son aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas, o que unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado.

### **6.1.2 Clasificación de las carreteras según el tipo de terreno**

Se determina con la topografía predominante en el tramo en estudio. Este se clasifica con base en las pendientes de sus laderas naturales en el entorno y transversalmente a la vía. Por lo tanto, a lo largo de una carretera pueden presentarse tramos homogéneos en diferentes tipos de terreno.

En Colombia, los terrenos se clasifican en plano (P), ondulado (O), montañoso (M) y escarpado (E), de acuerdo con los parámetros que se indican en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Tipos de terrenos

Tipo	Pendiente	
	Transversal	Longitudinal
Plano	>5°	>3%
Ondulado	6° - 13°	3% - 6%
Montañoso	13° - 40°	6% - 8%
Escarpado	<40°	< 8%

Fuente: Diseño geométrico de carreteras (2013).

## 6.2 Velocidad específica (VTR)

La velocidad de diseño específica de un elemento de la carretera depende del valor que se haya seleccionado como velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR) y, particularmente, de la geometría del trazado inmediatamente anterior al elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido de circulación de los vehículos.

VTR + 20 km/h es la máxima diferencia en la velocidad de diseño específica de un elemento y la velocidad de diseño del tramo homogéneo. En ningún caso puede ser menor a la VTR.

Tabla 2. Velocidades de diseño; Fuente: Manual geométrico de vías.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Diseño geométrico de carreteras (2013).

### 6.3 Velocidad específica de la curva horizontal (VCH)

Está en función de:

- La velocidad de diseño del tramo en el que se encuentra la curva ( $V_{TR}$ ).
- El sentido de circulación.
- La velocidad específica de la curva horizontal anterior.
- La longitud de la entre tangencia.
- El ángulo de deflexión de la curva analizada.

Tabla 3. VCH

Velocidad Específica de la Curva horizontal anterior $V_{CH}$ (km/h)	Velocidad de Diseño del Tramo ( $V_{TR}$ ) $\leq 50$ km/h					Velocidad de Diseño del Tramo ( $V_{TR}$ ) $> 50$ km/h				
	Longitud del Segmento recto anterior (m)					Longitud del Segmento recto anterior (m)				
	$L \leq 70$	$70 < L \leq 250$		$250 < L \leq 400$	$L > 400$	$L \leq 150$	$150 < L \leq 400$		$400 < L \leq 600$	$L > 600$
$\Delta < 45^\circ$		$\Delta \geq 45^\circ$	$\Delta < 45^\circ$				$\Delta \geq 45^\circ$			
$V_{TR}$	$V_{TR}$	$V_{TR}$	$V_{TR}$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR}$	$V_{TR}$	$V_{TR}$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR}$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR}$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
<b>CASO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Fuente: Diseño geométrico de carreteras (2013).

#### 6.4 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es una disciplina crucial en la ingeniería y la cartografía, encargada de obtener información detallada sobre la forma y las características del terreno. Tradicionalmente, este proceso ha involucrado técnicas manuales y el uso de instrumentos como estaciones totales y GPS estático. Sin embargo, la introducción de tecnologías más avanzadas, como el RTK (Real-Time Kinematic) y los drones, ha revolucionado este campo, ofreciendo nuevas formas de capturar datos con mayor rapidez y precisión.

El RTK es un sistema de posicionamiento que utiliza correcciones en tiempo real para mejorar la precisión de las mediciones obtenidas a través del GPS. Funciona mediante la instalación de una estación base que recibe las señales de los satélites GNSS y calcula las correcciones diferenciales, las cuales son transmitidas a un receptor móvil que se encuentra en el campo. Esta tecnología permite obtener mediciones con una precisión centimétrica, lo que supera las capacidades del GPS estático y reduce significativamente el tiempo requerido para el levantamiento.

Por otro lado, los drones han ganado popularidad en el ámbito del levantamiento topográfico debido a su capacidad para capturar datos aéreos de manera eficiente y precisa. Equipados con cámaras RGB, LiDAR o sistemas de fotogrametría, los drones pueden tomar imágenes de alta resolución desde el aire, las cuales luego son procesadas para generar modelos digitales de elevación (DEM) y modelos de superficie. Esto permite obtener una representación tridimensional detallada del terreno de manera rápida y económica.

La integración de RTK y drones ofrece una solución integral para el levantamiento topográfico, aprovechando las ventajas de ambas tecnologías. Al utilizar RTK en los drones, se mejora la precisión del posicionamiento durante la captura de datos aéreos, lo que resulta en modelos topográficos más precisos y detallados. Esta combinación también aumenta la eficiencia del proceso, ya que se reduce el tiempo requerido para la adquisición y procesamiento de datos.

El procedimiento de levantamiento topográfico con RTK y drones sigue una serie de pasos, desde la planificación y preparación hasta la captura de datos y el procesamiento de resultados. Esto incluye la selección de puntos de control terrestre, la planificación de la misión de vuelo del dron, la configuración de los equipos RTK y la calibración de las cámaras a bordo del dron. Una vez que se capturan los datos, estos se procesan utilizando software especializado para corregir diferencialmente las imágenes y generar los modelos topográficos finales.

## **6.5 Tipos de curvas**

### **6.5.1 Curva circular simple**

Son arcos de circunferencia de un solo radio que unen 2 tangentes consecutivas, la curva se define por su radio el cual es designado por el diseñador, como mejor convenga por comodidad y por economía en la construcción, mantenimiento y

funcionamiento, pero no debe ser menor al indicado por la norma del INVIAS conforme a la velocidad de diseño.

### 6.5.2 Elementos geométricos que caracterizan una curva

Aparecen los diferentes elementos geométricos de una curva circular simple. Tomando el sentido de avance de izquierda a derecha, dichos elementos son:

$\Delta$  = El que se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente. Puede ser a la izquierda o a la derecha según si está medido en sentido antihorario o a favor de las manecillas del reloj, respectivamente. Es igual al ángulo central subtendido por el arco.

T = Tangente: distancia desde el punto de intersección (PI) hasta cualquiera de los puntos de tangencia de la curva (PC o PT), el cálculo de esta se realiza mediante la ecuación.

Ecuación 1. Tangente

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

PC = Principio de curva: punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva.

PT = Principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.

R = El de la circunferencia que describe el arco de la curva, el cálculo de esta se realiza mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 2. Radio de la curva

$$R = \frac{T}{\tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)}$$

CL= Cuerda larga: Línea recta que une al punto de tangencia donde comienza la curva (PC) y al punto de tangencia donde termina (PT), el cálculo de esta se realiza mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 3. Cuerda larga

$$CL = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

E= Externa: Distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco, el cálculo de esta se puede realizar mediante las ecuaciones mostradas a continuación.

Ecuación 4. Externa

$$E = T \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{4}\right)$$

Ecuación 5. Externa (en función del radio)

$$E = R \cdot \left( \frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - 1 \right)$$

M= Media: Distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga, el cálculo de esta se realiza mediante la ecuación siguiente:

Ecuación 6. Media

$$M = R \cdot \left( 1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right)$$

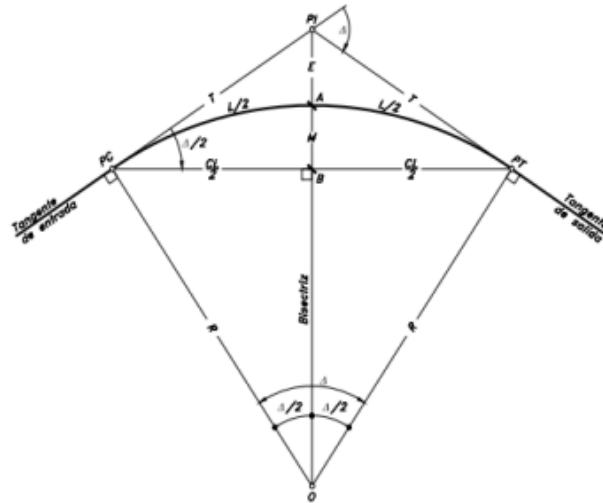
L= Longitud de la curva: Distancia desde el PC hasta el PT recorriendo el arco de la curva, el cálculo de esta se realiza mediante la ecuación:

Ecuación 7. Longitud de curva

$$L_{\text{arco}} = \frac{2 * \pi * R}{\frac{360}{\Delta}}$$

Abcisas: se expresa como la distancia que existe entre un punto al comienzo de otro.

Figura 2. Elementos geométricos de una curva circular simple.

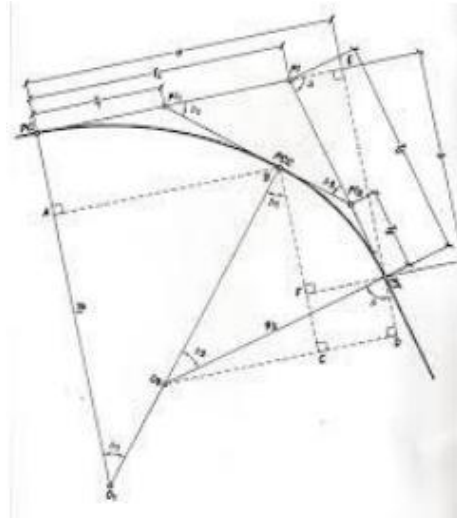


Fuente: Diseño geométrico de carreteras (2013).

### 6.5.3 Curvas compuestas

Consisten en dos o más curvas simples de diferente radio, orientadas en la misma dirección, y dispuestas una a continuación de la otra. En general, se evita el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazar las por una sola curva. Esta limitación tiene más significancia en el caso de carreteras de Tercera Clase.

Figura 3. Curvas compuestas.



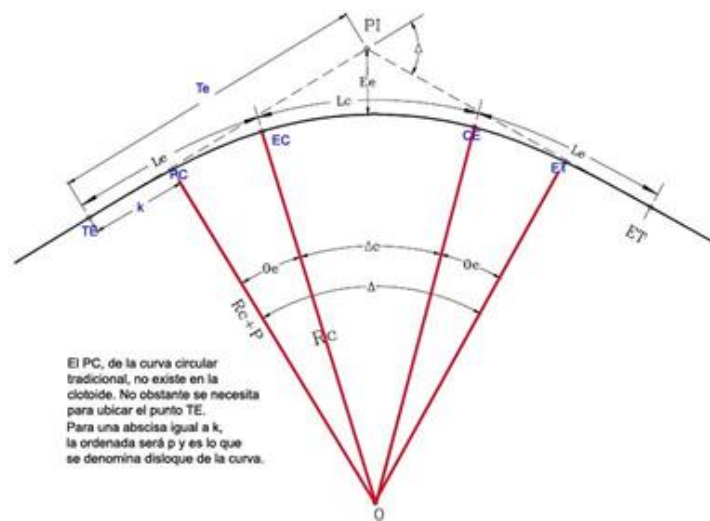
Fuente: Diseño geométrico de carreteras (2013).

#### 6.5.4 Curvas espirales

Una curva espiral es una curva con un punto de inicio fijo y un radio que cambia proporcionalmente respecto a la distancia del arco desde el punto inicial a medida que aumenta o disminuye. La geometría se define con un rumbo de inicio, un radio de inicio, un radio final y una longitud de arco o ángulo delta.

Por lo general, las curvas espirales se utilizan en el diseño de carreteras y vías ferroviarias para trasladar vehículos en movimiento de forma segura a una ruta circular o línea recta o fuera de ellas.

Figura 4. Curvas espirales.



Fuente: Diseño geométrico de carreteras (2013).

## 6.6 La distancia de visibilidad

Los caminos se diseñan de tal forma que el conductor sienta una seguridad en su conducción. Es por eso que el diseño debe procurar una visibilidad suficiente para poder ejecutar maniobras que se vea obligado a realizar o que él decida ejecutar durante el trayecto. En general el conductor requiere un tiempo de percepción y reacción para decidir la maniobra a ejecutar y de un tiempo para poder ejecutarla. Durante ese tiempo el o los vehículos que participan de dichas maniobras recorren distancias que están directamente relacionadas con la velocidad a la transitan. Esto condiciona la distancia de visibilidad requerida para cada caso en que el conductor deba realizar dicha maniobra.

Para el diseño se utilizan dos tipos de distancias de visibilidad:

- Parada
- Adelantamiento

## 6.7 La visibilidad de parada

Dentro de la pista por donde transita el vehículo debe a lo menos existir la distancia necesaria para que el conductor pueda realizar la maniobra de detención o parada, que es equivalente a la distancia necesaria para detenerse al enfrentarse con un obstáculo inmóvil situado en el centro de dicha pista.

La distancia necesaria para una detención deliberada consta de dos fases.

Desde que el conductor divisa el objeto hasta que decide detenerse y aplicar los frenos, en dicho lapso  $t_p$ , tiempo de reacción, durante el cual la velocidad inicial no ha variado durante dicho trayecto.

A partir de la aplicación de los frenos la velocidad del vehículo va disminuyendo hasta la detención completa, el cálculo de esta se realiza mediante la ecuación el cálculo de esta se realiza mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 8. Distancia de parada

$$D_p = 0,695 * V_e + \frac{V_e^2}{87,18}$$

## 6.8 Criterios de longitud

- Cóncava

Cuando una curva cóncava presenta una distancia de parada mayor a la distancia mínima, se emplean las siguientes ecuaciones.

$$D_p > L$$

Ecuación 9. Longitud mínima

$$L_{\min} = 2D_p - \frac{120 + 3,5D_p}{A}$$

Ecuación 10. Coeficiente angular de la curva

$$K_{\min} = \frac{Dp^2}{120 + 3,5Dp}$$

Ecuación 11. Longitud mínima

$$L_{\min} = 0,6 * V_{cv}$$

Ecuación 12. Longitud vertical

$$L_v = 30 * A$$

Por otro lado, cuando la distancia de parada es menor a la longitud mínima, se debe hallar una nueva longitud mínima con la siguiente ecuación.

$$Dp < L$$

Ecuación 13. Longitud mínima para  $Dp < L$

$$L_{\min} = \frac{A * Dp^2}{120 + 3,5Dp}$$

- Convexa

Cuando una curva convexa presenta una distancia de parada mayor a la Longitud mínima, se emplean las siguientes ecuaciones.

$$Dp > L$$

$$L_{\min} = 2Dp - \frac{658}{A}$$

$$K_{\min} = \frac{Dp^2}{658}$$

Ecuación 14. Longitud mínima

$$L_{\min} = 0,6 * V_{cv}$$

Ecuación 15. Longitud vertical

$$L_v = 50 * A$$

Por otra parte, cuando la distancia de parada es menor a la distancia mínima, se debe volver a calcular  $L_{\min}$ , con la siguiente ecuación.

$$Dp < L$$

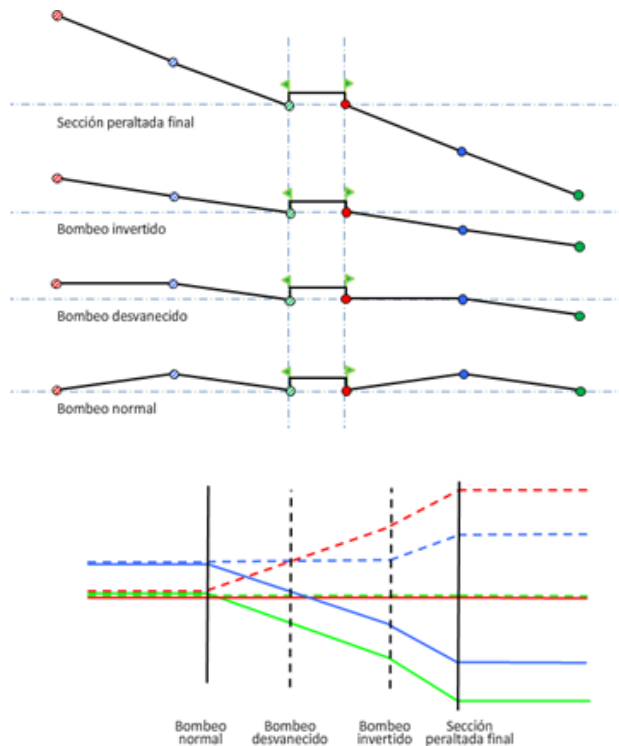
Ecuación 16. Longitud mínima para  $Dp < L$

$$L_{\min} = \frac{A * Dp^2}{658}$$

## 6.9 Peraltes

Se denomina peralte a la pendiente transversal que se da en las curvas a la plataforma de una vía férrea o a la calzada de una carretera, con el fin de compensar con una componente de su propio peso la inercia del vehículo, y lograr que la resultante total de las fuerzas se mantenga aproximadamente perpendicular al plano de la vía o de la calzada. El objetivo del peralte es contrarrestar la fuerza centrífuga que impele al vehículo hacia el exterior de la curva. También tiene la función de evacuar aguas de la calzada (en el caso de las carreteras), exigiendo una inclinación mínima del 0,5%.

Figura 5. Diagrama de peraltes.



Fuente: Diseño geométrico de carreteras (2013).

## 6.10 Obras de contención

Las obras de contención se basan en principios y conceptos clave de la ingeniería civil y la geotecnia. Su principal objetivo es garantizar que las estructuras que retienen suelos y otros materiales sean estables y duraderas. Estas estructuras son vitales para muchas aplicaciones, como la construcción de carreteras y puentes, así como edificaciones en terrenos inclinados o con riesgo de deslizamientos.

### 6.10.1 Movimientos de tierra

Las cotas de proyecto de rasante y subrasante de las obras de pavimentación establecen la necesidad de modificar el perfil natural del suelo, siendo necesario en algunos

casos rebajar dichas cotas, y en otros casos elevarlas. En el primer caso corresponde ejecutar un trabajo de "corte o excavación", y en el segundo, un trabajo de "relleno o de terraplén".

#### **6.10.1.1 Excavación**

Es el movimiento de tierras realizado a cielo abierto y por medios manuales, utilizando pico y palas, o en forma mecánica con excavadoras, y cuyo objeto consiste en alcanzar el plano de arranque de la edificación, es decir las Cimentaciones.

- Desmonte: Es el movimiento de todas las tierras que se encuentran por encima de la rasante del plano de arranque de la edificación.
- Vaciado: Se realiza cuando el plano de arranque de la edificación se encuentra por debajo del terreno.
- Terraplenado: Se realiza cuando el terreno se encuentra por debajo del plano de arranque del edificio y es necesario llevarlo al mismo nivel.

#### **6.10.1.2 Corte**

Son las excavaciones que se realizan sobre cualquier tipo de terreno. Las superficies laterales que delimitan el corte, al igual que el relleno, se denominan taludes. La intersección del talud con la superficie de tierra se denomina borde.

#### **6.10.1.3 Relleno**

Son también conocidos como terraplenes. Estos son ejecutados con los materiales provenientes de los cortes realizados en otra parte de la obra. Cuando los materiales sobrantes no son deseables se realizan terraplenes alejados de la obra llamados caballeros.

En el censo nacional de población y vivienda de 2018, la población de Corinto se estimó en alrededor de 30 654 habitantes este corregimiento cuenta con una extensión de

412 km<sup>2</sup> y una altitud de 1.600 m.s.n.m. El municipio alberga diversas comunidades indígenas, siendo la comunidad Nasa la más prominente. Los Nasa forman parte del pueblo Paez y tienen una presencia significativa en la región los cuales se comunican mediante el español y el Nasa Yuwe, una lengua indígena.

La economía de Corinto ha estado históricamente basada en la agricultura y la producción de caña de azúcar, siendo esta última uno de los cultivos más importantes de la zona y utilizada para la elaboración de azúcar y aguardiente. Además, Corinto es conocido por sus arraigadas tradiciones y su cultura indígena, que se reflejan en festivales y celebraciones ancestrales. La comunidad Nasa mantiene una sólida identidad cultural y preserva sus valiosas tradiciones.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la demografía puede cambiar con el tiempo debido a diversos factores, como el crecimiento poblacional, la migración y los cambios en la estructura de edad.

### **6.10.2 Estabilidad de taludes**

La estabilidad de los taludes, que pueden ser naturales como montañas y colinas, o artificiales como cortes de carreteras y excavaciones, es muy importante para prevenir deslizamientos de tierra que pueden causar daños. Para asegurar que estos taludes sean estables, se estudian varios factores. Entre estos factores se incluyen la cohesión del suelo, que es la capacidad del suelo de mantenerse unido; el ángulo de fricción interna, que es el ángulo máximo al que el suelo puede estar inclinado sin deslizarse; y la presencia de agua, ya que el agua puede debilitar el suelo y hacerlo más propenso a deslizarse.

### **6.10.3 Presiones del suelo**

Las presiones que el suelo ejerce sobre las estructuras que lo contienen, como muros de contención, son fundamentales para el diseño de estas estructuras. Existen diferentes tipos de presiones de tierra: la presión en reposo, que es la presión que el suelo ejerce cuando no se mueve; la presión activa, que ocurre cuando el suelo se expande o se desliza; y la presión pasiva, que es la resistencia que ofrece el suelo cuando una estructura lo empuja hacia atrás. Estas presiones deben ser cuidadosamente consideradas para asegurar que las estructuras sean seguras y estables.

### **6.10.4 Clasificación según el tipo de construcción**

Los muros de contención son estructuras esenciales en la ingeniería civil y la construcción, ya que su principal función es mantener el suelo en su lugar y prevenir deslizamientos o colapsos. Existen diversos tipos de muros de contención, cada uno diseñado para adaptarse a diferentes condiciones del terreno y requerimientos estructurales. A continuación, se describen algunos de los tipos más comunes de muros de contención y sus características principales, que varían según el material utilizado, el diseño y la forma en que resisten las presiones del suelo.

#### **6.10.4.1 Muros de Gravedad**

Estos muros resisten las presiones del suelo principalmente gracias a su propio peso. Están hechos con materiales muy pesados como piedra o concreto, y su masa es lo que los mantiene en su lugar y evita que el suelo los empuje.

#### **6.10.4.2 Muros de Contrafuerte**

Son similares a los muros de gravedad, pero tienen contrafuertes, que son soportes adicionales en la parte trasera del muro. Estos contrafuertes permiten que el muro sea más delgado, ya que brindan un soporte extra que ayuda a resistir la presión del suelo.

#### **6.10.4.3 Muros de Mampostería**

Están contruidos con bloques de piedra o ladrillo. Son más adecuados para estructuras más pequeñas y situaciones donde la presión del suelo no es tan grande. Se utilizan comúnmente en proyectos más pequeños y para alturas menores.

#### **6.10.4.4 Muros de Gaviones**

Estos muros están formados por cestas de alambre llenas de rocas. Son flexibles y permiten el drenaje del agua, lo que los hace adecuados para áreas donde el drenaje puede variar. Su diseño les permite adaptarse bien a cambios en el terreno y a diferentes condiciones climáticas.

#### **6.10.4.5 Muros de Contención en Voladizo**

Utilizan el principio del voladizo para resistir las presiones del suelo. Tienen una base ancha y una pared delgada hecha de concreto armado. La base ancha proporciona estabilidad y ayuda a que la pared delgada soporte la presión del suelo de manera efectiva.

#### **6.10.4.6 Pantallas de Pilotes**

Son utilizadas en terrenos difíciles donde otros tipos de muros podrían no ser efectivos. Consisten en pilotes, que son columnas largas y delgadas hincadas profundamente en el suelo. Estos pilotes actúan como una barrera que contiene el suelo, proporcionando estabilidad en áreas con condiciones de suelo complicadas.

## **6.11 Obras hidráulicas**

### **6.11.1 Intensidad de lluvia**

La intensidad de la lluvia se refiere a la cantidad de precipitación que cae en un área determinada durante un período de tiempo específico.

### **6.11.2 Periodo de retorno**

El período de retorno se puede definir como la estimación de la probabilidad de que ocurra un evento extremo, como una inundación, una tormenta intensa o un terremoto, dentro de un período de tiempo específico.

### **6.11.3 Curva IDF**

Es una representación gráfica que muestra la relación entre la intensidad de la lluvia, la duración de la tormenta y la frecuencia con la que se espera que ocurra una determinada intensidad de lluvia en un área específica durante un período de tiempo dado. Esta curva es fundamental para el diseño de infraestructuras hidráulicas, como sistemas de drenaje, alcantarillado y control de inundaciones, ya que proporciona información sobre la magnitud y la frecuencia de las precipitaciones que se deben tener en cuenta en el diseño de estas estructuras.

### **6.11.4 Cunetas**

Las cunetas son canales o zanjas de poca profundidad que se construyen para recolectar y conducir el agua de lluvia y escorrentía lejos de la superficie de rodadura, con la intención de prevenir la erosión, inundación o algún tipo de daño sobre la estructura de la calzada.

Su construcción depende de varios factores como: Las precipitaciones, la topografía del terreno y el tráfico vehicular, también depende de la sección requerida, existen cunetas rectangulares, trapezoidales y triangulares.

### 6.11.5 Caudal

Es la cantidad de fluido que pasa por una sección transversal de un conducto o canal en un tiempo determinado. Se puede expresar en términos de volumen por unidad de tiempo, como metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ), litros por segundo (L/s) o galones por minuto (GPM) y tiene importancia en el diseño de tuberías, canales y sistemas de alcantarillado, también permite analizar el comportamiento de un flujo bajo diferentes condiciones.

### 6.11.6 Ecuación de Manning

Es una fórmula empírica utilizada para calcular la velocidad del flujo de agua en canales abiertos y tuberías parcialmente llenas. La ecuación relaciona la velocidad del flujo con la rugosidad del canal, la pendiente y el radio hidráulicos, esta ecuación se expresa así:

*Ecuación 17. Manning*

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V = Velocidad del flujo (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (s/m<sup>1/3</sup>)

R<sub>h</sub> = Radio hidráulico (m), que se define como el área de la sección transversal del flujo dividido por el perímetro mojado.

S = Pendiente hidráulica (m/m), que es la pendiente del canal o del conducto

### 6.11.7 Alcantarillas

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.

Estas estructuras son sumamente importantes para el manejo del agua de lluvia, el drenaje superficial y la prevención de inundaciones.

#### **6.11.8 Método racional**

Esta es una técnica ampliamente usada en hidrología para lograr estimar el caudal pico de escorrentía superficial de una cuenca hidrográfica durante un evento de lluvia, también es útil en el diseño de sistemas de drenaje y su premisa es que la tasa de escorrentía es proporcional a la intensidad de la lluvia y el área de la cuenca. Esta determinado por la siguiente ecuación:

*Ecuación 18. Método racional - Caudal*

$$Q = C * I * A$$

Donde:

Q = caudal pico de escorrentía (en m<sup>3</sup>/s o ft<sup>3</sup>/s).

C = coeficiente de escorrentía, un valor adimensional que varía según el tipo de suelo, la cobertura del terreno, y la pendiente.

I = Intensidad de la lluvia (en mm/h o in/h), correspondiente al período de retorno y al tiempo de concentración.

A = área de la cuenca (en ha o acres).

#### **6.11.9 Tiempos de concentración**

El tiempo de concentración es un concepto muy importante en la hidrología, ya que se refiere al tiempo que el agua de lluvia tarda en recorrer la distancia desde el punto más lejano de una

cuenca hidrográfica, hasta un punto de salida, como, por ejemplo, un arroyo, un río o un canal de drenaje.

Este concepto tiene gran relevancia en el diseño de infraestructuras hidráulicas, ya que conocer este tiempo permite diseñar de manera adecuada los sistemas de drenaje, embalses y demás infraestructuras, también es un término ampliamente usado en la predicción de inundaciones y en la planificación y manejo de cuencas, esto debido a que facilita la toma de decisiones en la gestión del uso del suelo y además ayuda a estimar el momento en el que se alcanza el caudal pico de un canal o río tras un evento de lluvia.

#### **6.11.10 Teoría de la Presión de Tierras de Rankine**

Es una teoría clásica de la mecánica de suelos que se utiliza para analizar la presión de tierras. Fue desarrollado por el ingeniero británico William John Macquorn Rankine en el siglo XIX. Este método se aplica principalmente a problemas de estabilidad de taludes y muros de contención. A continuación, se describen los conceptos clave del método de Rankine en suelos:

Estado de reposo: Es la condición en la cual el suelo no está sujeto a ninguna deformación lateral. El coeficiente de presión en reposo ( $K_0$ ) se utiliza para describir esta condición.

Presión activa: Ocurre cuando el muro de contención se desplaza hacia afuera del relleno, permitiendo que el suelo se expanda lateralmente. El coeficiente de presión activa ( $K_a$ )

Presión pasiva: Se desarrolla cuando el muro de contención se desplaza hacia el relleno, comprimiendo el suelo lateralmente. El coeficiente de presión pasiva ( $K_p$ ).

#### **6.12 Pavimento**

La ingeniería de pavimentos desempeña un papel fundamental en el desarrollo y mantenimiento de infraestructuras viales que aseguran la conectividad y la movilidad eficiente en

una región determinada. En el proyecto vial Puente Quemado - Toribio, es esencial comprender y aplicar los principios fundamentales del diseño de pavimentos para garantizar la durabilidad, seguridad y funcionalidad de la carretera.

### **6.12.1 Propiedades Mecánicas**

Los pavimentos están compuestos por una variedad de materiales que deben cumplir con requisitos mecánicos específicos para garantizar su resistencia, durabilidad y capacidad de soportar las cargas del tráfico vehicular. Los principales materiales utilizados incluyen agregados pétreos, ligantes asfálticos y cementos, cada uno con propiedades mecánicas únicas que afectan su comportamiento en el pavimento.

Los agregados pétreos son la base estructural de los pavimentos y deben tener propiedades como resistencia a la compresión y resistencia al desgaste frente a la abrasión. Estas propiedades se evalúan mediante ensayos de laboratorio como la prueba de resistencia a la compresión uniaxial, la prueba de resistencia al desgaste mediante máquina de Los Ángeles y la prueba de resistencia al desgaste por fricción en esta misma.

Los ligantes asfálticos, como el asfalto, son los responsables de unir los agregados en la carpeta asfáltica con el fin de proporcionar cohesión y flexibilidad al pavimento. Sus propiedades mecánicas incluyen la viscosidad, la penetración, la elasticidad y la resistencia al envejecimiento. Los ensayos de laboratorio como la penetración, el punto de ablandamiento y el ensayo de ductilidad se utilizan para caracterizar estas propiedades y garantizar la calidad y durabilidad de los asfaltos.

Por otro lado, el diseño de pavimentos también debe tener en cuenta las propiedades mecánicas del suelo de subrasante, estas propiedades son la capacidad portante del suelo, su

densidad, su contenido de humedad y su grado de compresibilidad. Estas propiedades son fundamentales para determinar la capacidad del suelo de soportar las cargas del tráfico sin sufrir deformaciones excesivas o asentamientos que puedan comprometer la estabilidad del pavimento.

Aduanalmente, también es importante considerar las propiedades geotécnicas del suelo, como su permeabilidad, su capacidad de drenaje y su susceptibilidad a la erosión. Estas propiedades influyen en la capacidad del suelo para drenar el agua de la superficie y del subsuelo, evitando la acumulación de humedad que puede llevar a debilitar el pavimento.

### **6.12.2 Tráfico y Clima**

El análisis del clima y el tráfico es esencial para el diseño de pavimentos, la región de Puente Quemado - Toribio puede presentar una variedad de condiciones climáticas, desde temperaturas extremas hasta eventos de lluvia intensa. Es importante evaluar cómo estas condiciones afectan el pavimento, especialmente en términos de cambios de temperatura que pueden provocar expansión y contracción.

El tráfico vehicular es otro factor crucial para considerar en el diseño de pavimentos, se deben realizar estudios detallados para evaluar el volumen y la composición del tráfico o en el caso de este proyecto que se utilizara el estudio de tráfico disponible invias, así como las cargas vehiculares que se esperan en la vía a lo largo de su vida útil. Esto incluye la clasificación de vehículos según su peso y tamaño, así como el análisis de patrones de tráfico y la proyección de crecimiento futuro. Con esta información, se pueden determinar las características estructurales necesarias del pavimento, como el espesor de las capas y la resistencia de los materiales, para garantizar su capacidad para soportar las cargas de tráfico previstas.

### **6.12.3 Diseño de Pavimentos**

El diseño de pavimentos para la Vía Puente Quemado - Toribio implica una cuidadosa selección de materiales y métodos de construcción que se adapten a las condiciones específicas de la región y al tipo de tráfico previsto. En primer lugar, es crucial considerar la calidad y disponibilidad de los materiales locales, como los agregados pétreos y los ligantes asfálticos o cementantes. Se deben realizar análisis detallados de los materiales disponibles en la zona para garantizar su calidad y durabilidad en el diseño del pavimento.

El diseño de pavimentos flexibles se basa en el principio de distribuir las cargas del tráfico a través de capas de material que se deforman elásticamente para soportar las cargas. El Método de AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) , este método emplea un análisis mecanicista-empírico que considera la respuesta del pavimento bajo cargas de tráfico y las características del suelo de la subrasante.

Para aplicar el Método de AASHTO, se recopilan datos de tráfico, como el número y tipo de vehículos, así como las características del suelo de la subrasante. Estos datos se utilizan para determinar los factores de diseño estructural, que incluyen el Índice de Servicio del Pavimento (PSI), el Factor de Tráfico (ESALs), y otros parámetros relacionados con la capacidad estructural del pavimento.

Con base en estos factores, se calculan los espesores de las diferentes capas del pavimento, incluyendo la base, subbase y carpeta asfáltica. Es crucial seleccionar materiales adecuados para cada capa, considerando su resistencia a la compresión, durabilidad y capacidad para soportar las cargas de tráfico previstas.

Además, el diseño de pavimentos flexibles debe tener en cuenta la resistencia a la fatiga y el agrietamiento por fatiga, ya que las cargas repetidas del tráfico pueden provocar la formación de grietas en la superficie del pavimento. Por lo tanto, se pueden aplicar técnicas de refuerzo de la base o uso de geotextiles para mejorar la resistencia del pavimento a la fatiga.

#### **6.12.4 Sostenibilidad y Aspectos Ambientales**

La dimensión ambiental en el diseño de pavimentos para la Vía Puente Quemado - Toribio es de vital importancia, ya que busca no solo garantizar la funcionalidad y durabilidad de la infraestructura vial, sino también minimizar su impacto negativo en el entorno natural y promover prácticas sostenibles.

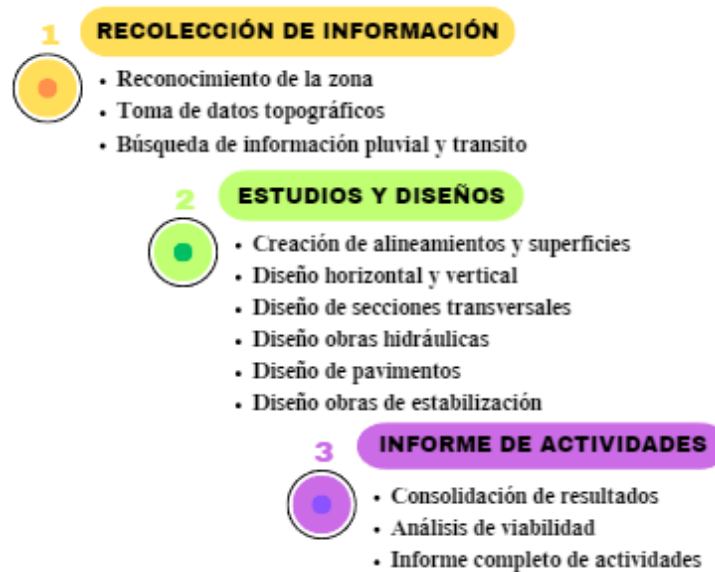
La sostenibilidad ambiental en el diseño de pavimentos implica la implementación de prácticas que reduzcan el consumo de recursos naturales, minimicen la generación de residuos y mitiguen las emisiones de gases de efecto invernadero. Una de las estrategias clave en este sentido es la utilización de materiales reciclados, la reutilización de materiales como el asfalto fresado no solo reduce la extracción de recursos naturales, sino que también disminuye la cantidad de residuos enviados a sitios de disposición final, contribuyendo así a la gestión sostenible de los recursos.

Además, es importante es la gestión del agua esto de maneja mediante la implementación de técnicas de drenaje sostenible, como el uso de pavimentos permeables o la construcción de sistemas de captación y reutilización de aguas pluviales, ayudando a minimizar el impacto de la infraestructura vial en el ciclo hidrológico local y reduce el riesgo de inundaciones y erosión del suelo.

## 7. METODOLOGÍA

En el siguiente esquema se presenta brevemente el proceso que se siguió en la metodología para la realización de este proyecto.

Figura 6. Esquema metodología



Fuente: Elaboración propia

### 7.1 Recolección de información

Para dar inicio al proyecto, se llevó a cabo una fase inicial de reconocimiento del terreno que abarcó una serie de procesos detallados. Esta etapa fue crucial para comprender a fondo las características del área de estudio y obtener datos precisos que orientaran el desarrollo posterior del proyecto.

En primer lugar, se ejecutó una salida de campo en esta se implementaron dos enfoques complementarios para la recopilación de datos topográficos, por un lado, se utilizaron equipos de posicionamiento global (GPS) para realizar mediciones exactas, por otro lado, se desplegó un dron

equipado con tecnología de mapeo y sensores avanzados para obtener imágenes aéreas de alta resolución y generar modelos tridimensionales del terreno.

Este enfoque permitió obtener una representación completa y detallada del relieve, la vegetación y otros aspectos relevantes del entorno, sentando así las bases para un diseño preciso. Además de la recopilación de datos topográficos, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los patrones pluviales de la región, mediante la recopilación de datos históricos de precipitación para comprender mejor los flujos de agua y poder realizar obras hidráulicas.

Por otro lado, se extrajeron datos de tránsito del municipio toribio con el objetivo de entender la movilidad que se presenta en la zona y evaluar la capacidad de la infraestructura vial.

A partir de la recopilación y análisis de esta amplia gama de datos geoespaciales, hidrológicos y de tráfico, se pudo generar un conocimiento profundo del área de estudio, sentando así las bases para el diseño de la mejora de la infraestructura vial.

## **7.2 Estudios y diseños**

### **7.2.1 Diseño geométrico vial**

El proceso de digitalización de la información se llevó a cabo utilizando la tecnología de Pix4D, una herramienta que permitió la inserción y procesamiento de las imágenes recopiladas por el dron. Este proceso garantizó la extracción precisa de las curvas de nivel que son fundamentales para comprender la topografía y las características del terreno.

Con la información obtenida tanto en el campo como a través de la digitalización, iniciamos una fase crucial del proyecto: el diseño vial. Para ello, nos apoyamos en las

potentes capacidades de AutoCAD Civil 3D, una plataforma esencial que nos permitió desplegar una serie de herramientas clave para el desarrollo de nuestro proyecto.

En primer lugar, procedimos a la generación de superficies, un proceso fundamental para comprender la conformación del terreno y poder planificar adecuadamente el trazado de la vía. A continuación, nos adentramos en la creación de alineamientos, definiendo cuidadosamente la disposición y trayectoria de la vía en relación con el entorno circundante.

Uno de los aspectos cruciales de este proceso fue el diseño de curvas geométricas, tanto verticales como horizontales. Se logro curvas que garantizaran pendientes suaves, con inclinaciones longitudinales inferiores al 6% y transversales menores al 10%. Este enfoque no solo busca promover la comodidad del tráfico vehicular, sino también mitigar los riesgos de accidentes y mejorar la seguridad vial en general.

Además de estas tareas fundamentales, se realizaron cálculos para definir con precisión los elementos de las diferentes curvas, asegurando así la funcionalidad del diseño vial. Mientras tanto, en paralelo, se continuo el desarrollo del proyecto en Civil 3D, donde nos enfocamos en trazar elementos más complejos como los corredores viales, las secciones transversales y los cortes y rellenos respecto a la rasante previa.

Por último, se llevó a cabo diseños detallados en perfil y planta de los diferentes alineamientos viales, garantizando así la coherencia y la viabilidad del diseño. Este enfoque integral y detallado nos permitió no solo cumplir con los requisitos técnicos y normativos, sino también contribuir positivamente al desarrollo y mejora de la infraestructura vial.

## 7.2.2 Hidráulica

### 7.2.2.1 Determinación de la intensidad de lluvia

Partiendo de la identificación de la estación meteorológica más cercana a la zona de ubicación del proyecto, se deben obtener los datos de la precipitación máxima registrada en 24 horas. Una vez obtenida esta información se procede con el cálculo de la intensidad de la lluvia (mm/h).

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

La intensidad de la lluvia se calculará 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.

Aplicar los valores de los periodos de retorno (T) recomendados en el Manual de Drenaje Vial del INVIAS 2009, que se indican en la tabla 5.1 mostrada en la siguiente figura.

Figura 7. Tabla 5.1 Periodos de retorno para el diseño de obras de drenaje vial.

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

Fuente: Manual de drenaje para carreteras INV-2009

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 INV 2009, en el cual se recomienda la utilización de la precipitación máxima promedio anual en 24 horas y aplicar la expresión que se indica a continuación.

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

Donde

i = Intensidad de precipitación (mm/h).

T = Periodo de retorno, en años.

M = Precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual.

t = Duración de la lluvia (min).

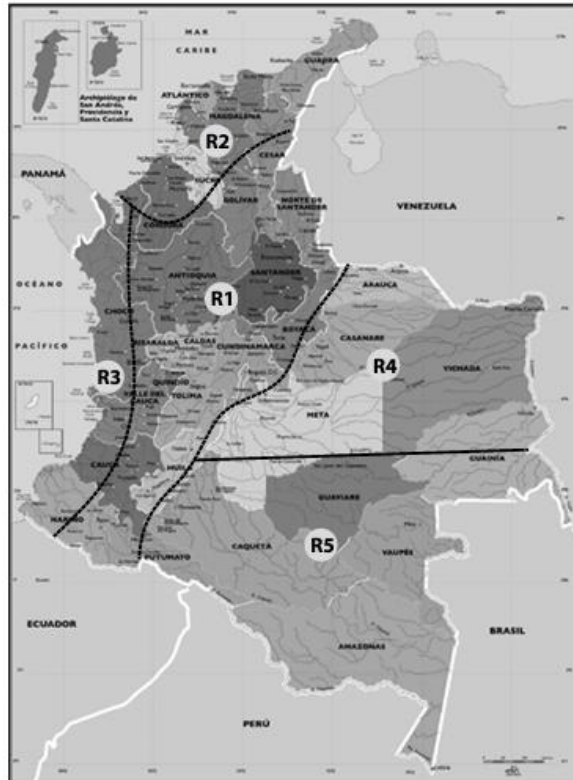
a, b, c, d = Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros dependen de la región del país donde está ubicada la estación meteorológica. Las regiones y los valores de los parámetros se muestran en la Tabla 5.2 y su ubicación en la figura 5.1 del Manual de Drenaje para Carreteras INVIAS 2009.

Figura 8. Tabla 5.2 Parámetros según regiones del país

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

Fuente: Manual de drenaje para carreteras INV-2009

Figura 9. Figura 5.1 Regiones de Colombia para definición de parámetros a, b c y d.



Fuente: Manual de drenaje para carreteras INV-2009

### 7.2.2.2 Determinación de los tiempos de concentración

En la literatura diferentes autores han desarrollado formulas y métodos para su determinación de los tiempos de concentración, para este cálculo, se pueden emplear diferentes fórmulas y promediarlas.

Las ecuaciones empleadas son:

Ecuación de Kirpich

*Ecuación 19. Ecuación de Kirpich*

$$T_c = 0.06628 \left( \frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

Donde:

$T_C$  = Tiempo de concentración, en horas [h]

L = Longitud del cauce principal, en kilómetros [Km]

S = Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metro por metro (m/m)

Ecuación de Témez

*Ecuación 20. Ecuación de Témez*

$$T_C = 0.30 \left( \frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

$T_C$  = Tiempo de concentración, en horas [h]

L = Longitud del cauce principal, en kilómetros [Km]

S = Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%)

Ecuación de ventura – Heras

*Ecuación 21. Ecuación de ventura – Heras*

$$T_C = 0.30 \left( \frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Donde:

$T_C$  = Tiempo de concentración, en horas [h]

L = Longitud del cauce principal, en kilómetros [Km]

S = Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%)

*Ecuación 22. Ecuación de V.T Chow*

$$T_C = 0.273 \left( \frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.64}$$

$T_C$  = Tiempo de concentración, en horas [h]

L = Longitud del cauce principal, en kilómetros [Km]

S = Pendiente total del cauce principal, en metro por metro (m/m)

Ecuación de Hathaway

*Ecuación 23. Ecuación de Hathaway*

$$T_c = \frac{36.36(Ln)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

$T_c$  = Tiempo de concentración, en horas [h]

L = Longitud del cauce principal, en kilómetros [Km]

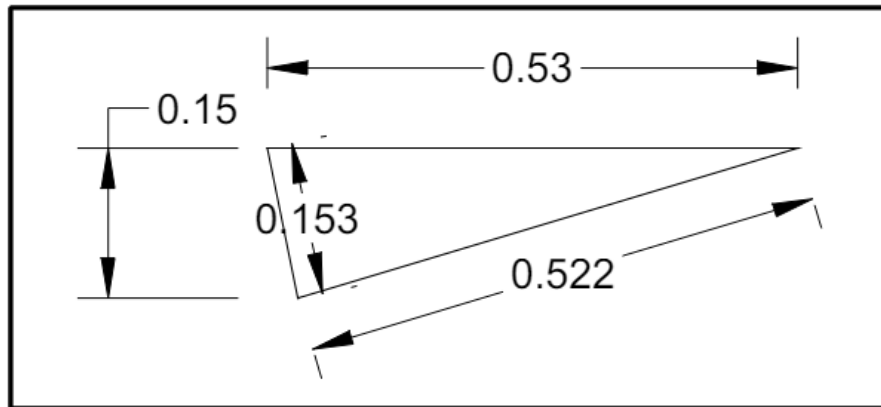
S = Pendiente total del cauce principal, en metro por metro (m/m)

n = Factor de rugosidad, adimensional

### 7.2.2.3 Determinación parámetros adoptados para la berma-cuneta

Los parámetros se presentan en guías de diseño de drenaje,

*Figura 10. Parámetros de cuneta recomendados*

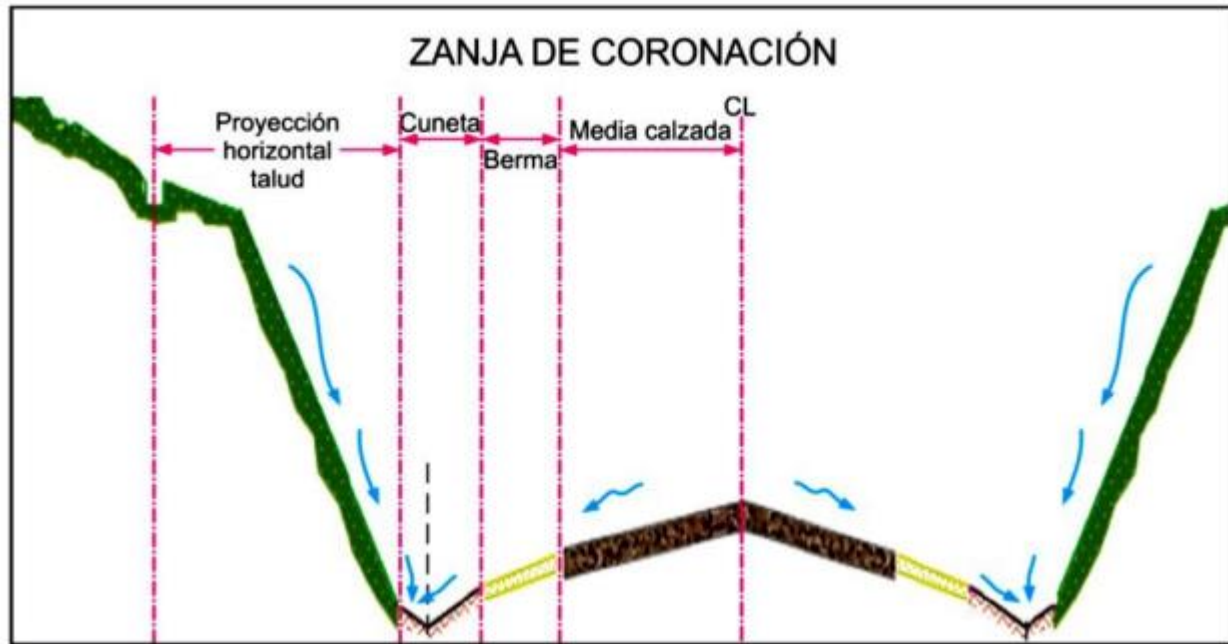


Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella

### 7.2.2.4 Determinación del ancho de impluvium

Este ancho incluye el ancho de superficie de rodadura, ancho de la berma-cuneta, la proyección del talud de corte, como se muestra a continuación en la siguiente figura.

Figura 11. W de impluvium



Fuente: Instituto Nacional de Vías (2009)

Determinación del caudal de demanda dado un espaciamiento entre alcantarillas.

El caudal de demanda dado un espaciamiento entre alcantarillas se calcula aplicando la fórmula de caudal de escorrentía, que dependerá de los coeficientes de escorrentía ( $C$ ), la intensidad para un tiempo de concentración dado ( $I$ ) y el área tributaria ( $A_\gamma$ ), que está formada por el área dada por el ancho de impluvium y la longitud de la cuneta.

Ecuación 24. Caudal de escorrentía

$$Q_e = 0.280 * C * I * A_\gamma$$

Los coeficientes de escorrentía se determinan dependiendo la vegetación y la topografía, además de la textura del suelo, esto mediante la siguiente tabla tomada del Manual de Drenaje para Carreteras.

Figura 12. Valores de coeficiente de escorrentía en áreas rurales

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
<b>BOSQUES</b>			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
<b>PASTOS</b>			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
<b>TIERRAS CULTIVADAS</b>			
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 %.			

Fuente: Manual de drenaje para carreteras INV-2009

#### 7.2.2.5 Determinación del caudal que puede transportar la Berma-cuneta tipo

Este caudal es el que puede transportar la cuneta a sección plena, teniendo en cuenta una pendiente longitudinal de vía. Este caudal se puede calcular aplicando la ecuación de continuidad y la ecuación de Manning.

Ecuación de Manning:

*Ecuación 25. Ecuación Manning*

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V = Velocidad del flujo (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (s/m<sup>1/3</sup>)

Rh = Radio hidráulico (m), que se define como el área de la sección transversal del flujo dividido por el perímetro mojado.

S = Pendiente hidráulica (m/m), que es la pendiente del canal o del conducto

Ecuación de continuidad:

*Ecuación 26. Caudal cuneta*

$$Q_C = V * a$$

Donde:

$Q_C$  = Caudal que puede transportar la berma-cuneta ( $m^3 / \text{seg}$ )

V = Velocidad del agua que circula por la berma-cuneta (m / seg)

a = Área hidráulica de la sección transversal de la berma-cuneta ( $m^2$ )

#### **7.2.2.6 Criterios de diseño**

Para chequear la capacidad de la cuneta, se debe acudir a igualar las dos ecuaciones de caudal  $Q_e = Q_C$ , con el fin de encontrar una longitud [L], correspondiente a la magnitud que indica el sitio donde se rebosa la cuneta y es necesario intervenir con un aliviadero o alcantarilla.

#### **7.2.2.7 Ubicación de las alcantarillas**

Para determinar los sitios donde se ubican las alcantarillas es necesario estudiar el diseño de la rasante de la vía, la pendiente longitudinal de la vía, el sitio más alto y el más bajo de la rasante.

Para seleccionar los sitios de cruce de flujos de agua permanentes es necesario el estudio de la cartografía de la zona del proyecto, donde se indiquen las curvas de nivel y la

ubicación del trazado de la vía en estudio, además de calcular la longitud máxima de rebose de la cuneta y se deben incluir datos de abscisa, cota rasante, cota clave y cota batea.

#### **7.2.2.8 Predimensionamiento aletas y muro alcantarilla**

Para este predimensionamiento se establecieron las aletas y el muro como un muro en voladizo y se aplicaron para su cálculo las ecuaciones de la teoría de Rankine.

Lo primero, es la determinación de las propiedades del suelo

Ángulo de fricción interna ( $\phi$ ): Este valor es específico del tipo de suelo.

Peso unitario del suelo ( $\gamma$ ): También depende del tipo de suelo.

Cohesión del suelo ( $c$ ): Si es aplicable (para suelos cohesivos).

Después, se realiza el cálculo tanto del Coeficiente de presión activa ( $K_a$ ), como el coeficiente de presión pasiva ( $K_p$ ).

Coeficiente de presión activa ( $K_a$ ):

*Ecuación 27. Coeficiente de presión activa*

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}(\phi)}{1 + \text{sen}(\phi)}$$

Donde  $\phi$  es el ángulo de fricción interna del suelo.

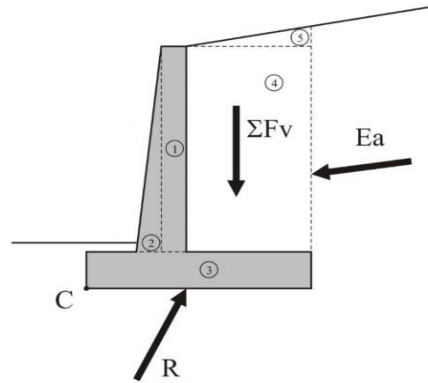
Coeficiente de presión pasiva ( $K_p$ ):

*Ecuación 28. Coeficiente de presión pasiva*

$$K_p = \frac{1 + \text{sen}(\phi)}{1 - \text{sen}(\phi)}$$

Se hace el cálculo de empujes, dividiendo el muro en las figuras geométricas sencillas, expuestas en el siguiente diagrama de geometría y fuerzas.

Figura 13. Diagrama aplicación teoría de fuerzas



Fuente: Mecánica de suelos aplicada

Lo siguiente es el chequeo de la estabilidad estática, donde se realiza el chequeo de excentricidad, se determinan los valores de la capacidad de soporte, y finalmente, se chequean los factores de seguridad:

Volcamiento: El momento de las fuerzas estabilizadoras debe ser mayor que el momento de las fuerzas desestabilizadoras.

Deslizamiento: La fuerza de fricción en la base debe ser mayor que la fuerza horizontal activa.

Capacidad portante: La presión ejercida sobre el suelo debe ser menor que la capacidad portante del suelo.

### 7.2.2.9 Cálculo de cantidad de obra alcantarillas

El cálculo de las cantidades de obra, hacen referencia al cálculo del acero de refuerzo y el volumen de concreto que según el diseño se emplean para la construcción de la estructura hidráulica.

Mediante la guía de obras menores de drenaje y estructuras viales de la dirección operativa subdirección de la red terciaria y férrea del INVIAS, se obtienen las siguientes especificaciones para el cálculo del acero de refuerzo requerido para obras de drenaje tipo alcantarilla

Tabla 4. Cantidades de acero de refuerzo Horizontal para aletas y muro

REFUERZO HORIZONTAL ALETAS Y MURO				
ITEM	Ø	Long (m)	Cant.	Peso Total Kg
LADO INTERNO ALETAS	3	1.94	2	2.17
	3	2.25	1	1.26
	3	4.87	1	2.73
	3	5.79	2	6.48
	3	5.08	4	11.38
LADO EXTERNO ALETAS	3	2.30	1	1.29
	3	5.02	1	2.81
	3	5.90	2	6.61
	3	5.22	4	11.69
MURO	4	3.45	8	27.60
	4	1.60	8	12.80
SUBTOTAL				86.82

Fuente: dirección operativa subdirección de la red terciaria y férrea del INVIAS.

Tabla 5. Cantidad de acero de refuerzo vertical para aletas y muro

REFUERZO VERTICAL ALETAS Y MURO				
ITEM	Ø	Long (m)	Cant.	Peso Total Kg
MURO	4	3.20	4	12.72
	4	3.00	4	11.93
	4	1.40	8	11.13
	3	1.64	8	7.35
ALETAS CARA INTERNA	4	2.26	2	4.49
	4	2.22	2	4.41
	4	2.18	2	4.33
	4	2.14	2	4.25
	4	2.10	2	4.17
	4	2.06	2	4.10
	4	2.02	2	4.02
	4	1.98	2	3.94
	4	1.94	2	3.86
ALETAS CARA EXTERNA	4	2.30	2	4.57
	4	2.26	2	4.49
	4	2.22	2	4.41
	4	2.18	2	4.33
	4	2.14	2	4.25
	4	2.10	2	4.17
	4	2.06	2	4.10
	4	2.02	2	4.02
	4	1.98	2	3.94
SUBTOTAL				118.99

Fuente: Dirección operativa subdirección de la red terciaria y férrea del INVIAS.

### 7.2.3 Pavimento

La metodología de diseño de pavimentos según las especificaciones de la Asociación Americana de Carreteras y Transporte (AASHTO, por sus siglas en inglés) ha evolucionado a lo largo de los años. La edición de 1993 del "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures" proporciona directrices y procedimientos para el diseño de pavimentos en carreteras y autopistas en los Estados Unidos. A continuación, se presenta una visión general de la metodología de diseño de pavimentos según AASHTO en 1993:

- Clasificación del tráfico: El primer paso en el diseño de un pavimento es clasificar el tráfico que utilizará la carretera. Esto implica determinar la cantidad y el tipo de vehículos que circularán por la carretera, así como las cargas

esperadas. La clasificación del tráfico es fundamental para establecer las cargas equivalentes de diseño.

- **Determinación de las cargas equivalentes de diseño:** La metodología AASHTO 1993 utiliza el concepto de cargas equivalentes de diseño (ESAL, por sus siglas en inglés) para cuantificar el efecto del tráfico en el pavimento. Se calcula una carga equivalente que representa el daño causado por un vehículo estándar de 18,000 libras en el pavimento.
- **Evaluación de materiales:** Se debe realizar una evaluación de los materiales disponibles para la construcción del pavimento, incluyendo el suelo de subrasante, la base y el concreto asfáltico. Esto implica pruebas de laboratorio y campo para determinar las propiedades de los materiales, como la resistencia y el módulo elástico.
- **Espesor del pavimento:** Una vez que se han calculado las cargas equivalentes de diseño y se han evaluado los materiales, se determina el espesor del pavimento necesario para soportar el tráfico previsto y satisfacer las condiciones locales.
- **Diseño estructural:** Se establecen las capas del pavimento, que generalmente incluyen una subrasante, una base y una capa de rodadura. Se calculan las capacidades estructurales de cada capa y se verifica que el pavimento pueda soportar las cargas previstas sin exceder los límites de deformación permisibles.
- **Análisis de fatiga:** Se realiza un análisis de fatiga para evaluar la vida útil del pavimento en función de las cargas y las características del tráfico. Esto implica

determinar el número de repeticiones de carga que el pavimento puede soportar antes de alcanzar un nivel crítico de daño.

- Consideraciones de drenaje: El diseño de pavimentos debe tener en cuenta el drenaje adecuado para evitar problemas de erosión y deterioro prematuro del pavimento.
- Especificaciones de construcción: Una vez que se ha completado el diseño del pavimento, se desarrollan las especificaciones de construcción que detallan los materiales y métodos que se deben seguir durante la construcción.

### **7.2.3.1 Transito**

#### **7.2.3.1.1 Composición**

La composición vehicular es un aspecto crucial en el diseño de pavimentos, ya que la cantidad de vehículos y su distribución, considerando tanto la cantidad de ejes como el peso de cada vehículo, tienen un impacto significativo en la evaluación de las cargas que actúan sobre el pavimento. Por lo tanto, en el marco de la metodología AASHTO 93, la composición vehicular desempeña un papel fundamental.

La información sobre la composición vehicular se obtiene a partir del análisis del tráfico proporcionado por la entidad correspondiente, en este caso, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Este análisis ofrece una visión detallada de la diversidad de vehículos que transitan por la carretera, teniendo en cuenta la cantidad de ejes, los tipos de vehículos y sus respectivas cargas.





#### **7.2.3.1.3 Clima**

El clima y las coordenadas geográficas son factores importantes que se tienen en cuenta en el proceso de diseño de pavimentos para garantizar que estos sean adecuados y duraderos. A continuación, se explica su relevancia:

Temperatura: Las temperaturas extremas, ya sean altas o bajas, tienen un impacto significativo en los pavimentos. Las temperaturas altas pueden hacer que los materiales del pavimento se expandan, lo que puede causar deformaciones y grietas. Las temperaturas bajas pueden dar lugar a la contracción de los materiales, lo que también puede provocar grietas. El clima influye en la elección de los materiales y el espesor del pavimento.

Precipitación: La cantidad de precipitación, ya sea en forma de lluvia o nieve, afecta al drenaje de agua en la carretera. Un sistema de drenaje inadecuado puede dañar el pavimento y afectar la seguridad vial. La elección de materiales y las consideraciones de drenaje deben adaptarse al clima local.

A través de la plataforma Weather Spark se obtendrán datos detallados sobre las condiciones climáticas en el municipio de Toribio, ubicado en el departamento de Cauca, durante el año 2022.

#### **7.2.3.1.4 Coordenadas geográficas**

Latitud y altitud: La latitud y la altitud influyen en las condiciones climáticas y, por lo tanto, en las temperaturas y el clima en una ubicación específica. Las regiones a diferentes latitudes y altitudes experimentarán

variaciones climáticas, lo que afecta la selección de materiales y el diseño del pavimento.

Exposición al sol: Las coordenadas geográficas también determinan la exposición al sol. La radiación solar puede calentar la superficie del pavimento, lo que influye en la expansión y contracción de los materiales y en la durabilidad del pavimento.

A través de la aplicación Google Earth, se lograron establecer las coordenadas GPS precisas que identifican la ubicación del proyecto vial

#### **7.2.3.1.5 Suelos**

A través de los diferentes estudios de suelos que se indican en el inciso anterior se hallarán datos correspondientes a las propiedades de la subrasante, subbase y base, los datos que generen estos estudios son la ubicación en profundidad del nivel freático, la granulometría, CBR óptimo, módulo de rotura óptimo, densidad de compactación máxima, humedad óptima, gravedad específica, límite líquido, límite plástico, estos datos se utilizaran en el caso de la subrasante y la subbase en caso de la base adicionalmente se realiza el ensayo de CBR sumergido.

#### **7.2.3.1.6 Materiales para carpeta asfáltica (del tipo MDC-19 y MDC-25)**

Debido a la alta calidad de los materiales asfálticos colombianos, se considera realizar una exportación de asfalto 60-70 para la elaboración de las mezclas asfálticas. Para el cálculo del  $T_{mix}$ , se utilizará un el modelo WisDOT este se refiere a la temperatura media anual del aire y se utiliza para seleccionar

materiales y diseñar pavimentos adecuados para las condiciones climáticas locales. Influye en la elección de materiales, el diseño estructural y las estrategias de drenaje para garantizar la durabilidad del pavimento, el cual se basa en las ecuaciones que se presentaran a continuación:

*Ecuación 29.* Ecuación de factor de ponderación.

$$fp = 10^{\left[\frac{TMM-20.348}{17.5683}\right]}$$

*Ecuación 30.* Ecuación de factor de Fprom.

$$F_{prom} = \frac{\sum fp}{12}$$

*Ecuación 31.* Ecuación de factor de Temperatura Media Anual Mínima del Aire.

$$MAAT(^{\circ}C) = 20.348 + 17.5683 * \log(F_{prom})$$

*Ecuación 32.* Ecuación de Tmix mediante el método WisDOT.

$$T_{mix}(WisDOT) = 2.787 + 1.047 * MAAT + 0.00231 * solar_o$$

*Ecuación 33.* Ecuación de Tmix mediante el método PUJ.

$$T_{mix}(PUJ) = 2.352112761 + 1.1486672363 * MAAT - 0.000350715 * solar_o$$

### **7.2.3.1.7 Variables de diseño**

#### **7.2.3.5.1 Espectro de carga para el diseño**

Para llevar a cabo el cálculo de los espectros de carga, es necesario tener en cuenta varios factores significativos. En primer lugar, a partir del estudio de tránsito proporcionado por INVIAS donde se identifica el Tránsito Promedio Diario Simplificado (TPDS).

Además, se establecerá un plazo límite de un año para la puesta en operación del proyecto, y se proyectará una vida para el mismo, antes de

que se requieran reparaciones o modificaciones. Estas cifras son cruciales para evaluar la longevidad del proyecto y su rendimiento a largo plazo.

Asimismo, se considerará una tasa de crecimiento vehicular proyectada con respecto al TPDS actual, lo que refleja un aumento en la demanda de tráfico en la vía. Además, se prevé un tránsito generado, estos valores reflejan el crecimiento anticipado de la demanda en el corredor vial.

En cuanto a las características del corredor vial, se basan en el ancho de carril, ancho de la berma y el número de carriles por sentido. Estas dimensiones y configuraciones son esenciales para el diseño y cálculo de las cargas que soportará el pavimento en el proyecto vial.

#### **7.2.3.1.8 Proyección del tránsito**

El Factor Direccional ( $F_d$ ) ajusta las cargas vehiculares considerando la dirección de aplicación de las fuerzas, mientras que el Factor de Carril-Carril ( $F_c$ ) ajusta las cargas para considerar la interacción entre los carriles en una carretera. Ambos son cruciales para calcular cargas equivalentes de diseño en el análisis de pavimentos, garantizando una evaluación precisa del daño potencial y la durabilidad del pavimento. Estos se calculan en base a la medida del ancho de la calzada y el número de carriles por sentido dichos valores y rangos se encuentran en la Figura

Figura 14. Valores  $F_d$  y  $F_c$

Para vías de doble sentido, depende del ancho de la calzada

Ancho de la calzada	$F_d$	
< 5 m	1.0	←
≥ 5 m y < 6 m	0.75	←
≥ 6 m	0.5	←

Número total de carriles en cada dirección	$F_c$
	AASHTO 2002
1	1.0
2	0.9
3	0.6
4 o mas	0.45

Posterior definimos una confiabilidad que en el diseño de pavimentos se refiere a la probabilidad de que un pavimento cumpla con los requisitos de rendimiento y seguridad durante su vida útil esperada. En ingeniería de pavimentos, la confiabilidad se evalúa mediante análisis probabilísticos que tienen en cuenta la variabilidad de los materiales, las cargas de tráfico, las condiciones climáticas y otros factores que pueden afectar el comportamiento del pavimento.

Tránsito Existente (TPDSi) se refiere a la cantidad de tráfico vehicular que ya está presente en una determinada vía o tramo de carretera en un momento dado, este se calcula mediante la *Ecuación 34*.

Ecuación 34. Tránsito Existente (TPDSi)

$$TPDSi = T_1(1 + i)^n$$

Donde:

TPDSi = Volumen Tránsito Existente

TPDSo(aforo) = Volumen de tránsito durante el año base = TPD  
por 365 días

i = Tasa de crecimiento anual para cada tipo de vehículo según  
estación de aforo INVIAS.

n = Periodos de diseño.

El tránsito normal se refiere a las proyecciones de los volúmenes  
vehiculares se realizaron partiendo del TPD, proyectando los volúmenes  
para un periodo de diseño este se calcula mediante la *Ecuación 35*.

Ecuación 35. Tránsito Normal.

$$\text{Transito normal} = 365 * TPDSi * \frac{(1 + i)^{n-1}}{i}$$

Donde:

TPDSi = Volumen Tránsito Existente

i = Tasa de crecimiento anual para cada tipo de vehículo según  
estación de aforo INVIAS.

n = Periodos de diseño.

El tráfico generado se refiere a la cantidad de vehículos que se  
espera que se originen en una determinada área o zona y viajen a lo largo  
de una red de transporte durante un período de tiempo específico, este se  
calcula mediante la *Ecuación 36*.

Ecuación 36. Tráfico generado.

$$\text{tráfico generado} = 365 * TPDSi * n * r$$

Donde:

TPDSi = Volumen Tránsito Existente

r = tasa de tránsito generado

n = años de tránsito generado

El tráfico atraído se refiere a la cantidad de vehículos que llegan a una determinada área o zona desde otras ubicaciones debido a la presencia de una atracción específica. Este se evalúa mediante análisis de datos de tráfico, encuestas de viajes, y modelos de distribución de viajes que estiman la cantidad de vehículos que llegan a una ubicación específica desde otras áreas, este se calcula mediante la *Ecuación 37*.

Ecuación 37. Tráfico atraído.

$$\text{tráfico atraído} = 365 * \text{TPDSi} * n * r$$

Donde:

TPDSi = Volumen Tránsito Existente

r = tasa de tráfico atraído

n = años de tráfico atraído

El tráfico total se refiere a la cantidad total de vehículos que circulan en una determinada área o a lo largo de una red de transporte durante un período de tiempo específico. Este término engloba tanto el tráfico generado en la zona como el tráfico atraído desde otras áreas,

además del tráfico que simplemente está de paso por la zona, este se calcula mediante la *Ecuación 38*.

Ecuación 38. Tráfico total.

Transito total = tráfico existente + tráfico generado + tráfico atraído

El "volumen de carril" se refiere a la cantidad de vehículos que pasan por un carril de una carretera o calle durante un período de tiempo determinado, este se calcula mediante la *Ecuación 39*.

Ecuación 39. Volumen de carril.

$$V_{\text{carril}} = \text{Transito total} * F_d * F_c$$

Donde:

$F_d$  = Factor direccional

$F_c$  = Factor carril

El "Volumen de Diseño (VD)" se refiere a la cantidad de tráfico que se utiliza como base para el diseño y dimensionamiento de una infraestructura vial, este se calcula mediante la *Ecuación 40*

Ecuación 40. Volumen de Diseño (VD).

$$\text{Volumen de Diseño (VD)} = V_{\text{carril}} * 10^{0.05 * Z_r}$$

Donde:

$Z_r$  = inverso de la distribución normal acumulativa en base a la probabilidad

$V_{\text{carril}}$  = volumen de carril

#### **7.2.3.1.9 Composición vehicular**

El Volumen de Diseño (VD) se asigna de manera proporcional según la composición vehicular identificada en el estudio de tránsito. De manera adicional, se exhibe la distribución de ejes según el tipo de vehículo, permitiendo así el cálculo del número de repeticiones por eje.

#### **7.2.3.1.10 Espectro de carga**

El espectro de carga está conformado por el número de repeticiones esperadas para cada tipo de eje en cada rango de cargas con el fin realizar los ejes equivalentes, este se calcula en base a los histogramas de carga correspondientes al país.

#### **7.2.3.1.11 Cálculo de ejes equivalentes**

Los ejes equivalentes se utilizan como una medida para representar el efecto combinado de cargas de tráfico variadas en el pavimento. Los ejes equivalentes permiten simplificar la complejidad de diferentes configuraciones de ejes de vehículos y expresarlos en términos de una carga uniforme que tendría un efecto similar al conjunto de cargas variadas.

La idea central es convertir las diversas configuraciones de ejes de vehículos a una carga equivalente que cause el mismo nivel de daño al pavimento. Esto facilita los cálculos y el diseño estructural del pavimento, ya que se puede tratar el tráfico mixto como una carga uniforme.

Para el cálculo de ejes equivalentes se usarán las siguientes ecuaciones:

Ecuación 41. Ecuación de Proporción de Pérdida de Servicialidad

$$G = \log \left[ \frac{P_o - P_t}{4.2 - 1.5} \right]$$

Ecuación 42. Ecuación de Relación entre Servicialidad y Repeticiones

$$B_x = 0.4 + \frac{0.081 * (L_x + L_{2x})^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} (L_{2x})^{3.23}}$$

Ecuación 43. Ecuación Relación entre Servicialidad y Repeticiones equivalente a 18 kips o 80 kN.

$$B_{18} = 0.4 + \frac{0.081 * (18 + 1)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} (1)^{3.23}}$$

Ecuación 44. Ecuación de Relación  $W_x/W_{18}$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[ \frac{L_{18} + L_2 \text{ simple}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4.78} \left[ \frac{10^{\frac{G}{B_x}}}{10^{\frac{G}{B_{18}}}} \right]^{L_{2x}^{3.28}}$$

Ecuación 45. Ecuación para calcular número de ejes  $W_{18}$

$$W_{18} = \frac{1 * W_x}{\left( \frac{W_x}{W_{18}} \right)}$$

Luego de este paso, se procede a sumar los valores resultantes de las cargas equivalentes de 18 kips o 80 kN en cada uno de los espectros de carga, ya sean simples, tándem o trídem. Este proceso permite obtener una medida consolidada de las cargas sobre el pavimento, considerando las distintas configuraciones vehiculares presentes en los espectros.

#### 7.2.3.1.12 Diseño final

Finalmente, para determinar el espesor mínimo del pavimento a construir o diseñar, se aplica la ecuación AASHTO 93, como se muestra en la *Ecuación 46*.

Esta ecuación incorpora el total de equivalentes, una confiabilidad. Dado que se

trata de una vía nueva, se establece una desviación estándar global de 0.45.

Además, se utiliza una distribución normal correspondiente a la probabilidad. Este enfoque integral garantiza la robustez del diseño del pavimento, teniendo en cuenta factores críticos como la confiabilidad y las características específicas de la vía proyectada.

Ecuación 46. Ecuación de AASHTO 93

$$\log(W18) = Z_r * S_o + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log\left(\frac{P_o - P_t}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log(Mr)$$

– 8.07

#### 7.2.4 Obras de estabilización

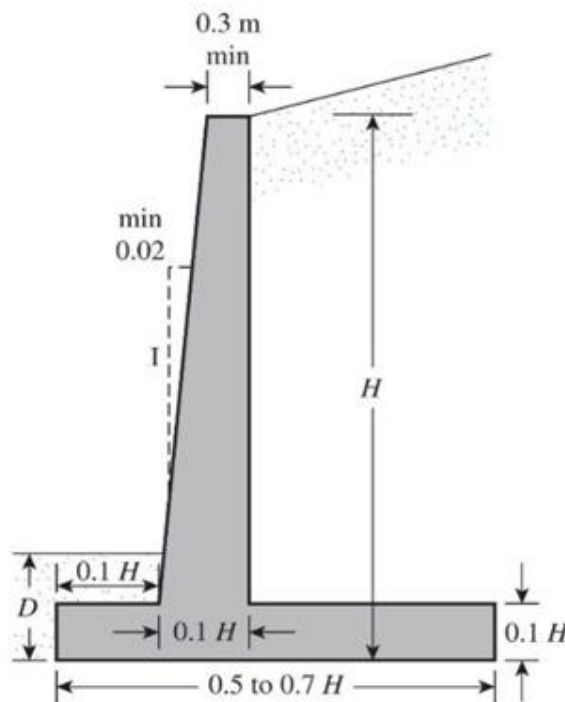
Para el predimensionamiento de las obras de estabilización es fundamental tener en cuenta como primer paso en el diseño de un muro voladizo es la recolección de datos del sitio. Esto implica realizar estudios geotécnicos para obtener información sobre las propiedades del suelo, como la cohesión, el ángulo de fricción interna, la densidad del suelo y su capacidad portante. Además, es importante identificar el nivel freático, ya que el agua subterránea puede afectar significativamente la estabilidad del muro.

Una vez que se han reunido todos los datos del sitio, el siguiente paso es analizar las cargas que el muro deberá soportar. Esto incluye el peso del suelo que el muro retendrá, las cargas vivas como vehículos y estructuras, y las cargas sísmicas en áreas propensas a terremotos. También es importante considerar la presión del agua si hay presencia de agua detrás del muro. Evaluar todas estas posibles cargas es esencial para diseñar un muro que pueda resistirlas de manera segura. Cabe aclarar que debido a la

situación de violencia presentado en el municipio de toribio no se pudo realizar los estudios entonces se tomaron datos de otros estudios realizados en otra zona para poder determinar el muro.

Una vez que hemos terminado de analizar las cargas, el siguiente paso es diseñar el predimensionamiento del muro voladizo. Este diseño debe asegurar que el muro sea estable y no falle por deslizamiento, volcamiento o por la capacidad del suelo de soportarlo. Para ello, se determina la altura del muro, el ancho y la longitud de la base. También se decide si la cara del muro debe tener alguna inclinación para mejorar su estabilidad.

Figura 15. Predimensionamiento de muro.



Fuente: Mecánica de suelos aplicada

El diseño también incluye los refuerzos de acero que se colocan dentro del muro de concreto. Estos refuerzos ayudan a soportar las tensiones que las cargas aplican sobre el muro. Es fundamental seguir las normativas para asegurar que el muro sea seguro y duradero.

#### **7.2.5 Afectación predial**

La metodología para la situación predial en un mejoramiento vial implica seguir un proceso organizado para asegurar que todas las propiedades afectadas sean identificadas, evaluadas y gestionadas de manera adecuada. Primero, se define claramente el área de influencia del proyecto. Esto significa determinar exactamente qué parte de la zona se verá afectada por el proyecto vial. Para hacer esto, se utilizan herramientas de mapeo y sistemas de información geográfica, que ayudan a obtener una visión clara y precisa del área en cuestión.

Una vez que se ha delimitado el área de influencia, se lleva a cabo un levantamiento catastral detallado conocido como ficha predial. Este paso consiste en recopilar toda la información posible sobre las propiedades dentro de la zona afectada. Se recoge información sobre quiénes son los propietarios, el tamaño de las parcelas, cómo se utiliza el suelo y las edificaciones que existen en cada propiedad. Esta recopilación de datos es esencial para tener un registro completo y actualizado de todas las propiedades afectadas.



### **7.2.6 Presupuesto**

Para desarrollar la metodología del presupuesto de una vía en Toribio, Cauca, es fundamental seguir un enfoque estructurado que aborde todas las actividades necesarias y utilice los precios unitarios proporcionados por la Gobernación del Cauca para la zona norte.

Para el desarrollo del presupuesto del tramo vial Toribio – puente quemado, ubicado en el departamento del Cauca, es importante aplicar un enfoque estructurado que aborde todas las actividades necesarias para el desarrollo del proyecto y se utilicen los precios unitarios proporcionados por la Gobernación del Cauca para la zona norte.

En la fase de preparación del terreno, se incluye el desmonte y limpieza del terreno, así como el desbroce y retiro de vegetación. Para el movimiento de tierras, es necesario realizar excavaciones en terreno natural, transportar los materiales excavados, y realizar el relleno y compactación del terreno. La estructura de la vía está compuesta por la subrasante, subbase y base. La pavimentación se puede realizar mediante una carpeta asfáltica. Las obras de drenaje incluyen cunetas, alcantarillas y, si es necesario, muros de contención. Finalmente, se deben considerar las actividades de señalización y seguridad vial, como la instalación de señales verticales y horizontales y barreras de seguridad, así como las obras complementarias que podrían incluir aceras, bordillos y alumbrado público.

Una vez identificadas las actividades, es fundamental cuantificar las cantidades de obra necesarias. Esto implica medir las dimensiones y volúmenes de cada elemento de la vía. Por ejemplo, se debe determinar la longitud de la vía en metros lineales, el área de pavimentación en metros cuadrados, el volumen de excavación y relleno en metros

cúbicos, y el número y tipo de señales de tráfico en unidades. La precisión en esta etapa es crucial, ya que las cantidades de obra determinarán los costos en el presupuesto final del proyecto.

Para calcular el costo de cada actividad, se utilizan los precios unitarios proporcionados por la Gobernación del Cauca para la zona norte, donde se encuentra Toribio. Estos precios unitarios contemplan costos de mano de obra, materiales, equipos y costos indirectos como administración, imprevistos y utilidades.

El presupuesto total se calcula multiplicando las cantidades de obra por los precios unitarios correspondientes. El costo total de cada actividad se obtiene de esta manera, y la suma de estos costos resulta el costo directo total del proyecto. Además de los costos directos, se deben incluir los costos indirectos y un margen de utilidad para obtener el presupuesto final del proyecto. Los costos indirectos pueden incluir gastos generales de administración, estudios preliminares, y supervisión. El margen de utilidad representa una ganancia sobre el costo directo del proyecto, que debe ser razonable y acorde con las prácticas de la industria.

## 8. RESULTADOS

### 8.1 Diseño geométrico vial

El trazado de una vía es de vital importancia ya que debe garantizar a seguridad de los usuarios, tanto vehículos como peatones. Dicho trazado debe ser adecuado para a velocidad de circulación prevista, que, para el trazado realizado, teniendo en cuenta el sector, la funcionalidad y la ruralidad de la zona, es de 40 Km/h. Además, debe permitir la circulación fluida del tráfico. En el trazado de una vía, es de vital importancia identificar elementos geométricos, como los radios de curva, el ancho de calzada, longitud de las pendientes, peralte, berma, cuneta y la señalización. En la siguiente tabla se muestran los radios de las curvas del trazado, junto con todos los elementos geométricos de a vía y respectivas abscisas de PC, PT, y PI.

Figura 17. Radios de las curvas del trazado.

Tabla de Elementos de Curva													
Nº CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI1	S71° 39' 27"E	36°59'24"	30.000	10.035	19.368	19.033	1.634	1.549	0+095.12	0+085.09	0+104.45	817483.6066	1092354.9061
PI2	S73° 50' 53"E	32°36'31"	55.000	16.088	31.302	30.881	2.305	2.212	0+230.08	0+213.99	0+245.29	817483.9676	1092490.5658
PI3	S69° 40' 23"E	24°15'30"	55.000	11.820	23.286	23.113	1.256	1.228	0+305.67	0+293.85	0+317.14	817442.9311	1092555.0891
PI4	S60° 13' 36"E	43°09'03"	40.000	15.817	30.125	29.418	3.014	2.803	0+334.04	0+318.22	0+348.35	817438.8356	1092583.5179
PI5	S55° 04' 08"E	32°50'06"	55.000	16.206	31.519	31.090	2.338	2.242	0+394.02	0+377.82	0+409.34	817390.8122	1092621.9250
PI6	S77° 32' 08"E	12°05'56"	55.000	5.829	11.614	11.592	0.308	0.306	0+481.95	0+476.12	0+487.73	817362.6100	1092706.1450
PI7	N85° 08' 18"E	22°33'11"	55.000	10.967	21.650	21.510	1.083	1.062	0+539.45	0+528.48	0+550.13	817356.1810	1092763.3260
PI8	N63° 17' 13"E	21°08'59"	55.000	10.268	20.302	20.187	0.950	0.934	0+625.50	0+615.24	0+635.54	817380.1800	1092846.2649
PI9	N67° 28' 04"E	29°28'42"	55.000	14.452	28.265	27.955	1.867	1.806	0+659.23	0+644.78	0+673.04	817400.7540	1092873.2838
PI10	S60° 47' 40"E	74°05'50"	20.000	15.098	25.865	24.100	5.059	4.038	0+712.41	0+697.31	0+723.17	817408.0975	1092926.5942
PI11	S37° 42' 20"E	27°55'10"	55.000	13.672	28.801	28.536	1.674	1.624	0+818.89	0+805.22	0+832.02	817306.6630	1092971.2178
PI12	S63° 26' 13"E	23°32'36"	55.000	11.462	22.600	22.441	1.182	1.157	0+870.81	0+859.34	0+881.94	817274.1259	1093012.3654
PI13	S68° 38' 20"E	23°43'15"	55.000	11.551	22.770	22.608	1.200	1.174	1+009.10	0+997.55	1+020.32	817204.5030	1093131.3100
PI14	S70° 37' 35"E	19°44'46"	55.000	9.572	18.955	18.861	0.827	0.815	1+127.22	1+117.65	1+136.60	817184.9520	1093248.1338
PI15	N78° 08' 01"E	82°17'35"	55.000	48.058	78.996	72.379	18.038	13.583	1+200.96	1+152.90	1+231.90	817148.8300	1093312.6428
PI16	N83° 28' 55"E	92°59'24"	40.000	42.144	64.919	58.025	18.104	12.463	1+277.15	1+235.00	1+299.92	817223.3928	1093368.7351
PI17	S30° 01' 18"E	40°04'10"	55.000	20.056	38.464	37.685	3.543	3.328	1+375.56	1+355.51	1+393.97	817147.7700	1093459.0390
PI18	S57° 57' 41"E	95°56'56"	40.000	44.385	66.985	59.428	19.749	13.222	1+440.12	1+395.74	1+462.72	817082.5663	1093470.5208
PI19	S36° 00' 47"E	139°50'43"	20.000	54.720	48.815	37.569	38.260	13.134	1+532.21	1+477.49	1+526.30	817113.8296	1093580.0117
PI20	S34° 29' 18"E	136°47'44"	25.000	63.136	59.888	46.488	42.905	15.796	1+594.75	1+531.61	1+591.30	817011.6105	1093511.2988
PI21	S55° 52' 48"E	94°00'48"	55.000	58.994	90.248	80.458	25.655	17.495	1+677.44	1+618.45	1+708.69	817044.9016	1093658.8161
PI22	S33° 01' 34"E	48°18'24"	20.000	8.969	16.862	16.367	1.919	1.751	1+719.12	1+710.15	1+727.01	816976.3172	1093667.5229
PI23	S42° 32' 16"E	29°17'01"	55.000	14.369	28.110	27.805	1.846	1.786	1+848.61	1+834.24	1+862.35	816905.5479	1093777.2492
PI24	S16° 02' 36"E	23°42'18"	55.000	11.543	22.755	22.593	1.198	1.173	1+929.85	1+918.31	1+941.07	816833.1880	1093815.5550
PI25	S11° 28' 03"E	14°33'13"	55.000	7.023	13.970	13.933	0.447	0.443	2+046.63	2+039.61	2+053.58	816716.3920	1093824.1130

## 8.2 Hidráulica

### 8.2.1 Determinación de la intensidad de lluvia

Mediante el portal hidro climático de la CVC se tuvo acceso a la estación pluviométrica Toribio, de donde se pudo acceder a los datos de precipitación mensual máxima en 24 horas registradas en el periodo de tiempo comprendido por los años 2020, 2021, 2022 y la mitad del 2023.

En la siguiente figura se muestran los valores reportados por la estación pluviométrica de Toribio.

Figura 18. Precipitación mesial máxima en 24 horas - Estación Toribio



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA

Dirección Técnica Ambiental

Grupo Recursos Hídricos - Red de

ESTACIÓN: TORIBIO  
CÓDIGO: 2612000103  
CUENCA: Cauca  
DEPARTAMENTO: Cauca  
MUNICIPIO: TORIBIO  
CORREGIMIENTO: Bodega  
COORD. ESTE: 1090529,20  
COORD. NORTE: 817680,80  
ALTURA: 1713  
CATEGORÍA: Pluviométrica  
ENTIDAD: CVC  
FECHA INICIO: 01/03/1971

#### PRECIPITACIÓN MENSUAL MÁXIMAS EN 24 HORAS (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2020	35,0	26,0	29,0	17,0	31,0	19,0	20,0	49,0	4,0	15,0	11,0<	20,0	49,0<
2021	***<	***<	***<	***<	32,0	24,0	25,0	16,0	27,0	25,0	73,0	57,0	73,0<
2022	55,0	40,0	37,0	26,0	20,0	25,0	29,0<	7,0	10,0	90,0	40,0	***<	90,0<
2023	65,0	60,0	67,0	48,0	63,0	3,0	***<	***<	***<	***<	***<	***<	67,0<
MÁXIMA	65,0<	60,0<	67,0<	48,0	63,0	25,0	29,0<	49,0<	27,0<	90,0<	73,0<	57,0<	90,0<
PROMEDIOS	51,7<	42,0<	44,3<	30,3<	36,5	17,8	24,7<	24,0<	13,7<	43,3<	41,3<	38,5<	69,8<
MÍNIMA	35,0<	26,0<	29,0<	17,0<	20,0	3,0	20,0<	7,0<	4,0<	15,0<	11,0<	20,0<	49,0<

\*\*\*< = No Hay Dato  
< = Dato Incompleto  
Vacío = No Aplica

Fuente: CVC (2024)

El valor de la precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual es de 69.8 mm/h.

Para los parámetros a, b, c y d se toman los valores correspondientes a la región Andina designada con R1

Tabla 9. Parámetros región Andina

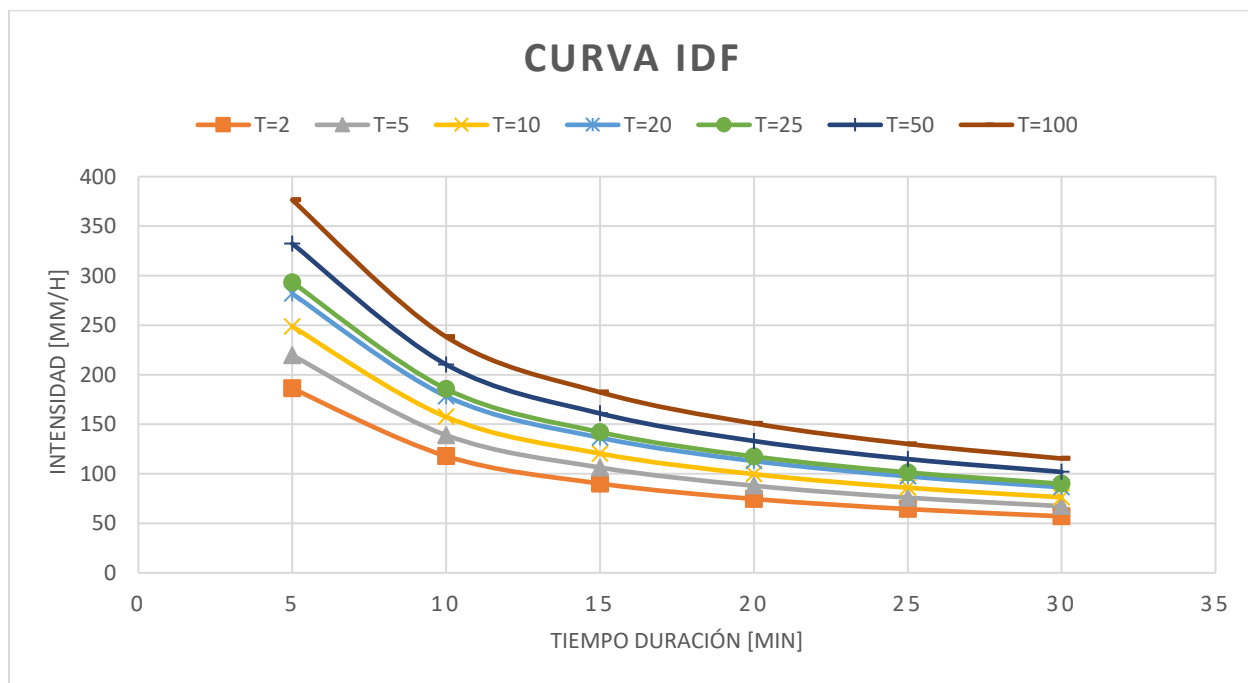
PARÁMETROS REGIÓN	
a	0.94
b	0.18
c	0.66
d	0.83

Con los datos anteriores recolectados se procede a realizar el cálculo de la intensidad de lluvia para los tiempos establecidos con anterioridad, teniendo como resultados los presentados.

Tabla 10. Datos curva IDF

DURACIONES DE AGUACERO [MIN]	PERIODO DE RETORNO [AÑOS]							
	2	5	10	20	50	100	200	500
5	7	8	11	13	18	25	33	41
	49.11	83.43	100.83	133.82	180.29	337.13	514.81	
10	4	5	6	7	9	11	14	17
	74.09	59.11	33.40	17.57	46.98	46.24	58.69	
15	3	4	4	5	5	6	7	8
	62.78	27.83	84.68	49.09	71.59	47.55	33.60	
20	3	3	4	4	4	5	6	7
	00.04	53.85	00.87	54.13	72.75	35.57	06.74	
25	2	3	3	3	4	4	5	6
	58.95	05.39	45.97	91.94	08.01	62.22	23.65	
30	2	2	3	3	3	4	4	5
	29.60	70.77	06.75	47.51	61.75	09.82	64.28	

Figura 19. Curva IDF



### 8.2.2 Determinación de los tiempos de concentración

Aplicando las ecuaciones de Kirpich, Témez, Ventura-heras, V.T Chow y Hathaway, es posible determinar los siguientes tiempos de concentración

Tabla 11 Valores de tiempo de concentración de lluvia

Autor	Tiempo de concentración
Kirpich	0.278990037
Témez	0.345354653
Ventura-Heras	0.344715479
V.T Chow	0.901536636
Hathaway	0.204544624

Y finalmente, un promedio de tiempo de concentración en minutos de lluvia, con valor de 25 min, para la zona de Toribio.

### 8.2.3 Diseño de la cuneta

Inicialmente se determina la necesidad de subdividir el tramo de la vía, esto con la intención de facilitar los cálculos de la cuneta y obtener las longitudes máximas de descarga. La división se realiza en tres tramos, que fueron delimitados por la pendiente longitudinal y su longitud máxima se muestra a continuación.

$$\text{Tramo 1} = 336.00 \text{ m}$$

$$\text{Tramo 2} = 683.55 \text{ m}$$

$$\text{Tramo 3} = 1204.45 \text{ m}$$

Para conocer el ancho de impluvium para esta vía, se utiliza la cartera de replanteo y se determina con la siguiente ecuación:

*Ecuación 47. Chaflanes*

$$\sqrt{(E - E^2 + (N - N)^2)}$$

Donde las coordenadas que se restan son las correspondientes a los chaflanes izquierdo y derecho.

Posteriormente, se selecciona el resultado mayor de la ecuación que es 26.426 m y se suma los 6 m del corredor vial.

Así se obtiene un ancho de impluvium igual a 32.426 m.

La determinación del  $Q_e$ , se realiza con los coeficientes de escorrentía, que para la vía son:

$$\text{Coeficiente de escorrentía vía} = 0.77$$

$$\text{Coeficiente de escorrentía terreno} = 0.82$$

$$\text{Coeficiente de escorrentía promedio} = 0.795$$

Y el calculo del caudal, se realiza siguiendo la ecuación, que tiene en cuenta los coeficientes de escorrentía (C), la intensidad para un tiempo de concentración dado (I) y el área tributaria ( $A\gamma$  ).

El caudal  $Q_c$ , dependerá de los parámetros de sección, que para este caso se tienen dos tipos de cuneta, mostrados a continuación en la tabla

Tabla 12. Parámetros de sección por tipo de cuneta

Parámetros de la sección					
Tipo	A [m <sup>2</sup> ]	P [m]	R [m]	$h_{m\acute{a}x}$ [m]	n
T1	0.039	1.195	0.0326	0.15	0.014
T2	0.13	1.284	0.101	0.25	0.014

Con el uso de la igualdad  $Q_e = Q_c$ , se logra determinar una longitud máxima de rebose de la cuneta, que para cada tramo se establece de la siguiente manera:

Tramo 1: Longitud máxima = 980 m

Tramo 2: Longitud máxima = 1055 m

Tramo 3: Longitud máxima = 1226 m

Y se realiza el chequeo de la longitud del tramo inicialmente calculada no sea mayor a la longitud máxima, calculada por este método.

Finalmente, se selecciona que el tipo de cuneta para el lado derecho de la vía es el T1 y el tipo de cuneta T2 es el resultado para el lado izquierdo de la vía.

#### 8.2.4 Diseño de la alcantarilla

Para diseñar la alcantarilla, se determinan las ubicaciones de estas a lo largo del tramo de vía y el diámetro de la tubería, para esto es necesario tener en cuenta y calcular el caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años.

Para determinar la ubicación de las alcantarillas, se evaluó la necesidad a lo largo de la vía, en sectores donde la topografía señalaba una pendiente pronunciada y chequeando la distancia máxima de rebose de cuneta, además siguiendo la directriz del Manual de drenaje de carreteras, que indica que la distancia mínima entre alcantarillas es de 25 m.

Así, se logra establecer la ubicación de 14 alcantarillas, a lo largo de todo el tramo, como se indica en la siguiente tabla.

*Tabla 13 Ubicación alcantarillas con cotas*

Nº	Abscisa	Cota Rasante	Cota Batea	Cota Clave
1	K0+120	1879.5	1879.45	1878.55
2	K0+240	1876.7	1876.65	1875.75
3	K0+360	1878.5	1878.45	1877.55
4	K0+485	1887	1886.95	1886.05
5	K0+602	1892.1	1892.05	1891.15
6	K0+720	1899	1898.95	1898.05
7	K0+840	1906.4	1906.35	1905.45
8	K0+960	1915.5	1915.45	1914.55
9	K1+080	1923.5	1923.45	1922.55
10	K1+560	1971.6	1971.55	1970.65
11	K1+679	1984.9	1984.85	1983.95
12	K1+920	2010.4	2010.35	2009.45
13	K2+040	2020.9	2020.85	2019.95
14	K2+160	2027.5	2027.45	2026.55

### 8.2.5 Predimensionamiento aletas y muro alcantarilla

Conociendo el tipo de suelo, un limo arcilloso, se obtienen datos de cohesión, ángulo de fricción y peso unitario del suelo, mediante la revisión de la literatura, esto debido a que los datos del suelo del terreno no fueron proporcionados por la situación de orden público que actualmente se vive en el municipio de Toribio.

$$\gamma \text{ [Kn/m}^3\text{]} = 18.5$$

$$\phi \text{ [}^\circ\text{]} = 26.00$$

$$C' \text{ [kPa]} = 10.00$$

Además, se determina por recomendación del director de proyecto de grado que los datos de las características de suelo de relleno sean los mismos que del suelo de la zona.

Los datos de dimensiones del muro se presentan en la siguiente tabla:

*Tabla 14 Predimensionamiento aletas y muro alcantarilla*

<b>Predimensionamiento</b>	
Altura [m]	2.00
Corona [m]	0.30
Base cuerpo [m]	0.20
Base [m]	1.40
Espesor base [m]	0.20
Puntera [m]	0.20
Talón [m]	1.00
Longitud [m]	5.22

Se realizan los cálculos de empujes, cuya información esta ampliada en el anexo correspondiente, y se chequean los factores de seguridad, que fueron determinados de la siguiente manera:

$$F_s \text{ por desplazamiento} = 1.70 > 1.6$$

$$F_s \text{ por volcamiento} = 3.74 > 3$$

$$F_s \text{ por capacidad portante} = 3.42 > 3$$

### **8.2.6 Cálculo de cantidad de obra alcantarillas**

Mediante el uso de las tablas guía proporcionadas por la Dirección operativa subdirección de la red terciaria y férrea del INVIAS, se determina que, para las 14 alcantarillas, se requiere un refuerzo horizontal total de 709.38 Kg de acero y 278.46 Kg de acero para el refuerzo vertical total.

Así mismo, se determinó que la cantidad de concreto requerida para la totalidad de las obras hidráulicas es de 70.16 m<sup>3</sup>.

### 8.3 Obras de estabilización

#### 8.3.1 Muro de 5m de altura de lleno

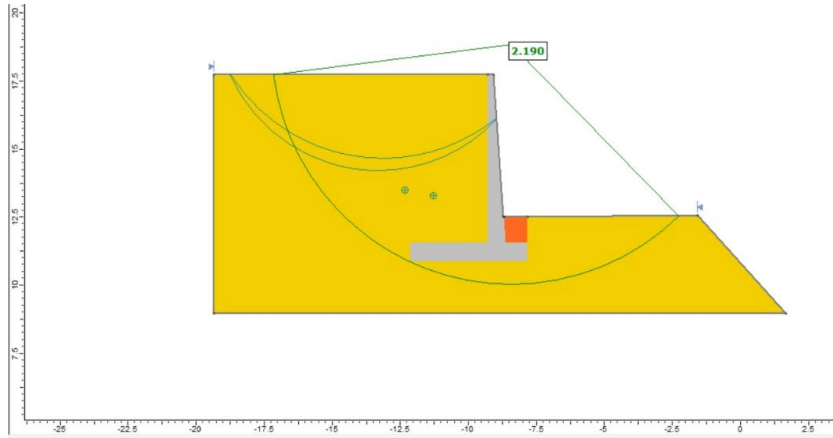
En la tabla 6 podemos observar las dimensiones finales de nuestro muro el cual cumple con todos los factores de seguridad exigidos en la NSR-10, teniendo en cuenta que usamos una inclinación de corte de  $\beta$  [°] de 0° para el cálculo de los factores de seguridad pseudo-estáticos, con dicho valor cumple los factores de seguridad exigidos por la NSR-10 se cumplen en su totalidad.

*Tabla 15. Geometría muro de 5m de altura de lleno*

<b>Características del muro</b>	
Corona [m]	0,20
Altura total [m]	6,00
Base del cuerpo [m]	0,52
Base [m]	3,00
Espesor de la base [m]	0,60
Puntera [m]	0,80
Talón [m]	1,68
Profundidad de desplante [m]	1,00
Peso unitario concreto $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	24,00

En la figura 20 se analiza nuestra obra de manera total es decir incluyendo nuestro muro y el relleno anteriormente seleccionado, en dicho análisis obtuvimos un factor de seguridad de 2.190 superior a lo exigido por la norma de manera permanente mayor a 6 meses el cual es 1.50.

Figura 20. Estabilidad incluyendo el muro en concreto reforzado.



En la figura 21 se analiza nuestra obra con el sismo de diseño el cual corresponde a 0.19, obteniendo un factor de seguridad de 1.545 muy superior al exigido por la norma en pseudo-estaticos de manera permanente mayor a 6 meses el cual es 1.05.

Figura 21. Estabilidad incluyendo el muro en concreto reforzado con sismo de diseño.

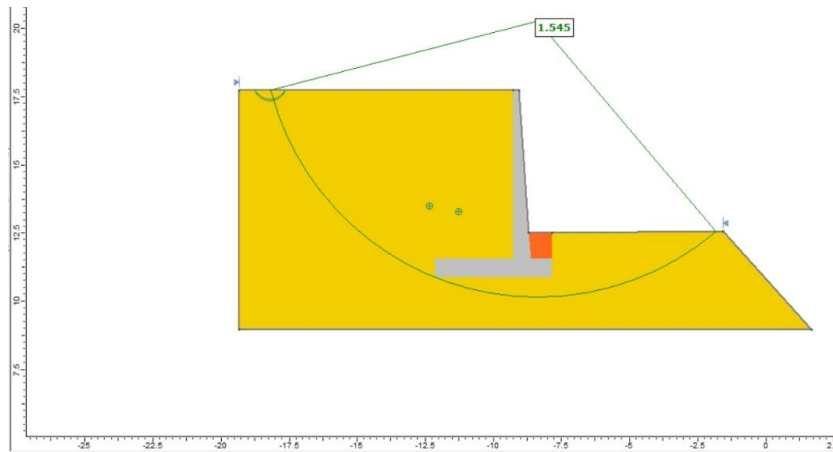


Tabla 16. Cantidad de acero requerido

Descripcion	Ø(pulg)	S(m)	#Piezas	Largo (m)	Peso(Kg/m)	Parcial (kg)
<b>En zapata:</b>						
Acero transversal inferior	5/8"	0,23	113	2,3	1,56	406
Acero transversal superior	5/8"	0,21	124	2,89	1,56	557
Acero longitudinal Inferior	1/2"	0,46	5	26,6	0,99	130
Acero longitudinal superior	5/8"	0,19	13,6	27	1,56	564
<b>En pantalla:</b>						
Acero horizontal superior cara inferior	3/8"	0,45	5,3	26,08	0,56	77
Acero horizontal superior cara exterior	3/8"	0,27	8,1	26,08	0,56	118
Acero horizontal intermedio cara inferior	3/8"	0,3	7,4	26,40	0,56	109
Acero horizontal intermedio cara exterior	3/8"	0,15	13,8	26,40	0,56	204
Acero horizontal inferior cara inferior	3/8"	0,2	10,6	26,72	0,56	159
Acero horizontal inferior cara exterior	1/2"	0,18	11,7	26,72	0,99	309
Acero vertical cara exterior	3/8"	0,34	77	6,41	0,56	276
Acero vertical cara interior	5/8"	0,28	93	6,41	1,56	929
Acero vertical longitud critica	5/8"	0,11	93	2,25	1,56	326

### 8.3.2 Muro de 6m de altura de corte

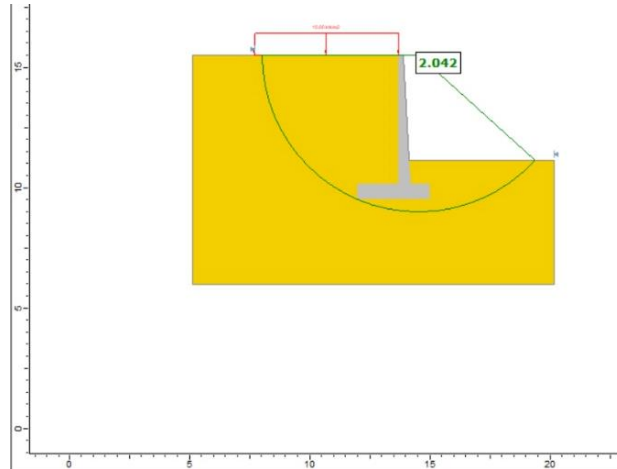
En la tabla 11 podemos observar las dimensiones finales de nuestro muro el cual cumple con todos los factores de seguridad exigidos en la NSR-10, teniendo en cuenta que usamos una inclinación de corte de  $\beta$  [°] de 0° para el cálculo de los factores de seguridad pseudo-estaticos, con dicho valor cumple los factores de seguridad exigidos por la NSR-10 se cumplen en su totalidad.

Tabla 17. Geometría muro de 5m de altura de lleno

<b>Características del muro</b>	
Corona [m]	0,20
Altura total [m]	7,00
Base del cuerpo [m]	0,65
Base [m]	3,50
Espesor de la base [m]	0,70
Puntera [m]	0,80
Talón [m]	2,05
Profundidad de desplante [m]	1,00
Peso unitario concreto $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	24,00

En la figura 22 se analiza nuestra obra de manera total es decir incluyendo nuestro muro y el relleno anteriormente seleccionado, en dicho análisis obtuvimos un factor de seguridad de 2.042 superior a lo exigido por la norma de manera permanente mayor a 6 meses el cual es 1.50.

Figura 22. Estabilidad incluyendo el muro en concreto reforzado.



En la Figura 22. Estabilidad incluyendo el muro en concreto reforzado. Figura 23 se analiza nuestra obra con el sismo de diseño el cual corresponde a 0.19, obteniendo un factor de seguridad de 1.572 muy superior al exigido por la norma en condiciones pseudo-estaticas de manera permanente mayor a 6 meses el cual es 1.05.

Figura 23. Estabilidad incluyendo el muro en concreto reforzado con sismo de diseño.

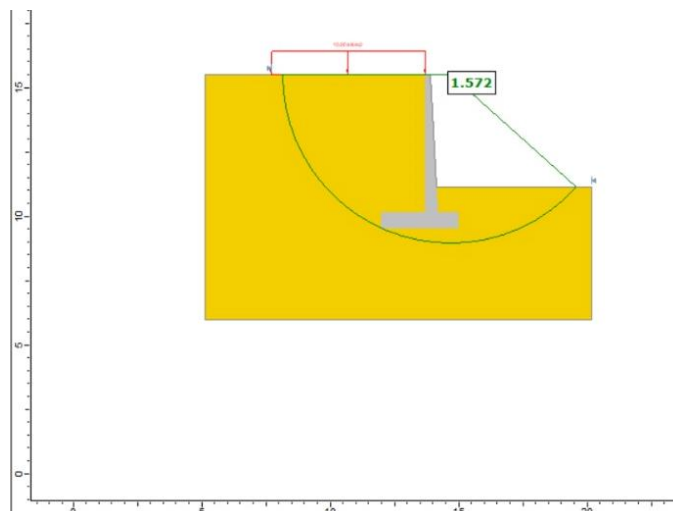


Tabla 18. Cantidad de acero requerido por Metro lineal

Descripcion	Ø(pulg)	S(m)	#Piezas	Largo (m)	Peso(Kg/m)	Parcial (kg)
<b>En zapata:</b>						
Acero transversal inferior	5/8"	0,18	6	2,68	1,56	24
Acero transversal superior	5/8"	0,16	6	3,52	1,56	35
Acero longitudinal Inferior	1/2"	0,46	5	2,0	0,99	11
Acero longitudinal superior	5/8"	0,16	19,1	2	1,56	58
<b>En pantalla:</b>						
Acero horizontal superior cara inferior	3/8"	0,45	6,0	1,16	0,56	4
Acero horizontal superior cara exterior	3/8"	0,27	9,3	1,16	0,56	6
Acero horizontal intermedio cara inferior	3/8"	0,25	10,0	1,61	0,56	9
Acero horizontal intermedio cara exterior	3/8"	0,13	18,3	1,61	0,56	17
Acero horizontal inferior cara inferior	3/8"	0,16	15,1	2,06	0,56	17
Acero horizontal inferior cara exterior	1/2"	0,15	16,0	2,06	0,99	33
Acero vertical cara exterior	3/8"	0,34	4	7,41	0,56	15
Acero vertical cara interior	5/8"	0,28	4	7,41	1,56	47
Acero vertical longitud critica	5/8"	0,1	4	2,38	1,56	15

## 8.4 Pavimento

### 8.4.1 Transito

#### 8.4.1.1 Volumen

Teniendo en cuenta que se realizará la construcción de un nuevo corredor vial para un periodo  $n = 20$  años, con tiempo de aprobación y construcción del proyecto de  $i = 1$  año. La sección transversal cuenta con un carril 3.5 m por cada sentido y bermas de 1.10 m a cada lado. Según el estudio de tránsito el TPDS

proporcionado por INVIAS es 516 vh/día en la via Jambalo – toribio y suponiendo una tasa de crecimiento de la zona (r) es 2.2% y un tránsito Generado de 4.0 % del TPD en los primeros 5 años ya que aún no se realizan estudios de tránsito en la via existente, la confiabilidad seleccionada para todo el proyecto es 90%.

De acuerdo con la red vial cercana no hay posibilidad de atracción de tránsito hacia la vía. El estudio de volumen de tránsito y composición vehicular sobre la vía se realizó en el año 2017, dicha zona no se encuentra una estación maestra por lo cual el factor estacional  $F_e$  se considera igual a 1.0.

#### **8.4.1.2 Composición**

La información sobre la composición vehicular se obtiene a partir del análisis del tráfico proporcionado por la entidad correspondiente, en este caso, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), como se detalla en la Tabla 19.

*Tabla 19. Composición vehicular.*

Tipo de vehículo	%
(A) Autos	56
(B2) Bus (2 ejes)	7
(C) Camiones	37
C3	53.5
C4	46
2S1	0.5

#### **8.4.1.3 Clima**

El clima y las coordenadas geográficas son factores importantes que se tienen en cuenta en el proceso de diseño de pavimentos para garantizar que estos sean adecuados y duraderos. A continuación, se explica su relevancia:

A través de la plataforma Weather Spark, se obtuvo datos detallados sobre las condiciones climáticas en el municipio de Toribio, ubicado en el departamento de Cauca, durante el año 2022. Estos datos incluyen información relevante, como las temperaturas máximas, mínimas y promedio esta información se encuentra en la Figura 24, además de la cantidad de días de lluvia y los milímetros de precipitación registrados a lo largo de dicho año esta se encuentra en *Figura 25* y *Figura 26*.

Figura 24. Temperatura máxima y mínima promedio Toribio.

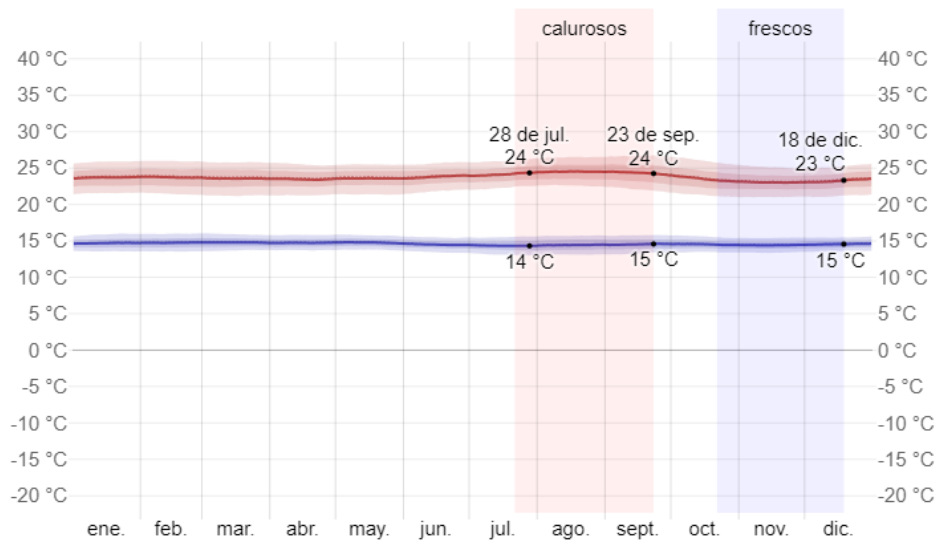
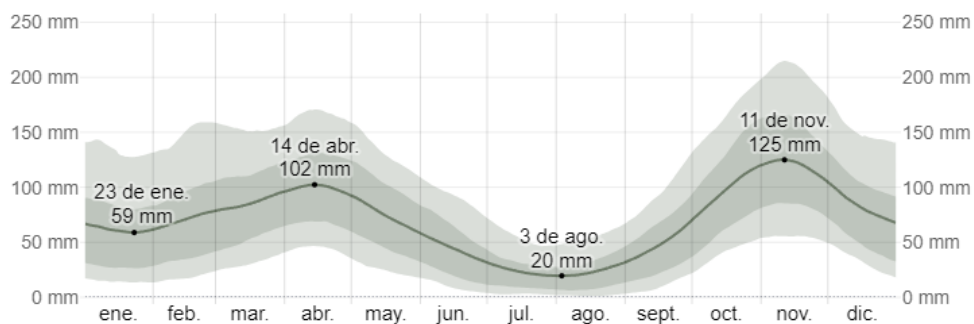


Figura 25. Probabilidad diaria de precipitación Toribio.



Figura 26. Promedio mensual de lluvia Toribio.



A continuación, en la Tabla 20, se presenta una compilación integral de todos los datos climatológicos esenciales que son requeridos para llevar a cabo el cálculo y diseño de pavimentos.

Tabla 20. Resumen condiciones climáticas Toribio, Cauca.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>T. Mínima °C</b>	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.0	14.0	14.0	15.0	15.0	14.0	15.0
<b>T. Promedio ° C (TMM)</b>	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	18.0	18.0
<b>T. Máxima (7 días) °C</b>	24.0	24.0	24.0	23.0	24.0	24.0	24.0	25.0	24.0	23.0	23.0	23.0
<b>precipitación(mm)</b>	60.5	70.2	85.1	102.2	74.1	44.8	22.9	22.5	46.5	98.4	123.6	80.9
<b>Días de lluvia al mes</b>	9.7	9.9	12.7	14.2	12.3	7.7	5.4	5.2	8.4	14.8	16.8	13.0

#### **8.4.2 Coordenadas geográficas**

A través de la aplicación Google Earth, se lograron establecer las coordenadas GPS precisas que identifican la ubicación del municipio de Toribio, en el departamento del Cauca, Colombia. Dichas coordenadas geográficas son las siguientes: 2°57'29" de latitud norte y 76°16'17" de longitud oeste.

#### **8.4.3 Características subrasante**

Partiendo desde la suposición que lo largo de los 2.28 Km se toma como una unidad homogénea, mediante los diferentes estudios de suelos disponibles en la literatura con el fin de obtener las características de la subrasante, dando como resultado un CBR% de 14.8 y un suelo caracterizado como arcilla limosa.

#### **8.4.4 Materiales granulares para subbase granular**

Con el objetivo de llevar a cabo el cálculo del diseño de pavimento de acuerdo con la metodología AASHTO 93, hay que tener en cuenta que la actualidad, no se cuenta con información precisa y específica relacionada con las propiedades físicas de estos materiales de las fuentes cercanas como PETRAE SAS o cantera el palo cauca, datos como la granulometría, ni sus características mecánicas, que incluyen el Índice de Soporte California (CBR), el módulo de resiliencia óptimo, el peso unitario y la gravedad específica, así como los límites como el límite líquido, el límite plástico y la humedad óptima de compactación, por ende se toma la decisión de utilizar material de la cantera Cachibi con los productos Base granular BG-40 y Sub base granular SBG-50 dichos datos proceden de la página oficial de dicha organización y se encuentran en las siguientes tablas. Adicionalmente la ficha técnica de estos materiales se encuentra en los Anexo 1 y Anexo 2.

Tabla 21. Granulometría subbase granular.

Tamiz		% Pasa
No.	mm	%
1 1/2	38.1	100
1	25.4	92
3/4	19.50	75
3/8	9.51	61
4	4.76	58
10	2	47
40	0.4	30
80	0.177	14
200	0.074	6

Tabla 22. Propiedades del suelo de la subbase granular.

CBR% opt	144.00
$g_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.0
$g_{d \text{ Max}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.395
Wopt (%)	6.5

#### 8.4.5 Materiales granulares para base granular

Tabla 23. Granulometría base granular.

Tamiz		% Pasa
No.	mm	%
1 1/2	38.1	100
1	25.4	83
3/4	19.50	70
3/8	9.51	58
4	4.76	45
10	2	29
40	0.4	14
200	0.074	6

Tabla 24. Propiedades del suelo de la base granular.

CBR% opt	194.00
$\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.0
$\gamma_{d \text{ max}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.423
Wopt (%)	7.1

#### 8.4.6 Materiales para carpeta asfáltica (del tipo MDC-19 y MDC-25)

Debido a la alta calidad de los materiales asfálticos colombianos, se considera realizar una exportación de asfalto 60-70 para la elaboración de las mezclas asfálticas. Para el cálculo del Tmix, se utilizará un el modelo WisDOT este se refiere a la temperatura media anual del aire y se utiliza para seleccionar materiales y diseñar pavimentos adecuados para las condiciones climáticas locales dichos factores se encuentran calculados en la *Tabla 25*.

Tabla 25. Cálculo de los factores climáticos.

Fprom	0.82
MAAT (°C)	18.84
Tmix (WisDOT)	22.50
Tmix (PUJ)	24.00
Tmix (Valle del Cauca)	24.10
Radiación Típica	3.00

#### 8.4.7 Cálculo de las variables de diseño

##### 8.4.7.1 Espectro de carga para el diseño

Para llevar a cabo el cálculo de los espectros de carga, es necesario tener en cuenta varios factores significativos. En primer lugar, a partir del estudio de tránsito proporcionado por INVIAS, se ha identificado un Tránsito Promedio Diario Simplificado (TPDS) de 516 vehículos por hora por sentido, tal como se detalla en la Tabla 26. Este dato es esencial para la estimación de las cargas que soportará el pavimento.

Además, se establecerá un plazo límite de un año para la puesta en operación del proyecto, y se proyectará una vida útil estimada de 20 años para el mismo, antes de que se requieran reparaciones o modificaciones. Estas cifras son cruciales para evaluar la longevidad del proyecto y su rendimiento a largo plazo.

Asimismo, se considerará una tasa de crecimiento vehicular proyectada del 2.2% con respecto al TPDS actual se puede observar en la Tabla 27, lo que refleja un aumento en la demanda de tráfico en la vía. Además, se prevé un tránsito generado que representa el 4% del tránsito existente en los cinco años posteriores a la puesta en operación del proyecto se puede observar en la Tabla 28. Estos valores reflejan el crecimiento anticipado de la demanda en el corredor vial.

En cuanto a las características del corredor vial, se basan en un ancho de carril de 3.00 metros, una berma con aproximadamente 0.00 metros de ancho y un carril por sentido. Estas dimensiones y configuraciones son esenciales para el diseño y cálculo de las cargas que soportará el pavimento en el proyecto vial se puede observar en la Tabla 29.

Tabla 26. TPDSo estudio de tránsito.

TPDSo	516
TPDA estación maestra	0
TPDM estación maestra	0

Tabla 27. Tasa de crecimiento vehicular.

Años hasta puesta de operación (i)	1
Vida útil del proyecto (n)	20
Tasa de crecimiento (r)	2.20%
Confiabilidad (%)	90

Tabla 28. Tasa de tránsito generado.

Porcentaje Tránsito Generado	4.00%
Años de Tránsito Generado	5
Porcentaje de Tránsito Atraído	0.00%
Años de Tránsito Atraído	0

Tabla 29. Geometría de la calzada.

Ancho de Carril (m)	3.0
Ancho de Berma (m)	0
Número de sentidos	2
Número de carriles por sentido	1
Ancho de calzada por sentido	6

#### 8.4.7.2 Proyección del tránsito

Al seguir el procedimiento propuesto para proyectar el tránsito en el periodo de diseño se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 30. TPDS posterior a la obra terminada.

TPDSo(aforo)	516
Años hasta puesta en operación (i)	1
Tasa de crecimiento (r)	0.022
Tránsito Existente (TPDSi)	527

El Factor Direccional (Fd) y Factor de Carril-Carril (Fc) ambos son cruciales para calcular cargas equivalentes de diseño en el análisis de pavimentos, garantizando una evaluación precisa del daño potencial y la durabilidad del pavimento. los factores para este proyecto serán los que se indican en la *Tabla 31* y *Tabla 32*.

Tabla 31. Valor del factor direccional.

Ancho de calzada por sentido	6.0
Ancho de Berma (m)	0
Factor direccional (Fd)	0.50

Tabla 32. Valor del factor de carril.

Número de carriles por sentido	1
Factor carril (Fc)	1

El factor estacional refiere a un coeficiente utilizado para ajustar las estimaciones de tránsito a lo largo del año, considerando las variaciones estacionales. Este factor se obtiene utilizando la relación (TPDA estación maestra / TPDM estación maestra), en este caso al no tener dicha información se le asigna un valor 1.00 a este factor. Para calcular el tránsito normal, se lleva a cabo una multiplicación que implica la tasa de crecimiento, el factor estacional y el tránsito existente proyectado a lo largo de los años de vida contemplados en el proyecto el resultado de este se observa en la *Tabla 33*. Esta estimación se basa en la anticipación de cómo evolucionará el tránsito en la vía en el futuro.

Tabla 33. Valor de Tránsito Normal.

Tránsito Existente (TPDSi)	527
Años de proyección del tránsito (n)	20
Tasa de crecimiento (r)	0.022
Factor estacional (Fe)	1.00
Tránsito Normal	4767940
Tránsito Normal * Fe	4767940

Asimismo, para calcular el tránsito generado, se realiza una multiplicación que involucra los años de tránsito generado proyectado y el porcentaje de tránsito generado respecto al tránsito existente, todo ajustado por el factor estacional el

resultado de este se observa en la *Tabla 34*. Este cálculo busca prever el incremento específico del tránsito que será directamente atribuible al proyecto en sí.

Tabla 34. Valor de Transito generado.

Tránsito Existente (TPDSi)	527
Porcentaje Tránsito Generado	4.00%
Años de Tránsito Generado	5
Transito generado	38471
Transito generado * Fe	38471

La determinación del tránsito total se realiza mediante la fórmula (tránsito normal + tránsito generado + tránsito atraído) multiplicado por el factor estacional, el valor correspondiente al tránsito total se encuentra detallado en la *Tabla 35*.

Es importante destacar que, en este contexto, se asume que la vía en cuestión no generará tránsito atraído, por lo que asignamos un valor del 0% a este componente.

Tabla 35. Valor de Transito total.

Tránsito Normal * Fe	4767940
Transito generado * Fe	38471
Transito atraido * Fe	0
Transito total	4806411

Posterior para el volumen de tránsito realizamos la multiplicación del tránsito total por nuestro factor direccional y factores de carril lo que nos daría

nuestro volumen por carril el cual es nuestra unidad de diseño el resultado de este se observa en la *Tabla 36*.

Tabla 36. Volumen de tránsito.

Transito total	4806411
Factor direccional (Fd)	0.5
Factor carril (Fc)	1
Vcarril	2403206

Al concluir, el cálculo del volumen de tránsito de diseño se realiza multiplicando el volumen por carril por la distribución normal estándar. En este escenario, la confiabilidad establecida es del 90%, lo que se traduce en un valor de 1.282. Esta operación nos proporciona el volumen final de diseño, que asciende a 2,785,422 vehículos como se observa en la *Tabla 37*.

Tabla 37. Volumen de tránsito final de diseño.

Vcarril	2403206
Zr	1.282
Volumen de diseño (VD)	2785422

#### **8.4.8 Composición vehicular**

El Volumen de Diseño (VD) se asigna de manera proporcional según la composición vehicular identificada en el estudio de tránsito, tal como se ilustra en la *Tabla 19*. De manera adicional, se exhibe la distribución de ejes según el tipo de

vehículo, permitiendo así el cálculo del número de repeticiones por eje. Esta distribución del número de ejes para cada vehículo se detalla en la Figura 27.

Figura 27. Composición vehicular y repeticiones por eje.

Con confiabilidad				Número de ejes				Número de repeticiones				
Tipo de vehículo	%	VD		Sencillo	Dual	Tandem	Tridem	Sencillo	Dual	Tandem	Tridem	Total
(A) Autos	56	1559836		1	1			194980	194980	0	0	37575.4
(B2) Bus (2 ejes)	7	194980		1		1		0	0	0	0	10264.3
(B3) Bus (3 ejes)		0						0	0	0	0	74976.6
(C) Camiones	37	1030606						0	0	0	0	0.0
C2		0.0000000	0	1	1			0	0	0	0	
C3	54	19.7950000	551374	1		1		551374	0	551374	0	
C4	46	17.0200000	474079				2	0	0	948158	0	
2S1	0.5	0.1850000	5153	1	2			5153	10306	0	0	
2S2		0.0000000	0	1	1	1		0	0	0	0	
2S3		0.0000000	0	1	1		1	0	0	0	0	
3S1		0.0000000	0	1	1	1		0	0	0	0	
3S2		0.0000000	0	1		2		0	0	0	0	
3S3		0.0000000	0	1		1	1	0	0	0	0	
2R2		0.0000000	0	1	3			0	0	0	0	
2R3		0.0000000	0	1	2	1		0	0	0	0	
3R2		0.0000000	0	1	2	1		0	0	0	0	
3R3		0.0000000	0	1	1	2		0	0	0	0	
3B1		0.0000000	0	1	1	1		0	0	0	0	
3B2 Otros		0.0000000	0	1		2		0	0	0	0	
	100	37										

### 8.4.8.1 Espectro de carga

El espectro de carga está conformado por el número de repeticiones esperadas para cada tipo de eje en cada rango de cargas con el fin realizar los ejes equivalentes. Para el presente proyecto estaría conformado de la siguiente manera:

Tabla 38. Repeticiones esperadas - Eje Sencillo

Eje Sencillo (Ton)	Eje Sencillo (kN)	Repeticiones esperadas - Eje Sencillo				Sencillo	Dual
		Espectro de carga				751507	205286
		0-500	500-1000	1000-2500	2500-5000	5000-10000	Más de 10000
2	19.6	21049					
3	29.4	185618					
4	39.2	203797					
5	49.0	115772					
6	58.8	60278					
7	68.6	36358					
8	78.4	42099					
9	88.2	42099					
10	98.0	42099					

11	107.8	58364					
12	117.6	61235					
13	127.4	51667					
14	137.2	24877					
15	147.0	11482					
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>	<b>956794</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Tabla 39. Repeticiones esperadas - Eje Tándem

Eje Tándem (Ton)	Eje Tándem (kN)	Repeticiones esperadas - Eje Tándem					1499532
		Espectro de carga					
		0-500	500-1000	1000-2500	2500-5000	5000-10000	
6	58.8		25492				
8	78.4		100469				
10	98		74977				
12	117.6		74977				
14	137.2		86973				
16	156.8		86973				
18	176.4		112465				
20	196		187442				
22	215.6		362887				
24	235.2		262418				
26	254.8		86973				
28	274.4		25492				
30	294		11996				
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>	<b>1499534</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Tabla 40. Repeticiones esperadas - Eje Tridem

Eje Tridem (Ton)	Eje Tridem (kN)	Repeticiones esperadas - Eje Tridem					0
		Espectro de carga					
		0-500	500-1000	1000-2500	2500-5000	5000-10000	
6	58.8		0				
8	78.4		0				
10	98		0				
12	117.6		0				
14	141.12		0				
16	156.8		0				
18	176.4		0				
20	196		0				
22	215.6		0				
24	235.2		0				

26	254.8	0					
28	274.4	0					
30	294	0					
32	313.6	0					
34	333.2	0					
36	352.8	0					
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### 8.4.8.2 Calidad del drenaje

El drenaje depende de las características de la subrasante y de la subbase o base granular, en este caso la subrasante es SM con lo cual califica como “Regular”, y la base granular tiene P200 = 4%. La calidad del drenaje del conjunto es “Buena”.

### 8.4.8.3 Subrasante

Figura 28. Calculo y clasificación de drenaje para subrasante.

Días de lluvia (FAC-PAV)	130.1
Porcentaje de días de lluvia al año (recomendado de Chile)	7.00
Calidad de drenaje	Buena
Coefficiente de Drenaje (Cd)	1.135

Días de lluvia (FAC-PAV)	130.1
Porcentaje de días de lluvia al año (Colombia)	35.64

Coeficiente de drenaje cd	Tiempo que tarda el agua en evacuar	Porcentaje de tiempo en el que la estructura esta expuesta a humedad proximos a la saturacion				
		0.00	1.00	5.00	7.00	25.00
Excelente	2 horas	1.40	1.35	1.30	1.20	
Buena	1 dia	1.35	1.25	1.15	1.14	1.00
Regular	1 semana	1.25	1.15	1.00	0.80	
Malo	1 mes	1.15	1.05	0.80	0.60	
Muy malo	No evacua	1.05	0.95	0.75	0.40	
		0.00	0.00	1.14	0.00	

### 8.4.8.4 Base granular

Figura 29. Calculo y clasificación de drenaje para base.

Días de lluvia (FAC-PAV)	130.1	Días de lluvia (FAC-PAV)	130.1
Porcentaje de días de lluvia al año (recomendado de Chile)	10.00	Porcentaje de días de lluvia al año (Colombia)	35.64
Calidad de drenaje	Regular		
Coefficiente de Drenaje (Cd)	0.950		

Coeficiente de drenaje cd	Tiempo que tarda el agua en evacuar	Porcentaje de tiempo en el que la estructura esta expuesta a humedad proximas a la saturacion				
		0.00	1.00	5.00	10.00	25.00
Excelente	2 horas	1.40	1.35	1.30	1.20	
Bueno	1 día	1.35	1.25	1.15	1.00	
Regular	1 semana	1.25	1.15	1.00	0.95	0.80
Malo	1 mes	1.15	1.05	0.80		0.60
Muy malo	No evacua	1.05	0.95	0.75		0.40
		0.00	0.00	0.95		0.00

### 8.4.8.5 Cálculo de ejes equivalentes

Los ejes equivalentes se utilizan como una medida para representar el efecto combinado de cargas de tráfico variadas en el pavimento. Este se calcula aplicando las ecuaciones 30, 31, 32, 33 y 34 dando como resultado las siguientes cantidades.

Para ejes simples son da un total de 1,497,712 ejes equivalentes como se muestra en la Figura 30.

Figura 30. Ejes Equivalentes para eje Simple.

Carga [Tn]	Eje Simple		Carga Equivalente	Código del Eje Simple	Código del Eje Simple	Índice de Servicialidad	Espesor de la Losa [pulg]	Proporción de Perdida de Servicialidad	Relación entre Servicialidad y Repeticiones	Relación entre Servicialidad y Repeticiones	Relación $W_1/W_{1a}$	1/( $W_1/W_{1a}$ )	$W_{1a}$
	Carga [Kips]	Repeticiones Esperadas											
	$L_e$	$W_1$	$L_{1a}$	$L_{e, simple}$	$L_{1a}$	$P_1$	$D$	$G$	$B_1$	$B_{1a}$	FEC	$W_1 * FEC$	
2	4.4	71049	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	0.412105876	1.10426890	252.40864	0.0040	83
3	6.6	185618	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	0.436508356	1.10426890	51.32660	0.0195	3616
4	8.8	203797	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	0.482989778	1.10426890	16.31654	0.0613	12490
5	11	115772	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	0.559631944	1.10426890	6.78260	0.1474	17069
6	13.2	60278	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	0.674951271	1.10426890	3.34473	0.2990	18022
7	15.4	26258	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	0.837834529	1.10426890	1.84259	0.5427	10772
8	17.6	42099	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	1.05292089	1.10426890	1.09295	0.9150	39839
9	19.8	42099	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	1.343428411	1.10426890	0.68311	1.4639	61628
10	22	42099	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	1.705405052	1.10426890	0.44429	2.2508	94756
11	24.2	58364	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	2.153492759	1.10426890	0.29845	3.3506	105555
12	26.4	62336	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	2.697736274	1.10426890	0.20606	4.8579	297166
13	28.6	51667	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	3.348740845	1.10426890	0.14577	6.8624	354560
14	30.8	24877	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	4.117097701	1.10426890	0.10526	9.5003	236340
15	33	11482	18.0	1.0	1.0	2.25	3.119641915	-0.141329153	5.013614261	1.10426890	0.07749	12.9050	148176
		956,794											

Para ejes tándem son da un total de 5,827,680 ejes equivalentes como se muestra en la Figura 31.

Figura 31. Ejes Equivalentes para eje Tándem.

Carga [Tn]	Eje Tandem		Carga Equivalente	Código del Eje Simple	Código del Eje Simple	Índice de Servicialidad	Espesor de la Losa [pulg]	Proporción de Pérdida de Servicialidad	Relación entre Servicialidad y Repeticiones	Relación entre Servicialidad y Repeticiones	Relación $W_e/W_{18}$	$1/(W_e/W_{18})$	$W_{18}$
	Carga [Kips]	Repeticiones Esperadas											
	$L_e$	$W_e$	$L_{18}$	$L_{20, simple}$	$L_{20}$	$P_i$	$D$	$G$	$B_e$	$B_{18}$	FEC	$W_{18}$	
6	13.2	25492	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	0.436508356	1.10426890	37.31395	0.0268	5,827,680
8	17.6	100460	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	0.482389778	1.10426890	11.86190	0.0843	84.70
10	22	74977	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	0.559631944	1.10426890	4.93086	0.2028	15206
12	26.4	74977	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	0.749512771	1.10426890	2.43157	0.4113	30855
14	29.8	86973	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	0.83784529	1.10426890	1.33954	0.7465	64928
16	35.2	86973	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	1.052493083	1.10426890	0.79456	1.2586	109460
18	39.6	112465	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	1.343428411	1.10426890	0.49661	2.0136	226465
20	44	187442	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	1.705405052	1.10426890	0.32299	3.0960	580329
22	48.4	362887	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	2.152428759	1.10426890	0.21697	4.6089	1672513
24	52.8	262418	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	2.692728424	1.10426890	0.14981	6.6753	1751728
26	57.2	86973	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	3.348740845	1.10426890	0.10594	9.4395	820985
28	61.6	25492	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	4.117097701	1.10426890	0.07652	13.0681	333132
30	66	11996	18.0	1.0	2.0	2.25	3.12	-0.14133	5.013614261	1.10426890	0.05633	17.7514	212946
		1,499,534											

Para ejes trídem son da un total de 0,000,000 ejes equivalentes como se muestra en la Figura 32.

Figura 32. Ejes Equivalentes para eje Trídem.

Carga [Tn]	Eje Trídem		Carga Equivalente	Código del Eje Simple	Código del Eje Simple	Índice de Servicialidad	Espesor de la Losa [pulg]	Proporción de Pérdida de Servicialidad	Relación entre Servicialidad y Repeticiones	Relación entre Servicialidad y Repeticiones	Relación $W_e/W_{18}$	$1/(W_e/W_{18})$	$W_{18}$
	Carga [Kips]	Repeticiones Esperadas											
	$L_e$	$W_e$	$L_{18}$	$L_{20, simple}$	$L_{20}$	$P_i$	$D$	$G$	$B_e$	$B_{18}$	FEC	$W_{18}$	
6	13.2	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.402893287	0.56831924	197.46105	0.0051	0
8	17.6	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.406287082	0.56831924	62.88753	0.0159	0
10	22	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.411789090	0.56831924	25.14608	0.0398	0
12	26.4	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.419834456	0.56831924	11.74437	0.0851	0
14	30.8	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.431121386	0.56831924	6.14491	0.1627	0
16	35.2	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.446208583	0.56831924	3.50774	0.2851	0
18	39.6	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.465712954	0.56831924	2.14538	0.4661	0
20	44	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.490208051	0.56831924	1.38748	0.7207	0
22	48.4	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.520522702	0.56831924	0.93933	1.0646	0
24	52.8	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.557139891	0.56831924	0.66038	1.5143	0
26	57.2	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.600795813	0.56831924	0.47901	2.0877	0
28	61.6	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.652179058	0.56831924	0.35656	2.8046	0
30	66	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.711989910	0.56831924	0.27118	3.6876	0
32	70.4	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.780939270	0.56831924	0.20998	4.7623	0
34	74.8	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.859750366	0.56831924	0.16507	6.0580	0
36	79.2	0	18.0	1.0	3.0	2.25	4.43	-0.14133	0.949153753	0.56831924	0.13143	7.6084	0
		0											

Dando como resultado final un total de 7,325,392 ejes equivalentes.

### 8.4.8.6 Diseño final de pavimento

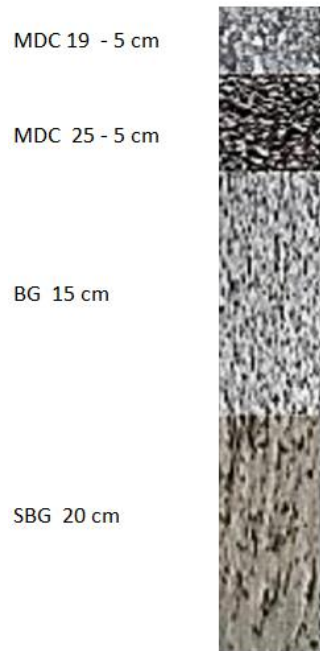
Finalmente, para determinar el espesor mínimo del pavimento a construir o diseñar, se aplica la ecuación AASHTO 93, se aplica la *Ecuación 46*. Esta ecuación incorpora el total de equivalentes, que asciende a 7,325,392 ejes, con una confiabilidad del 90%. Dado que se trata de una vía nueva, se establece una desviación estándar global de 0.45. Además, se utiliza una distribución normal de -1.282. Para un análisis más detallado de estos valores y cálculos, se puede consultar el Anexo 3. Este enfoque integral garantiza la robustez del diseño del pavimento, teniendo en cuenta factores críticos como la confiabilidad y las características específicas de la vía proyectada.

Se establece un Valor de Servicio (SN) de 3.12, con base en esta evaluación, se diseña una estructura de pavimento que incluye una subbase granular de 20 cm y una base granular de 15 cm. Este diseño se alinea con el rango de ejes equivalentes, de más de 7 millones según el método de diseño AASHTO 93.

De acuerdo con las especificaciones, las capas asfálticas deben tener un espesor mínimo de 10 cm para más de 7.000.000 de ejes equivalentes a 80 kN (W18), y la base granular debe ser de al menos 15 cm. Por lo tanto, se decide establecer una base granular de 15 cm en el diseño, sin considerar la necesidad de estabilización con cemento o asfalto.

Además, se incorporan capas asfálticas MDC 25 y MDC 19 ya que la capa MDC 25, al ser más gruesa y tener una mayor cantidad de agregado grueso, proporciona una base sólida y resistente que puede soportar cargas pesadas y distribuir el tráfico de manera efectiva. Esto contribuye a la durabilidad del pavimento a lo largo del tiempo y la capa MDC 19, al ser más delgada y tener una composición específica para la superficie de rodadura, puede proporcionar una superficie suave, uniforme y resistente al deslizamiento. Esto mejora la experiencia de conducción, reduce el ruido del tráfico y mejora la seguridad vial, cada una con un espesor de 5 cm lo que da un total de capas asfálticas de 10 cm lo exigido por la norma INVIAS. Esto resulta en una estructura total de pavimento con un espesor de 45 cm, como se ilustra en la Figura 33. Este diseño integral asegura una respuesta adecuada frente a las cargas proyectadas y proporciona la durabilidad necesaria para el pavimento bajo consideración

Figura 33. Diseño de pavimento seleccionado por AASHTO 93.



### 8.5 Presupuesto

El desarrollo del presupuesto partió de la identificación de las actividades a realizar las cuales son contenidas por los capítulos, cuya distribución se realizó como se evidencia en la Tabla 41.

*Tabla 41. Actividades de obra*

<b>PRELIMINARES</b>
Localización y replanteo
Desmante y limpieza en zonas no boscosas. Incluye transporte de 1 km.
<b>EXPLANACIONES</b>
Excavaciones varias sin clasificar. Incluye transporte hasta 5 km.
Relleno y compactación con material del sitio
<b>SUB-BASE, BASE Y AFIRMADOS</b>
Sub-base granular Clase A. No incluye transporte
Transporte de materiales de afirmado, base, sub-base y mezcla asfáltica
Base granular clase A. No Incluye transporte.

<b>PAVIMENTOS ASFALTICOS (NO INCLUYE TRANSPORTE)</b>
Lechada asfáltica con emulsión CLR-1H y agregado Tipo LA-13 INVIAS, no incluye transporte
Mezcla densa en caliente tipo MDC-25, No incluye transporte de la mezcla asfáltica
Mezcla densa en caliente tipo MDC-19. No incluye transporte de la mezcla asfáltica.
<b>ESTRUCTURAS Y DRENAJES</b>
Cuneta rectangular en concreto de 3000 psi fundida in situ. No incluye preparación del terreno.
Concreto estructural clase D (21MPa, 3000 psi) para muros, alcantarillas, box.
Acero de refuerzo Fy= 420 MPA (60.000 PSI)
Muro de contención en concreto 21 MPa (3000 psi), h =2 m. No incluye refuerzo.
<b>SEÑALIZACION Y SEGURIDAD</b>
Línea de demarcación con pintura en frío, incluye Microesferas de vidrio reflectivas
Señal vertical de tránsito Tipo 1 con lámina retroreflectiva de 75x75 cm Tipo III

Una vez establecidas las etapas de la obra se procedió a realizar el cálculo de las cantidades de obra, la realización de los APU's requeridos, cuyos valores unitarios y rendimientos se basan en los datos registrados en la base de datos de la Gobernación del Cauca, posteriormente se realizó el análisis de los costos tanto directos como indirectos para la obtención del presupuesto final de la obra avaluado en aproximadamente \$6,624,386,935.59. Los detalles de las cantidades de obra, los APU's utilizados, el análisis de AIU y el presupuesto final se encuentran en el Anexo 21, Anexo 22 y Anexo 23 respectivamente.

## 9. Referencias

Gobernación de Colombia. (18 de Abril de 2020). Dimensión económica municipio de Toribio. Colombia. Obtenido de <http://www.toribio-cauca.gov.co/municipio/historia>

Gobernación del Cauca. (s.f.). Diagnóstico de condiciones sociales y económicas. Obtenido de <http://anterior.cauca.gov.co/sites/default/files/informes/toribio.pdf>

Grisales, J. C. (2013). Diseño geométrico de carreteras. Ecoe Ediciones.

Hilando comunidades. (s.f.). Obtenido de <https://www.hilandocomunidades.com>

Marmolejo Ortiz, A. (2019). Perfil del municipio de Toribio en el Cauca para el desarrollo y la competitividad territorial. Santiago de Cai, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente, NSR-10. Bogotá, AIS, 2010

Zuloaga, I. (2017). Introducción a los Elementos Finitos en Geotecnia. <https://www.geotecnia.online/introduccion-a-los-elementos-finitos-en-geotecnia/>.

Método Bishop simplificado para estabilidad de taludes. (s/f). deep excavation. <https://www.deepexcavation.com>.

Zhu, D.Y., Lee, C.F., Qian, Q.H., and Chen, G.R. 2005. A concise algorithm for computing the factor of safety using the Morgenstern–Price method. Canadian Geotechnical Journal, 42(1): 272–278.

Morgenstern-Price. (s/f). fine software. <https://www.finesoftware.eu/help/geo5/es/morgenstern-price-01/>

Otálvaro, I. F. (2020). Muros de suelo reforzado.



## 10. Anexos

### Anexo 1. Ficha técnica SUB - BASE GRANULAR INVIAS

## AGREGADOS Y MEZCLAS CACHIBI S.A

### SUB - BASE GRANULAR



GRADACION S BG	NORMA		
	TAMIZ	PROMEDIO	% PASA
1 1/2"	100	100	100
1"	92	70	95
3/4"	75	60	90
3/8"	61	45	75
Nº 4	58	40	70
Nº 10	47	25	55
Nº 40	30	15	40
Nº 80	14	6	25
Nº 200	6	2	15

#### DESCRIPCIÓN

Es un material granular, obtenido a partir de la mezcla de distintos materiales, producto de la trituración de roca sólida. Su gradación cumple a cabalidad con los requerimientos y especificaciones solicitadas para las bases granulares.

#### LITOLOGÍA

Lavas basálticas almohadilladas, diabasas gabroicas y diabasas.

#### APLICACIONES

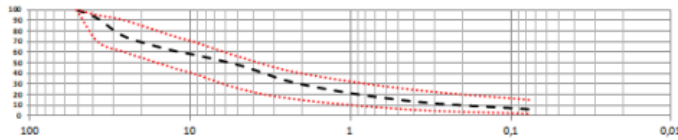
- Ideal por su tamaño para rellenos o capas superficiales
- Indicada para nivelar terrenos
- Como capas de soporte para absorber los esfuerzos

#### VENTAJAS

Es un material ideal para el acabado final de trabajos de compactación de terrenos.

RESISTENCIA COMPRESIÓN UNIAXIAL:	945 kg/cm <sup>2</sup>
Partículas Livianas	0,0001ml/mol/L
Resistencia Método 10% finos	196 KN
Resistencia Desgaste Micro Deval	21%
Contenido de Sulfatos SO <sub>4</sub>	0,12%
Reactividad Potencial Alcali Agregado	NO REACTIVO

ENSAYO	UNIDAD	VALOR
Desgaste MA	%	19
Sanidad Sodio	%	2,3
Sanidad Magnesio	%	4,5
Equivalente de Arena	%	41
Plasticidad	%	N.P
Proctor Modificado	gr/cm <sup>3</sup>	2,395
Humedad Óptima	%	6,5
CBR al 100%	%	144



### Anexo 2. Ficha técnica BASE GRANULAR INVIAS

## AGREGADOS Y MEZCLAS CACHIBI S.A

### BASE GRANULAR



GRADACION BG	NORMA		
	TAMIZ	PROMEDIO	% PASA
1 1/2"	100	100	100
1"	83	75	100
3/4"	70	65	90
3/8"	58	45	68
Nº 4	45	30	50
Nº 10	29	15	32
Nº 40	14	7	20
Nº 200	6	0	9

#### DESCRIPCIÓN

Es un material granular, obtenido a partir de la mezcla de distintos materiales, producto de la trituración de roca sólida. Su gradación cumple a cabalidad con los requerimientos y especificaciones solicitadas para las bases granulares.

#### LITOLOGÍA

Lavas basálticas almohadilladas, diabasas gabroicas y diabasas.

#### APLICACIONES

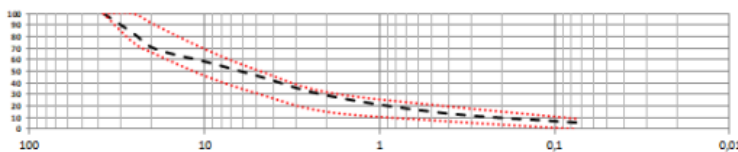
- Ideal por su tamaño para rellenos o capas superficiales
- Indicada para nivelar terrenos
- Como capas de soporte para absorber los esfuerzos

#### VENTAJAS

Es un material ideal para el acabado final de trabajos de compactación de terrenos.

RESISTENCIA COMPRESIÓN UNIAXIAL:	945 kg/cm <sup>2</sup>
Partículas Livianas	0,0001ml/mol/L
Resistencia Método 10% finos	195 KN
Resistencia Desgaste Micro Deval	15%
Contenido de Sulfatos SO <sub>4</sub>	0,80%
Reactividad Potencial Alcali Agregado	NO REACTIVO

ENSAYO	UNIDAD	VALOR
Caras Fracturadas	%	100
Partículas Deleznable	%	0,01
Desgaste a la Abrasión	%	19
Sanidad Sodio	%	2,5
Sanidad Magnesio	%	2,7
Proctor Modificado	gr/cm <sup>3</sup>	2,423
Humedad Óptima	%	7,1
CBR 100%	%	193,1
Partículas Largas	%	22,3
Partículas Planas	%	29,7
Angularidad	%	44
Plasticidad	%	N.P
Equivalente de arena	%	47



Anexo 3.AASHTO 93 hoja de cálculo.

Pt	Terminal	Roadway Classification	$\log_{10}(W_{18}) = Z_a + z_r + 1.9 \log_{10}(D_{18}) + 0.25 \left( \frac{1}{0.401 - \frac{1.02(1.1)}{D_{18}^{0.461} + 1.9}} \right) + 3.32 + \log_{10}(M_v) - 8.17$	<table border="1"> <tr> <th>Tipo de Carretera</th> <th>Periodo de diseño</th> </tr> <tr> <td>Urbanas con alto volumen de tráfico</td> <td>30 - 50 años</td> </tr> <tr> <td>Urbanas con alto volumen de tráfico</td> <td>20 - 30 años</td> </tr> <tr> <td>Rurales con bajo volumen de tráfico</td> <td>15 - 20 años</td> </tr> <tr> <td>Rurales con bajo volumen de tráfico</td> <td>10 - 20 años</td> </tr> </table>		Tipo de Carretera	Periodo de diseño	Urbanas con alto volumen de tráfico	30 - 50 años	Urbanas con alto volumen de tráfico	20 - 30 años	Rurales con bajo volumen de tráfico	15 - 20 años	Rurales con bajo volumen de tráfico	10 - 20 años
	Tipo de Carretera	Periodo de diseño													
Urbanas con alto volumen de tráfico	30 - 50 años														
Urbanas con alto volumen de tráfico	20 - 30 años														
Rurales con bajo volumen de tráfico	15 - 20 años														
Rurales con bajo volumen de tráfico	10 - 20 años														
3.00	Interstate	Highway or Arterial													
2.25	Primary	Routes, Industrial and Commercial Streets													
2.00	Secondary	Residential Streets, Parkway Lots													

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 + \dots$$
  

No tocar Po	SN (min)	3.11964915
	Po	4.20
	Pp	2.25

Fórmula AASHTO	Esfuerzo equivalente a 80 kN (W18)	722592	6.864831 = A - B - C - G/R - F
	Confianza (%)	90	0.864831 = A - log (W18)
	Zr	-1.282	-0.576900 = B = Zr * So
	Tipo de pavimento (Nuevo (N) / Rehabilitación (R) / Propio (P))	N	5.555085 = C = 9.36 * log(SN+1) - 0.2
	Propio (ingrese valor de la Dev Est) opcional		-0.341329 = G = log((Po-P1)/(4.2-1.5))
	Desviación estándar Global (So)	0.45	1.104525 = R = 0.4+1094/(SN+1)*5.19
	SPSI = Po - P1	1.95	2.014601 = F = 2.32 * log (Mr) - 8.07
	Mr subrasante AASHTO (psi)	22223.41	

Variables de diseño	Características del Clima		Características de los materiales		
	Temperatura promedio del medio ambiente MAAT (°C) (Shell)	18.84	Carpeta asfáltica	Estabilidad min (N)	5000
	Temperatura de la mezcla Tmix (°C)	Tmix (WisDOT) 24.00	BE Cemento [Fc entre 3.5 - 7.0 Mpa]	Fc (Mpa)	5.5
	Índice de Thornthwaite (%) (FAC-PAV)	0.87	BE Asfalto [Estabilidad max 4450 N]	Estabilidad min (N)	3800
	Índice de subrasante (FAC-PAV)	0.838	BG (INVIAS)	CBR % min (sumergido)	80
			SGC (INVIAS)	CBR % min (sumergido)	30.00

Factores de conversión	1.0 kg/f/cm2	0.0981	Mpa	1.0 pulg	2.54	cm
	1.0 kg/f/cm3	14.2233	psi			
	1.0 psi	0.00689	Mpa			

Diseño de la estructura	E (kg.f/cm2)	E (Mpa)	E (psi)	a	m	Espesor h (cm)	Espesor D (pulg)	SN = a*m*D (pulg)	
	MDC - 19	47256.8	4635.9	672147.9	0.38291	1	5.0	1.9685	0.75376
	MDC - 25	37634.0	3691.9	535279.8	0.35299	1	5.0	1.9685	0.69483
	BEC Cemento			0.21893	1	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000
	BEA Asfalto			0.20744	1	0.0	0.0000	0.00000	0.00000
	BG (INVIAS)			0.13006	1.135	35.0	5.9055	0.87175	0.87175
	SGC (INVIAS)			0.10698	0.950	20.0	7.8643	0.75923	0.75923
	Mr Subrasante AASHTO (psi)	153.12	22223.41			45.00	17.71	3.11964	3.11964

Número de ESAL's			Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000			3.0 cm	10 cm
80,000 - 160,000			5.0 cm	10 cm
150,000 - 300,000			7.5 cm	10 cm
300,000 - 600,000			10.0 cm	10 cm
600,000 - 1,200,000			12.5 cm	15 cm
1,200,000 - 2,400,000			15.0 cm	15 cm
2,400,000 - 4,800,000			17.5 cm	15 cm
Más de 4,800,000			20.0 cm	15 cm

NOTA: Los espesores mínimos están resaltados, ya no hay vías con menos de 500,000 Esal's en Colombia

$$SN(min) - (a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 + a_4 D_4 + a_5 D_5) / a_6 m_6 \leq D_6$$
  

$$SN(min) \leq a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 + \dots$$
  

NOTA: La idea es que la estructura que armemos siempre sea menor o igual al SN calculado con la fórmula.

$a_{60} = 0.13138 + \ln(E_s) - 1.37798$   
 $E_s = \text{módulo dinámico a } T_{mix}(^{\circ}C) \text{ (PSI)}$

Anexo 4. Cuneta rectangular en concreto de 3000 psi fundida in situ. No incluye preparación del terreno.

ITEM: Cuneta rectangular en concreto de 3000 psi fundida in situ. No incluye preparación del terreno. UNIDAD: m

I. EQUIPO							
Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit		
	Herramienta Menor			5%	\$ 14.29		
					<b>Sub-total</b>	<b>\$ 14.29</b>	
II. MATERIALES EN OBRA							
Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit		
	Concreto 3000 PSI fundido in situ	m3	\$ 347,894.83	0.0525	\$ 18,264.48		
					<b>Sub-total</b>	<b>\$ 18,264.48</b>	
III. TRANSPORTES							
Id Equipo	Descripción	Unidad	Distancia	Cantidad	(1)*(2)	Tarifa	Valor-Unit
	Transporte materiales para concreto	m3-km	33.2	1	33.2	\$ 3.34	\$ 110.89
					<b>Sub-total</b>		<b>\$ 110.89</b>
IV. MANO DE OBRA							
Id Cuadrilla	Descripción	Cantidad	Tarifa Hora	Rendimiento (h/m3)	Valor-Unit		
	Obrero	2	\$10,716.00	0.0067	\$ 142.88		
	Oficial	1	\$21,432.00	0.0067	\$ 142.88		
					<b>Sub-total</b>		<b>\$ 285.76</b>

**Total Costo Directo \$ 18,675**

Anexo 5. Concreto de 3000 PSI

<b>ANALISIS :</b>		Concreto de 3000 PSI		UNIDAD DE MEDIDA :	M3	
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						
<b>I - MATERIALES</b>						
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	% DESP,	VR TOTAL
	Cemento	BLT	6.400	\$ 35,000.00	1.05	\$ 235,200.00
	Arena	M3	0.520	\$ 45,000.00	1.05	\$ 24,570.00
	Triturado	M3	0.900	\$ 60,000.00	1.05	\$ 56,700.00
	Agua	LTS	170.00	30		\$ 5,100.00
<b>SUBTOTAL :</b>						<b>\$ 321,570.00</b>
<b>II - MANO DE</b>						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	RENDIMIENTO	TARIFA HORARIA		VR TOTAL
	Cuadrilla Oficial (1) Ayudante (2)	1	0.666666667	\$ 32,845.00		\$ 21,896.67
<b>SUBTOTAL :</b>						<b>\$ 21,896.67</b>
<b>III - EQUIPOS</b>						
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA		VR TOTAL
	Mezclador 1 saco	HORA	0.6667	\$ 5,000.00		\$ 3,333.33
	Herramienta menor	GLOBAL	0.0500	\$ 21,896.67		\$ 1,094.83
<b>SUBTOTAL :</b>						<b>\$ 4,428.17</b>

**TOTAL  
COSTO  
DIRECTO**

**\$ 347,894.83**

Anexo 6. Desmote y limpieza en zonas no boscosas. Incluye transporte de 1 km.

ITEM : Desmote y limpieza en zonas no boscosas. Incluye transporte de 1 km.

UNIDAD: ha

I. EQUIPO						
Código	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento (h/ha)	Valor-Unit	
	Guadañadora, cilindraje 38-58 cm^3		\$ 6,500.00	2.78	\$ 18,055.56	
	Herramienta Menor				\$ 29,766.67	
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 47,822.22</b>
III. TRANSPORTE						
Código	Descripción	Unidad	Distancia (km)	Cantidad	Tarifa	Valor-Unit
	Transporte de material desmontado	t-km	10	17.5	\$ 1,112.94	\$ 194,764.50
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 194,764.50</b>
IV. MANO DE OBRA						
Código	Descripción	Cantidad	Tarifa H	Rendimiento(ha/h)	Valor-Unit	
	Ayudante	2.00	\$ 10,716.00	0.36	\$ 59,533.33	
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 59,533.33</b>

**Total Costo Directo \$ 302,120**

Anexo 7. Localización y replanteo

REPÚBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b> ZONA: Subregión Norte MUNICIPIO: Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachene, Jambalo, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio
---	--

ITEM: Localización y replanteo

FECHA: 2024-05-28

CÓDIGO: 3.01.0212

UNIDAD: m

**I. EQUIPO**

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit	
067-0005	Herramienta Menor			5.00000 %	\$ 22.07	
054-0004	Equipo completo de topografía		\$ 13,125.00	1.00000 \$/hora	\$ 131.25	
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 153.32</b>	

**II. MATERIALES EN OBRA**

Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit	
077-0024	Estacas en guadua	und	\$ 394.80	0.1	\$ 39.48	
089-0260	Pintura aceite	gal	\$ 50,925.00	0.00115	\$ 58.56	
116-0004	Puntilla 2"	lb	\$ 2,500.00	0.0053	\$ 13.25	
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 111.29</b>	

**IV. MANO DE OBRA**

Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit	
113-0017	Cadenero II (1)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.0022	\$ 108.97	
113-0015	Topógrafo (1)	\$ 45,515.07	85%	\$ 84,202.88	0.0022	\$ 185.25	
113-0016	Cadenero I (1)	\$ 36,144.14	85%	\$ 66,866.66	0.0022	\$ 147.11	
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 441.32</b>		

**Total Costo Directo**

**\$ 706**

OBSERVACIÓN
A-13-188

Anexo 8. Base granular clase A. No Incluye transporte.

REPUBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS ZONA: Subregión Norte MUNICIPIO: Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachene, Jambato, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio, Villarrica
---	---

ITEM: Base granular clase A. No Incluye transporte.  
 CÓDIGO: 2.330.0054

FECHA: 2024-05-28  
 UNIDAD: m3

I. EQUIPO

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit
054-0061	Motoniveladora potencia 215 HP, ancho de cuchilla 4.27m, peso 1		\$ 157,500.00	0.02900 \$/hora	\$ 4,567.50
054-0023	Carrotanque de agua (1000 galones)		\$ 50,000.00	0.02900 \$/hora	\$ 1,450.00
067-0005	Herramienta Menor			1.00000 %	\$ 14.07
054-0083	Vibrocompactador, potencia 153 HP, peso 10 ton		\$ 95,000.00	0.03900 \$/hora	\$ 3,705.00
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 9,736.57</b>

II. MATERIALES EN OBRA

Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit
005-0028	Material de base clase A	m3	\$ 45,700.00	1.3	\$ 59,410.00
148-0002	Agua	lts	\$ 26.32	24	\$ 631.68
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 60,041.68</b>

III. TRANSPORTES

Id Equipo	Descripción	Unidad	Distancia	Cantidad	Tarifa	Valor-Unit
118-0065	Transporte de Agregados pétreos	m3-km	0	0	\$ 1,000.00	\$ 0.00
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 0.00</b>

IV. MANO DE OBRA

Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit
113-0001	Comisión de Topografía (1)	\$ 141,891.89	85%	\$ 262,500.00	0.004	\$ 1,050.00
113-0002	Ayudante (2)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.0036	\$ 356.63
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 1,406.63</b>

Total Costo Directo

**\$ 71,185**

Anexo 9. Excavaciones varias sin clasificar. Incluye transporte hasta 5 km.

REPUBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS ZONA: Subregión Norte MUNICIPIO: Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachene, Jambato, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander
---	--

ITEM: Excavaciones varias sin clasificar. Incluye transporte hasta 5 km.  
 CÓDIGO: 2.600.0360

FECHA: 2024-05-28  
 UNIDAD: m3

I. EQUIPO

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit
054-0157	Retroexcavadora sobre llantas, motor 62 HP,		\$ 90,000.00	0.06670 \$/hora	\$ 6,003.00
067-0005	Herramienta Menor			2.00000 %	\$ 30.53
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 6,033.53</b>

III. TRANSPORTES

Id Equipo	Descripción	Unidad	Distancia	Cantidad	Tarifa	Valor-Unit
118-0014	Transporte de material de excam3-km	m3-km	5	1.3	\$ 1,000.00	\$ 6,500.00
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 6,500.00</b>

IV. MANO DE OBRA

Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit
113-0002	Ayudante (2)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.00833	\$ 825.19
113-0003	Oficial (1)	\$ 45,515.07	85%	\$ 84,202.88	0.00833	\$ 701.41
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 1,526.60</b>

Total Costo Directo

**\$ 14,060**

OBSERVACIÓN

A-4-69

Anexo 10. Mezcla densa en caliente tipo MDC-19. No incluye transporte de la mezcla asfáltica.

REPUBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA			ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
			ZONA:	Subregión Norte				
			MUNICIPIO:	Buenos Aires, Caidono, Caloto, Corinto, Guachene, Jambato, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio, Villavieja				
ITEM:	Mezcla densa en caliente tipo MDC-19. No incluye transporte de la mezcla asfáltica.						FECHA:	2024-05-30
CÓDIGO:	2.450.0107						UNIDAD:	m3
<b>I. EQUIPO</b>								
Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit			
054-0138	Terminadora de asfalto (finisher), potencia en el volante 174 HP, R=20M3/H		\$ 150,750.00	0.10000 \$/hora	\$ 15,075.00			
054-0083	Vibrocompactador, potencia 153 HP, peso 10 ton		\$ 95,000.00	0.10000 \$/hora	\$ 9,500.00			
054-0146	Compactador neumático de potencia 70 HP, peso de 13 ton		\$ 100,000.00	0.10000 \$/hora	\$ 10,000.00			
067-0005	Herramienta Menor			1.00000 %	\$ 91.63			
						Sub-total	\$ 34,666.63	
<b>II. MATERIALES EN OBRA</b>								
Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit			
086-0035	Mezcla asfáltica MDC-19	m3	\$ 313,200.00	1.25	\$ 391,500.00			
						Sub-total	\$ 391,500.00	
<b>III. TRANSPORTES</b>								
Id Equipo	Descripción	Unidad	Distancia	Cantidad	Tarifa	Valor-Unit		
118-0027	Transporte de mezcla asfáltica	m3-km	0	1.25	\$ 1,000.00	\$ 0.00		
						Sub-total	\$ 0.00	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>								
Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit		
113-0002	Ayudante (8)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.0125	\$ 4,953.15		
113-0008	Rastrillero (1)	\$ 45,515.07	85%	\$ 84,202.88	0.0125	\$ 1,052.54		
113-0003	Oficial (3)	\$ 45,515.07	85%	\$ 84,202.88	0.0125	\$ 3,157.61		
						Sub-total	\$ 9,163.29	
<b>Total Costo Directo</b>							\$ 435,330	

Anexo 11. Mezcla densa en caliente tipo MDC-25, No incluye transporte de la mezcla asfáltica

REPUBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA			ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
			ZONA:	Subregión Norte				
			MUNICIPIO:	Buenos Aires, Caidono, Caloto, Corinto, Guachene, Jambato, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio, Villavieja				
ITEM:	Mezcla densa en caliente tipo MDC-25, No incluye transporte de la mezcla asfáltica						FECHA:	2024-05-28
CÓDIGO:	2.450.0106						UNIDAD:	m3
<b>I. EQUIPO</b>								
Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit			
054-0083	Vibrocompactador, potencia 153 HP, peso 10 ton		\$ 95,000.00	0.10000 \$/hora	\$ 9,500.00			
067-0005	Herramienta Menor			1.00000 %	\$ 91.63			
054-0146	Compactador neumático de potencia 70 HP, peso de 13 ton		\$ 100,000.00	0.10000 \$/hora	\$ 10,000.00			
054-0138	Terminadora de asfalto (finisher), potencia en el volante 174 HP, R=20M3/H		\$ 150,750.00	0.10000 \$/hora	\$ 15,075.00			
						Sub-total	\$ 34,666.63	
<b>II. MATERIALES EN OBRA</b>								
Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit			
086-0047	Mezcla asfáltica MDC-25	m3	\$ 306,360.00	1.25	\$ 382,950.00			
						Sub-total	\$ 382,950.00	
<b>III. TRANSPORTES</b>								
Id Equipo	Descripción	Unidad	Distancia	Cantidad	Tarifa	Valor-Unit		
118-0027	Transporte de mezcla asfáltica	m3-km	55	1.25	\$ 1,000.00	\$ 68,750.00		
						Sub-total	\$ 68,750.00	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>								
Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit		
113-0008	Rastrillero (1)	\$ 45,515.07	85%	\$ 84,202.88	0.0125	\$ 1,052.54		
113-0003	Oficial (3)	\$ 45,515.07	85%	\$ 84,202.88	0.0125	\$ 3,157.61		
113-0002	Ayudante (8)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.0125	\$ 4,953.15		
						Sub-total	\$ 9,163.29	
<b>Total Costo Directo</b>							\$ 495,530	

Anexo 12. Lechada asfáltica con emulsión CLR-1H y agregado Tipo LA-13 INVIAS, no incluye transporte

REPÚBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS ZONA: Subregión Norte MUNICIPIO: Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachene, Jambato, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio, Villarrica
---	---

ITEM: Lechada asfáltica con emulsión CLR-1H y agregado Tipo LA-13 INVIAS, no incluye transporte FECHA: 2024-05-28

CÓDIGO: 2.433.0098 UNIDAD: m2

**I. EQUIPO**

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit
054-0037	Compresor (barrido y soplado)		\$ 66,990.00	0.00330 \$/hora	\$ 221.07
067-0005	Herramienta Menor			1.00000 %	\$ 2.26
054-0137	Camión de Slurry		\$ 140,000.00	0.00200 \$/día	\$ 280.00
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 503.33</b>

**II. MATERIALES EN OBRA**

Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit
086-0018	Emulsión CRL-1h	lts	\$ 980.00	1.93	\$ 1,891.40
035-0003	Cemento gris	kg	\$ 620.00	0.0575	\$ 35.65
005-0017	Agregado tipo LA-13 (lechadas)	m3	\$ 21,340.80	0.011	\$ 234.75
061-0044	Sulfato de Aluminio (saco de 25 kg)	saco	\$ 128,040.00	0.0023	\$ 294.49
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 2,456.29</b>

**III. TRANSPORTES**

Id Equipo	Descripción	Unidad	Distancia	Cantidad	Tarifa	Valor-Unit
118-0023	Transporte de Emulsión asfáltica	l-km	719	1.18	\$ 0.23	\$ 195.14
118-0065	Transporte de Agregados pétreos	m3-km	55	0.011	\$ 1,000.00	\$ 605.00
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 800.14</b>

**IV. MANO DE OBRA**

Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit
113-0003	Oficial (1)	\$ 45,515.07	85%	\$ 84,202.88	0.0008	\$ 67.36
113-0002	Ayudante (4)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.0008	\$ 158.50
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 225.86</b>

**Total Costo Directo** \$ 3,986

Anexo 13. Sub-base granular Clase A. No incluye transporte

REPÚBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS ZONA: Subregión Norte MUNICIPIO: Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachene, Jambato, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio, Villarrica
---	---

ITEM: Sub-base granular Clase A. No incluye transporte FECHA: 2024-05-28

CÓDIGO: 2.320.0048 UNIDAD: m3

**I. EQUIPO**

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit
054-0083	Vibrocompactador, potencia 153 HP, peso 10 ton		\$ 95,000.00	0.02900 \$/hora	\$ 2,755.00
054-0061	Motoniveladora potencia 215 HP, ancho de cuchilla 4.27m, peso 18 ton		\$ 157,500.00	0.02900 \$/hora	\$ 4,567.50
054-0023	Carro tanque de agua (1000 galones)		\$ 50,000.00	0.02900 \$/hora	\$ 1,450.00
067-0005	Herramienta Menor			1.00000 %	\$ 14.07
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 8,786.57</b>

**II. MATERIALES EN OBRA**

Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit
005-0033	Material de sub-base clase A	m3	\$ 65,000.00	1.3	\$ 84,500.00
148-0002	Agua	lts	\$ 26.32	24	\$ 631.68
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 85,131.68</b>

**III. TRANSPORTES**

Id Equipo	Descripción	Unidad	Distancia	Cantidad	Tarifa	Valor-Unit
118-0065	Transporte de Agregados pétreos	m3-km	0	0	\$ 1,000.00	\$ 0.00
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 0.00</b>

**IV. MANO DE OBRA**

Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit
113-0001	Comisión de Topografía (1)	\$ 141,891.89	85%	\$ 262,500.00	0.004	\$ 1,050.00
113-0002	Ayudante (2)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.0036	\$ 356.63
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 1,406.63</b>

**Total Costo Directo** \$ 95,325

OBSERVACIÓN
A-11-147

Anexo 14. Transporte de materiales de afirmado, base, sub base y mezcla asfáltica

REPÚBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS ZONA: Subregión Norte MUNICIPIO: Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachene, Jambalo, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio, Villarrica
---	---

ITEM: Transporte de materiales de afirmado, base, sub base y mezcla asfáltica  
 CÓDIGO: 2.900.0239

FECHA: 2024-05-28  
 UNIDAD: m3-km

I. EQUIPO

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit
054-0012	Volqueta 6 M3		\$ 50,000.00	0.02000 \$/hora	\$ 1,000.00
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 1,000.00</b>

Total Costo Directo

**\$ 1,000**

<b>OBSERVACIÓN</b>
A-8-113

Anexo 15. Relleno y compactación con material del sitio

REPÚBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS ZONA: Subregión Norte MUNICIPIO: Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachene, Jambalo, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio, Villarrica
---	---

ITEM: Relleno y compactación con material del sitio  
 CÓDIGO: 1.03.0377

FECHA: 2024-05-28  
 UNIDAD: m3

I. EQUIPO

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit
067-0005	Herramienta Menor			5.00000 %	\$ 297.19
054-0101	Vibrocompactador Tipo Saltarín		\$ 9,896.25	0.55000 \$/hora	\$ 5,442.94
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 5,740.13</b>

IV. MANO DE OBRA

Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit
113-0002	Ayudante (2)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.06	\$ 5,943.78
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 5,943.78</b>

Total Costo Directo

**\$ 11,684**

<b>OBSERVACIÓN</b>
A-3-30 La mano de obra (0 Of- 1 Ayud) considerada es para acarreo, instalación y compactación del material de relleno.

Anexo 16. Línea de demarcación con pintura en frío, incluye Microesferas de vidrio reflectivas

REPÚBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	ZONA: Subregión Norte Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachené, Jambalo, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio, Villarrica MUNICIPIO:
---	--

ITEM: Línea de demarcación con pintura en frío, incluye Microesferas de vidrio reflectivas FECHA: 2024-05-28  
 CÓDIGO: 2.700.0213 UNIDAD: m

I. EQUIPO

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit
054-0081	Vehículo delinador, capacidad de 120 galones, tanque para microesfera de 1200 lb		\$ 90,000.00	0.00150 \$/hora	\$ 135.00
067-0005	Herramienta Menor			1.00000 %	\$ 1.29
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 136.29</b>

II. MATERIALES EN OBRA

Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit
089-0265	Pintura para tráfico acrílica blanc/amar/azul/negro/rojo/verde x 1gal	gal	\$ 66,464.40	0.015	\$ 996.97
108-0008	Microesferas de vidrio reflectivas para pintura tránsito base solvente	kg	\$ 4,725.84	0.08	\$ 378.07
089-0252	Disolvente	gal	\$ 14,500.00	0.00045	\$ 6.53
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 1,381.56</b>

IV. MANO DE OBRA

Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit
113-0003	Oficial (1)	\$ 45,515.07	85%	\$ 84,202.88	0.0005	\$ 42.10
113-0012	Operador equipo (1)	\$ 67,540.54	85%	\$ 124,950.00	0.0005	\$ 62.48
113-0002	Ayudante (1)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.0005	\$ 24.77
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 129.34</b>

**Total Costo Directo** \$ 1,647

Anexo 17. Señal vertical de tránsito Tipo 1 con lámina retroreflectiva de 75x75 cm Tipo III

REPÚBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	ZONA: Subregión Norte Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachené, Jambalo, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio, Villarrica MUNICIPIO:
---	--

ITEM: Señal vertical de tránsito Tipo 1 con lámina retroreflectiva de 75x75 cm Tipo III FECHA: 2024-05-28  
 CÓDIGO: 2.710.0218 UNIDAD: und

I. EQUIPO

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit
144-0002	Camioneta D-300		\$ 20,000.00	0.10000 \$/hora	\$ 2,000.00
067-0005	Herramienta Menor			5.00000 %	\$ 1,337.34
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 3,337.34</b>

II. MATERIALES EN OBRA

Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit
108-0015	Señal (grupo1). Tablero en lámina galvanizada de 75 cm*7	und	\$ 214,600.00	1	\$ 214,600.00
108-0046	Poste en ángulo de 2"2"1/4 de 3,5m para señal de tránsito	und	\$ 110,580.00	1	\$ 110,580.00
0.1.0019	Insumos para concreto 14 Mpa (2000psi), no incluye man	m3	\$ 238,124.40	0.029	\$ 6,905.61
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 332,085.61</b>

IV. MANO DE OBRA

Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit
113-0003	Oficial (1)	\$ 45,515.07	85%	\$ 84,202.88	0.2	\$ 16,840.58
113-0002	Ayudante (1)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.2	\$ 9,906.30
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 26,746.87</b>

**Total Costo Directo** \$ 362,170

OBSERVACIÓN
A-25-466

Anexo 18. Muro de contención en concreto 21 MPa (3000 psi), h =2 m. No incluye refuerzo.

REPÚBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
	ZONA: Subregión Norte Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachené, Jambato, Municipio: Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio

ITEM: Muro de contención en concreto 21 MPa (3000 psi), h =2 m. No incluye refuerzo. FECHA: 2024-05-28  
 CÓDIGO: 1.04.0389 UNIDAD: m3

I. EQUIPO

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit
067-0005	Herramienta Menor			5.00000 %	\$ 7,856.91
054-0102	Vibrador con Motor Eléctrico		\$ 8,373.75	1.50000 \$/hora	\$ 12,560.63
054-0006	Mezcladora de concreto		\$ 8,367.45	0.58800 \$/hora	\$ 4,920.06
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 25,337.60</b>

II. MATERIALES EN OBRA

Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit
077-0012	Guadua L=5m	und	\$ 8,500.00	2.2	\$ 18,700.00
035-0001	Antisol blanco	kg	\$ 5,535.98	1	\$ 5,535.98
0.1.0017	Insumos para concreto 21 Mpa (3000psi), no incluye man	m3	\$ 316,937.60	1.05	\$ 332,784.48
0.3.0027	Formaleta en madera.	m2	\$ 26,320.25	1.31	\$ 34,479.53
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 391,499.99</b>

IV. MANO DE OBRA

Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit
113-0002	Ayudante (3)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.675	\$ 100,301.25
113-0003	Oficial (1)	\$ 45,515.07	85%	\$ 84,202.88	0.675	\$ 56,836.94
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 157,138.19</b>	

Total Costo Directo **\$ 573,976**

Anexo 19. Acero de refuerzo Fy= 420 MPA (60.000 PSI)

REPÚBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
	ZONA: Subregión Norte Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachené, Jambato, Municipio: Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio

ITEM: Acero de refuerzo Fy= 420 MPA (60.000 PSI) FECHA: 2024-05-28  
 CÓDIGO: 2.640.0167 UNIDAD: kg

I. EQUIPO

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit
067-0005	Herramienta Menor			10.00000 %	\$ 104.02
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 104.02</b>

II. MATERIALES EN OBRA

Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit
001-0005	Alambre negro cal 18	kg	\$ 3,700.00	0.03	\$ 111.00
001-0067	Acero Fy=420	kg	\$ 3,000.00	1.05	\$ 3,150.00
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 3,261.00</b>

IV. MANO DE OBRA

Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit
113-0002	Ayudante (1)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.021	\$ 1,040.16
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 1,040.16</b>	

Total Costo Directo **\$ 4,405**

OBSERVACIÓN
A-5-70

Anexo 20. Concreto estructural clase D (21MPa, 3000 psi) para muros, alcantarillas, box.

REPÚBLICA DE COLOMBIA GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b> ZONA: Subregión Norte MUNICIPIO: Buenos Aires, Caldono, Caloto, Corinto, Guachené, Jambalo, Miranda, Padilla, Puerto Tejada, Santander, Suárez, Toribio.
---	---

ITEM: Concreto estructural clase D (21MPa, 3000 psi) para muros, alcantarillas, box. FECHA: 2024-05-28  
 CÓDIGO: 2.630.0379 UNIDAD: m3

I. EQUIPO

Id Equipo	Descripción	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor-Unit
054-0103	Vibrador con Motor Gasolina		\$ 8,373.75	0.80000 \$/hora	\$ 6,699.00
067-0005	Herramienta Menor			5.00000 %	\$ 5,475.69
054-0099	Mezcladora Motor a gasolina		\$ 8,373.75	0.80000 \$/hora	\$ 6,699.00
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 18,873.69</b>

IV. MANO DE OBRA

Id Cuadrilla	Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit
113-0003	Oficial (1)	\$ 45,515.07	85%	\$ 84,202.88	0.33	\$ 27,786.95
113-0002	Ayudante (5)	\$ 26,773.77	85%	\$ 49,531.48	0.33	\$ 81,726.94
<b>Sub-total</b>						<b>\$ 109,513.89</b>

II. MATERIALES EN OBRA

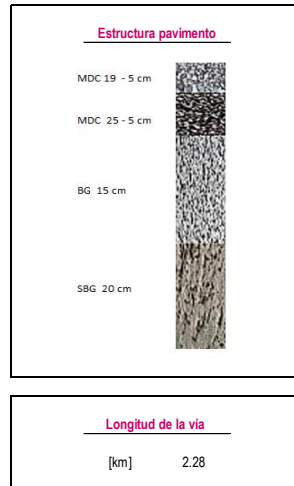
Id Insumo	Descripción	Unidad	Precio-Unit	Cantidad	Valor-Unit
0.3.0027	Formaleta en madera.	m2	\$ 26,320.25	2.5	\$ 65,800.63
0.1.0017	Insumos para concreto 21 Mpa (3000psi), no incluye man	m3	\$ 316,937.60	1.05	\$ 332,784.48
<b>Sub-total</b>					<b>\$ 398,585.11</b>

Total Costo Directo \$ 526,973

Anexo 21. Cantidades de obra

CANTIDADES DE OBRA -> VÍA PUNTE QUEMADO - TORIBIO

Descripción	Unidad	Cantidad
Localización y replanteo	m	2281
Desmote y limpieza en zonas no boscosas. Incluye transporte de 5 km.	ha	1.3686
Excavaciones varias sin clasificar. Incluye transporte hasta 5 km.	m <sup>3</sup>	191496
Transporte de materiales de afirmado, base, sub base y mezcla asfáltica	m <sup>3</sup> -km	6158.7
Mezcla densa en caliente tipo MDC-19, No incluye transporte de la mezcla asfáltica	m <sup>3</sup>	684.3
Mezcla densa en caliente tipo MDC-25, No incluye transporte de la mezcla asfáltica	m <sup>3</sup>	684.3
Sub-base granular para bacheo clase A. No Incluye transporte.	m <sup>3</sup>	2737.2
Lechada asfáltica con emulsión CLR-1H y agregado Tipo LA-13 INVIAS, no incluye transporte	m <sup>2</sup>	13686
Base Clase A tratada con cemento, mezcla en vía, resistencia R 3.5 MPa a 7 días (Incluye suministro de 54 kg cemento)	m <sup>3</sup>	2052.9
Cuneta rectangular en concreto de 3000 psi fundida in situ. No incluye preparación del terreno	m <sup>3</sup>	456.2
Relleno para estructuras con suelos. Incluye transporte 26.3 km.	m <sup>3</sup>	13556.87
Línea de demarcación con pintura en frío	m	6000
Señalización vertical de tránsito dim 75x75cm	und	24



Anexo 22. Costos indirectos (AIU)

CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	DEDICACION	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
<b>1</b>	<b>PERSONAL PROFESIONAL</b>					
	Ingeniero director de Obra	mes	6	25%	\$ 15,622,879.20	\$ 23,434,318.80
	Ingeniero Residente de Obra	mes	6	100%	\$ 4,120,320.00	\$ 24,721,920.00
	Residente SST	mes	6	100%	\$ 2,746,951.20	\$ 16,481,707.20
	Ingeniero Residente Ambiental	mes	6	100%	\$ 4,120,320.00	\$ 24,721,920.00
	Ingeniero Auxiliar	mes	6	100%	\$ 2,746,879.20	\$ 16,481,275.20
						<b>\$ 105,841,141.20</b>
<b>2</b>	<b>PERSONAL TECNICO</b>					
	Maestro de Obra	mes	6	100%	\$ 4,291,999.20	\$ 25,751,995.20
	Topografo	mes	6	100%	\$ 4,120,320.00	\$ 24,721,920.00
	Cadenero 1	mes	6	100%	\$ 1,974,319.20	\$ 11,845,915.20
	Cadenero 2	mes	6	100%	\$ 1,974,319.20	\$ 11,845,915.20
						<b>\$ 74,165,745.60</b>
<b>3</b>	<b>PERSONAL ADMINSITRATIVO</b>					
	Almacenista	mes	6	100%	\$ 1,802,640.00	\$ 10,815,840.00
	Secretaria	mes	6	25%	\$ 2,150,000.00	\$ 3,225,000.00
	Conductor	mes	6	40%	\$ 2,150,000.00	\$ 5,160,000.00
	Vigilancia	mes	6	100%	\$ 6,437,997.00	\$ 38,627,982.00
	Brigada de Aseo	mes	6	100%	\$ 1,716,799.20	\$ 10,300,795.20
						<b>\$ 68,129,617.20</b>
<b>4</b>	<b>GASTOS OPERACIONALES</b>					
	Equipo completo de topografia	mes	6	-	\$ 6,000,000.00	\$ 36,000,000.00
	SoftwarE/Hardware para obra	mes	6	-	\$ 1,211,233.50	\$ 7,267,401.00
	Costos Campamento de obra	mes	6	-	\$ 3,666,666.67	\$ 22,000,000.00
	Vehiculo	mes	6	-	\$ 3,666,666.67	\$ 22,000,000.00
	Suministro y consumos de servicios publicos	mes	6	-	\$ 900,000.00	\$ 5,400,000.00
	Ensayos de control de calidad (1% CD)	GLOBAL	1	-	\$ 52,446,690.18	\$ 52,446,690.18
	Papelaria	mes	6	-	\$ 200,000.00	\$ 1,200,000.00
	Copias/planos/fotocopias	GLOBAL	1	-	\$ 1,600,000.00	\$ 1,600,000.00
	Registro fotografico/videos/informes	GLOBAL	1	-	\$ 2,400,000.00	\$ 2,400,000.00
	Registro y elaboracion de planos record	GLOBAL	1	-	\$ 2,400,000.00	\$ 2,400,000.00
	Costo proporcional oficina central	mes	6	-	\$ 600,000.00	\$ 3,600,000.00
	Gastos de administracion	mes	6	-	\$ 2,500,000.00	\$ 15,000,000.00
	Publicaciones contrato (0.12% CT)	GLOBAL	1	-	\$ 6,796,943.54	\$ 6,796,943.54
	Polizas (4% CT)	GLOBAL	1	-	\$ 226,564,784.53	\$ 226,564,784.53
	Costos financieros (0.5% CT)	GLOBAL	1	-	\$ 28,320,598.07	\$ 28,320,598.07
						<b>\$ 432,996,417.32</b>
<b>5</b>	<b>IMPUESTOS</b>					
	Retencion en la fuente (3% CT)	GLOBAL	1	-	\$ 169,923,588.40	\$ 169,923,588.40
	ICA (1% CT)	GLOBAL	1	-	\$ 56,641,196.13	\$ 56,641,196.13
						<b>\$ 226,564,784.53</b>
<b>1</b>	<b>ADMINISTRACIÓN</b>	%		16%		<b>\$ 907,697,705.85</b>
<b>2</b>	<b>IMPREVISTOS</b>	%		4%		<b>\$ 209,786,760.72</b>
<b>3</b>	<b>UTILIDAD</b>	%		5%		<b>\$ 262,233,450.91</b>
	<b>TOTAL AIU</b>			<b>25%</b>		<b>\$ 1,379,717,917.48</b>
					Costo Directo	\$ 5,244,669,018.1165
					<b>Costo Total</b>	<b>\$ 6,624,386,935.5944</b>

Anexo 23.Presupuesto total

PROYECTO FINAL

OBJETO: CANTIDADES DE OBRA -> VÍA PUENTE QUEMADO - TORIBIO

LONGITUD : 2280 Metros via acceso  
PLAZO EJECUCION: SEIS (6) MESES

VALOR DEL CONTRATO: \$ 5,244,669,018.12

GRUPO TRABAJO No.	DESCRIPCIÓN	CONDICIONES COSTO ESTIMADO			VALOR
		UND.	CANT.	Vr. UNIT.	
	<b>PRELIMINARES</b>				2,023,712.65
<b>A</b>	Localización y replanteo	M	2,281.00	\$ 705.93	1,610,231.14
<b>B</b>	Desmante y limpieza en zonas no boscosas. Incluye transporte de 1 km.	HA	1.37	\$ 302,120.06	413,481.51
	<b>EXPLANACIONES</b>				2,342,895,281.43
<b>C</b>	Excavaciones varias sin clasificar. Incluye transporte hasta 5 km.	M3	125,193.00	\$ 14,060.14	1,760,230,673.85
<b>D</b>	Relleno y compactación con material del sitio	M3	49,869.00	\$ 11,683.90	582,664,607.58
	<b>SUB-BASE, BASE Y AFIRMADOS</b>				573,343,567.82
<b>E</b>	Sub-base granular Clase A. No incluye transporte	M3	2,737.20	\$ 95,324.87	260,923,242.18
<b>F</b>	Transporte de materiales de afirmado, base, sub base y mezcla asfáltica	M3-KM	166,284.90	\$ 1,000.00	166,284,900.00
<b>G</b>	Base granular clase A. No incluye transporte.	M3	2,052.90	\$ 71,184.87	146,135,425.64
	<b>PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (NO INCLUYE TRANSPORTE)</b>				691,534,536.78
<b>H</b>	Lechada asfáltica con emulsión CLR-1H y agregado Tipo LA-13 INVIAS, no incluye transporte	M2	13,686.00	\$ 3,985.62	54,547,141.53
<b>I</b>	Mezcla densa en caliente tipo MDC-25, No incluye transporte de la mezcla asfáltica	M3	684.30	\$ 495,529.92	339,091,127.62
<b>J</b>	Mezcla densa en caliente tipo MDC-19. No incluye transporte de la mezcla asfáltica.	M3	684.30	\$ 435,329.92	297,896,267.62
	<b>ESTRUCTURAS Y DRENAJES</b>				1,616,296,680.88
<b>K</b>	Cuneta rectangular en concreto de 3000 psi fundida in situ. No incluye preparación del terreno.	ML	456.20	\$ 18,675.41	8,519,724.21
<b>L</b>	Concreto estructural clase D (21MPa, 3000 psi) para muros, alcantarillas, box.	M3	70.20	\$ 526,972.70	36,993,483.33
<b>M</b>	Acero de refuerzo Fy= 420 MPA (60.000 PSI)	KG	107,711.84	\$ 4,405.18	474,489,740.66
<b>N</b>	Muro de contención en concreto 21 MPa (3000 psi), h =2 m. No incluye refuerzo.	M3	1,910.00	\$ 573,975.78	1,096,293,732.68
	<b>SEÑALIZACION Y SEGURIDAD</b>				18,575,238.56
<b>L</b>	Línea de demarcación con pintura en frío, incluye Microesferas de vidrio reflectivas	ML	6,000.00	\$ 1,647.19	9,883,162.80
<b>M</b>	Señal vertical de tránsito Tipo 1 con lámina retroreflectiva de 75x75 cm Tipo III	UND	24.00	\$ 362,169.82	8,692,075.76
	<b>VALOR COSTO DIRECTO</b>				5,244,669,018.12
	<b>VALOR COSTOS INDIRECTOS</b>				1,379,717,917.48
	<b>ADMINISTRACION</b>			16%	840,479,078.95
	<b>IMPREVISTO</b>			4%	209,786,760.72
	<b>UTILIDAD</b>			5%	262,233,450.91
	<b>IVA SOBRE UTILIDAD</b>				49,824,355.67
	<b>VALOR TOTAL PROYECTO</b>				6,624,386,935.59

## Anexo 24. Calculo muro de 5m de altura de lleno.

### DATOS

Resistencia de concreto  
 Fluencia de acero  
 Peso específico del suelo de relleno  
 Peso específico del concreto  
 Angulo de fricción interna de suelo  
 Capacidad portante del suelo  
 Tipo de terreno  
 Altura muro de corona a suelo  
 Altura muro de corona a talon  
 Factor de seguridad por deslizamiento  
 Factor de seguridad por volteo

FC=	170	Kg/cm <sup>2</sup>
Fy=	4200	Kg/cm <sup>2</sup>
γs=	2.05	ton/m <sup>3</sup>
γc=	2.4	ton/m <sup>3</sup>
Φs=	32	
qt=	30	ton/m <sup>2</sup>
Limo		
h	5	m
h <sub>0</sub>	5	m
FSD:	1.5	
FSV:	1.75	



### I. SOLUCIÓN

Coefficiente de fricción para deslizamiento

tgφ=	0.62487
μ=	0.6
μ <sub>0</sub> =	0.6
δ=	0.30730

### II. DIMENSIONAMIENTO DE LA PANTALLA

t1=	0.2	m
P=	9.28597	ton
Ps/c=	1.06341	ton
M=	19.8274	ton-m
Mu=	31.7230	ton-m

Dimensionamiento t2

b=	100	cm
g=	0.004	
g <sub>0</sub> =	0.9	
w=	0.008	
d=	47.1605	cm
t2=	51.0605	cm
g <sub>1</sub> =	5.0	
d <sub>1</sub> =	47.2	cm

Cuanta mecánica

Peralte efectivo  
 Espesor de la garganta del muro  
 Espesor de la garganta del muro definido  
 Peralte efectivo modificado

Vdu=	13.1631	ton
QVc=	28.1201	ton
Vu=QVc=	Cumple	

### III. VERIFICACION POR CORTE

Fuerza cortante ultima  
 Resistencia de concreto a corte  
 Verificación

### IV. PREDIMENSIONAMIENTO

Altura muro  
 Corona  
 Garganta muro  
 Base  
 Altura zapata  
 Punta  
 Talon

h=	6.0	m
t1=	0.2	m
t2=	0.52	m
B=	3.0	m
h <sub>z</sub> =	0.6	m
P=	1.08	ton
T=	1.53	m

$$\text{Corona} \rightarrow 0.2 \leq C \leq 0.3$$

$$\text{Altura zapata} \rightarrow \frac{1}{12} H \leq H_z \leq \frac{1}{10} H$$

$$\text{Base} \rightarrow 0.5H \leq B \leq 0.8H$$

$$\text{Punta} \rightarrow \frac{B}{4} \leq P \leq \frac{B}{3}; P_{\min} = H_z$$

$$\text{Talon} \rightarrow B = (P + t_2)$$

### V. VERIFICACION DE ESTABILIDAD

Zona	Y	Area	Volumen	Peso (ton)	Brazo	Momento (ton-m)
P1	2.4	1.71	1.71	4.10	1.90	6.14
P2	2.4	1.09	1.09	2.61	1.22	3.18
P3	2.4	0.87	0.87	2.09	1.04	2.13
P4	2.05	0.12	0.12	18.70	2.16	40.39
Ps/c	2.05	0.70	0.70	1.44	2.16	3.10
TOTAL				28.93		51.94

### 5.1 Por estabilidad al deslizamiento

Factor de seguridad por deslizamiento

Verificación

### 5.1 Por estabilidad al volteo

Factor de seguridad por volteo

Verificación

FSD=	1.53108
Cumple	
FSV=	2.42296
Cumple	

### VI. CONTROL DE PRESIONES SOBRE EL TERRENO (B/B>e)

Excentricidad

Verificación  
 Esfuerzo max terreno  
 Esfuerzo min terreno  
 Verificación

Xo=	1.11528	
Bo=	0.5	
e=	0.38472	
Cumple		
q1=	17.0642	ton/m <sup>2</sup>
q2=	2.2247	ton/m <sup>2</sup>
Cumple		

### VII. DISEÑO DE LA PANTALLA

#### 7.1 Estribos (Refuerzo acero vertical)

g=	0.9	
g <sub>0</sub> =	0.83	
Mu=	31.7230	ton-m
b=	100	cm
t2=	52	cm
d=	47.2	cm
AsB=	1.38	cm <sup>2</sup>
dbB=	1.59	cm

#### 7.1.1 Cuantía acero mínimo

pmin=	0.0022	
Asmin=	10.4056	cm <sup>2</sup>

#### 7.1.2 Cuantía acero balanceado

pb=	0.01771	
Asb=	83.5833	cm <sup>2</sup>

#### 7.1.3 Cuantía acero máximo

pmax=	0.01328	
Asmax=	62.6873	cm <sup>2</sup>

#### 7.1.4 Cuantía acero de diseño

w1=	1.58000	
w2=	0.09583	
pd=	0.00399	
Asd=	18.8664	cm <sup>2</sup>
Cumple		

Verificación

Numero de varillas  
 Espaciamiento de varillas  
 Acero en la base vertical

N	1.2154	var.
S	0.16503	m
10 Ø 5/8" @ 0.11		

#### 7.2 Refuerzo mínimo

h=	0.87617
L=	1.34817

#### 7.3 Refuerzo horizontal



Arriba:	
As1=	2.67 Ø 3/8" @ 0.27
As2=	1.33 Ø 3/8" @ 0.53
Smax= 0.45 m	
Intermedio:	
As1=	4.80 Ø 3/8" @ 0.15
As2=	4.40 Ø 3/8" @ 0.30
Abajo:	
As1=	10.4 cm <sup>2</sup>
As2=	6.00 Ø 1/2" @ 0.18
As3=	3.47 Ø 3/8" @ 0.20
Armadura de montaje:	
As=	94.21
Ø 3/8" @ 0.34	

### VIII. DISEÑO DE LA ZAPATA

#### 8.1 Cálculo de carga por metro de ancho

Ws=	11.1318	ton/m
Wppz=	1.368	ton/m
Wz/c=	1	ton/m
d=	48.705	cm

#### 8.2 Zapata anterior (punta)

Wumax=	27.7770	ton/m
Mu=	8.88592	

#### 8.2.1 Acero de diseño

w1=	1.67078	
w2=	0.09214	
pd=	0.00101	
Asd=	4.89793	cm <sup>2</sup>
Asmin=	3.7660	cm <sup>2</sup>
Ø 5/8" @ 0.23		

#### 8.3 Zapata posterior (talon)

qB=	8.31070	ton/m
qB=	10.5343	ton/m <sup>2</sup>
Wu=	10.1993	ton/m
Mu=	17.228	ton-m

#### 8.3.1 Acero de diseño

w1=	1.64748	
w2=	0.04744	
pd=	0.00198	
Asd=	9.62719	cm <sup>2</sup>
Asmin=	8.7660	cm <sup>2</sup>
Ø 5/8" @ 0.21		

#### 8.4 Verificación por corte

q <sub>d</sub> =	5.3014	ton/m
Vdu=	15.6703	ton
QVc=	29.028	ton
Cumple		

#### 8.5 Refuerzo horizontal

Acero de temperatura

As temp=	10.26	cm <sup>2</sup>
Ø 5/8" @	0.19	
As monte=	45.72	cm <sup>2</sup>
Ø 1/2" @	0.46	

#### 9. Detalle final

## Anexo 25. Muro de 6m de altura de corte.



### DATOS

Resistencia de concreto  
 Fluencia de acero  
 Peso específico del suelo de relleno  
 Peso específico del concreto  
 Ángulo de fricción interna de suelo  
 Capacidad portante del suelo  
 Tipo de terreno  
 Altura muro de corona a suelo  
 Altura muro de corona a talón  
 Factor de seguridad por deslizamiento  
 Factor de seguridad por volteo

$f_c$	175	kg/cm <sup>2</sup>
$f_y$	4200	kg/cm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	2.05	ton/m <sup>3</sup>
$\gamma_c$	2.4	ton/m <sup>3</sup>
$\phi_a$	32	
$q$	30	ton/m <sup>2</sup>
<b>Limo</b>		
$h$	6.3	m
$h_p$	6.3	m
$FSD$	1.5	
$FSV$	1.75	

### I. SOLUCIÓN

Coefficiente de fricción para deslizamiento  
 $\mu = 0.6$   
 $\mu = 0.6$   
 $K_a = 0.30726$

### II. DIMENSIONAMIENTO DE LA PANTALLA

#### Dimensionamiento t2

$t_1 = 0.2$  m  
 $P = 12.0$  ton  
 $P/c = 0$  ton  
 $M = 26.2409$  ton-m  
 $M_u = 41.9999$  ton-m

$b = 100$  cm  
 $\rho = 0.004$   
 $\phi = 0.9$   
 $w = 0.006$   
 $d = 54.2037$  cm  
 $t_2 = 59.0617$  cm  
 $t_2 = 60$  cm  
 $d_t = 60.2$  cm

Cuánta mecánica  
 Peralte efectivo  
 Espesor de la garganta del muro  
 Espesor de la garganta del muro definido  
 Peralte efectivo modificado

### III. VERIFICACION POR CORTE

Fuerza cortante última  
 Resistencia de concreto a corte  
 Verificación

### IV. PREDIMENSIONAMIENTO

Altura muro  
 Corona  
 Garganta muro  
 Base  
 Altura zapata  
 Punta  
 Talón

### V. VERIFICACION DE ESTABILIDAD

$Vdu$	17.747	ton
$\phi Vc$	35.8763	ton
$Vu < \phi Vc$	Cumple	

$h$	7.0	m
$t_1$	0.2	m
$t_2$	0.65	m
$B$	3.0	m
$h_z$	0.7	m
$P$	0.6	m
$T$	2.05	m

Corona  $\rightarrow 0.2 < C < 0.3$   
 Altura zapata  $\rightarrow 1.2 H \leq H_z \leq 1.4 H$   
 Base  $\rightarrow 0.5H \leq B \leq 0.8H$   
 Punta  $\rightarrow \frac{B}{4} \leq P \leq \frac{B}{2}$ ;  $P_{min} = H_z$   
 Talón  $\rightarrow B - (P + t_2)$

Zona	Y	Area	Volumen	Peso (ton)	Brazo	Momento (ton-m)
P1	2.4	2.45	2.45	5.00	1.75	10.20
P2	2.4	1.26	1.26	3.02	1.35	4.08
P3	2.4	1.42	1.42	3.40	1.10	3.74
P4	2.05	12.92	12.92	26.48	2.48	65.53
P/c		0.00	0.00	0.00	2.48	0.00
<b>TOTAL:</b>				<b>N=</b> 36.76	<b>M=</b> 83.64	

5.1 Por estabilidad al deslizamiento  
 Factor de seguridad por deslizamiento  
 Verificación  
 5.2 Por estabilidad por volteo  
 Factor de seguridad por volteo  
 Verificación

### VI. CONTROL DE PRESIONES SOBRE EL TERRENO (B/6 <= e)

Excentricidad  
 Verificación  
 Esfuerzo max terreno  
 Esfuerzo min terreno  
 Verificación

### VII. DISEÑO DE LA PANTALLA

#### 7.1 En la base (Refuerzo acero vertical)

$\phi = 0.9$   
 $\rho = 0.004$   
 $M_u = 41.9999$  ton-m  
 $b = 100$  cm  
 $t_2 = 60$  cm  
 $d = 60.2$  cm  
 $A_s = 1.98$  cm<sup>2</sup>  
 $d_t = 60$  cm

#### 7.1.1 Cuánta y acero máximo

#### 7.1.2 Cuánta y acero balanceado

#### 7.1.3 Cuánta y acero máximo

#### 7.1.4 Cuánta y acero de diseño

$\rho_{min} = 0.0022$   
 $A_{smin} = 13.2720$  cm<sup>2</sup>

$\rho_b = 0.01771$   
 $A_{sb} = 106.6001$  cm<sup>2</sup>

$\rho_{max} = 0.01328$   
 $A_{smax} = 79.9531$  cm<sup>2</sup>

$w_1 = 1.61763$   
 $w_2 = 0.07709$   
 $\rho_d = 0.00321$   
 $A_{sd} = 19.3264$  cm<sup>2</sup>

Verificación  
 Numero de varillas  
 Espaciamiento de varillas  
 Acero en la base vertical

$N = 9.7657$  var.  
 $S = 0.1021$  m

**10 Ø 5/8" @ 0.10**

#### 7.2 Refuerzo externo

#### 7.2 Refuerzo horizontal

$h_c = 1.29909$   
 $h_e = 1.80191$

Arriba:  
 $A_{st} = 2.67$  Ø 3/8" @ 0.27  
 $1.83$  Ø 3/8" @ 0.53

Intermedio:  
 $A_{st} = 5.67$  Ø 3/8" @ 0.13  
 $2.83$  Ø 3/8" @ 0.25

Abajo:  
 $A_{st} = 13$  cm<sup>2</sup>  
 $6.67$  Ø 1/2" @ 0.15  
 $4.33$  Ø 3/8" @ 0.16

Armadura de montaje:  
 $s = 34.7$  cm  
 $Ø 3/8" @ 0.34$

### VIII. DISEÑO DE LA ZAPATA

#### 8.1 Cálculo de carga por metro de ancho

$W_u = 12.915$  ton/m  
 $W_{ppz} = 1.68$  ton/m  
 $W_s/c = 0$  ton/m  
 $d = 61.705$  cm

$W_{u\max} = 34.1729$  ton/m  
 $M_u = 10.9363$  ton-m

$w_1 = 1.07648$   
 $w_2 = 0.01044$   
 $\rho_d = 0.00077$   
 $A_{sd} = 4.7389$  cm<sup>2</sup>  
 $A_{smin} = 11.1060$  cm<sup>2</sup>  
 $Ø 5/8" @ 0.16$

$q_1 = 11.6093$  ton/m  
 $q_2 = 12.7790$  ton/m<sup>2</sup>  
 $W_u = 20.433$  ton/m  
 $M_u = 26.1093$  ton-m

$w_1 = 1.04082$   
 $w_2 = 0.04076$   
 $\rho_d = 0.00201$   
 $A_{sd} = 12.4044$  cm<sup>2</sup>  
 $A_{smin} = 11.1060$  cm<sup>2</sup>  
 $Ø 5/8" @ 0.16$

$q_1 = 8.11007$  ton/m  
 $V_{ud} = 21.1182$  ton  
 $\phi V_c = 36.7734$  ton  
 Cumple

$A_s \text{ temp} = 12.61$  cm<sup>2</sup>  
 $Ø 5/8" @ 0.16$   
 $A_s \text{ mont} = 45.72$  cm  
 $Ø 1/2" @ 0.46$

#### 8.2 Zapata anterior (punta)

#### 8.2.1 Acero de diseño

$w_1 = 1.07648$   
 $w_2 = 0.01044$   
 $\rho_d = 0.00077$   
 $A_{sd} = 4.7389$  cm<sup>2</sup>  
 $A_{smin} = 11.1060$  cm<sup>2</sup>  
 $Ø 5/8" @ 0.16$

#### 8.2 Zapata posterior (talón)

#### 8.2.1 Acero de diseño

$w_1 = 1.04082$   
 $w_2 = 0.04076$   
 $\rho_d = 0.00201$   
 $A_{sd} = 12.4044$  cm<sup>2</sup>  
 $A_{smin} = 11.1060$  cm<sup>2</sup>  
 $Ø 5/8" @ 0.16$

#### 8.4 Verificación por corte

#### 8.5 Refuerzo transversal

Acero de temperatura  
 Acero de montaje

$A_s \text{ temp} = 12.61$  cm<sup>2</sup>  
 $Ø 5/8" @ 0.16$   
 $A_s \text{ mont} = 45.72$  cm  
 $Ø 1/2" @ 0.46$

#### 9. Detalles finales

## Anexo 26. Controles para el DGV.

Via Terciaria		
Terreno Montañoso		
Peralte máx	6%	
VTR (km/h)	40	
Dp [m]	46.15283322	Distancia Visibilidad de parada
Dp-6% [m]	50	distancia recorrida durante el frenado
Dp6% [m]	44	distancia recorrida durante el frenado
Da	317.452	distancia de visibilidad de adelantamiento
D1	45.2862	Distancia recorrida en el tiempo de percepcion
D2	145.29948	Distancia recorrida por el vehiculo que adelanta durante el tiempo que adelanta
D3	30	Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra
D4	96.86632	Distancia recorrida por el vehiculo en sentido opuesto [2/3*D2]

Componente de la maniobra de adelantamiento	Rango de velocidad [km/h] 50-65	
	Velocidad del Vehiculo que adelanta	56.2
Maniobra Inicial	2.25	Promedio de aceleracion [km/h/s]
a	3.6	Tiempo 1[s]
t1	45	Distancia Recorrida en la maniobra
Ocupacion del carril contrario		
t2	9.3	Tiempo 2[s]
d2	145	Distancia Recorrida en la maniobra
Distancia de Seguridad		
d3	30	Distancia Recorrida en la maniobra
Vehiculo en Sentido opuesto		
d4	97	Distancia Recorrida en la maniobra

Tabla 2.1  
Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (V<sub>th</sub>) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V <sub>th</sub> (km/h)																			
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130									
Primaria de dos calzadas	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				
Primaria de una calzada	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				
Secundaria	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				
Terciaria	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				

Tabla 2.7  
Distancias de visibilidad de parada en tramos con pendiente

VELOCIDAD ESPECÍFICA V <sub>e</sub> (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) D <sub>p</sub>				
	-3%	-2%	+2%	+3%	+4%
20	20	20	20	19	18
30	30	30	30	29	28
40	40	40	40	39	38
50	50	50	50	49	48
60	60	60	60	59	58
70	70	70	70	69	68
80	80	80	80	79	78
90	90	90	90	89	88
100	100	100	100	99	98
110	110	110	110	109	108
120	120	120	120	119	118
130	130	130	130	129	128

## Anexo 27. Diseño en Planta.

Tabla 3.3.  
Radios mínimos para peralte máximo e<sub>max</sub> = 6 % y fricción máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA V <sub>e</sub> (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCION TRANSVERSAL f <sub>Trasv</sub>	TOTAL e <sub>max</sub> + f <sub>Trasv</sub>	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6.0	0.35	0.41	7.7	15 <sup>(1)</sup>
30	6.0	0.38	0.34	20.8	24
40	6.0	0.23	0.29	43.4	43
50	6.0	0.19	0.25	78.7	79
60	6.0	0.17	0.23	123.2	123

### Transición del Peralte

Lt	Longitud total	50
L	Longitud de transición	37.5
N	Aplanamiento	12.5
BN	Bombeo normal	2%
ef	Peralte tota	6%

### Rampa de Peralte

Δs	Inclinacion longitudinal de la rampa de peraltes	0.0048
L	Longitud de transicion	37.5
ef	peralte al finalizar el tramo	6%
ei	peralte al inicial el tramo	0%
a	distancia del eje de giro	3

### Longitud de transicion

L	Longitud de transicion	37.5
ef-ei	cambio de peralte	6
a	ancho de calzada	6
bw	factor e ajuste	1
Δs	Inclinacion longitudinal de la rampa de peraltes	0.96
W	ancho del carril	3
n	numero de carriles que giran	2

Tabla 3.5.  
Radios (R<sub>c</sub>) según Velocidad Específica (V<sub>e</sub>) y Peraltes (e) para e<sub>max</sub> = 6%.

e (%)	V <sub>e</sub> = 20 km/h R (m)	V <sub>e</sub> = 30 km/h R (m)	V <sub>e</sub> = 40 km/h R (m)	V <sub>e</sub> = 50 km/h R (m)	V <sub>e</sub> = 60 km/h R (m)
1.5	104	421	738	1050	1440
2.0	138	298	525	750	1030
2.2	122	265	465	666	919
2.4	109	236	415	589	825
2.6	97	210	372	540	746
2.8	87	190	334	488	678
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	61	133	239	364	511
3.6	51	113	206	329	465
3.8	43	96	177	294	422
4.0	36	82	155	261	380
4.2	31	72	136	234	343
4.4	27	63	121	210	311
4.6	24	56	108	190	283
4.8	21	50	97	172	256
5.0	19	45	88	156	235
5.2	17	40	79	142	214
5.4	15	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	178
5.8	15	28	56	102	166
6.0	15	21	43	79	123

Tabla 3.6.  
Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes

VELOCIDAD ESPECÍFICA V <sub>e</sub> (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.38	

0.1 x a

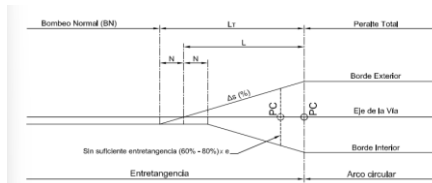


Tabla 3.6a.  
Factor de ajuste para el número de carriles girados

NÚMERO DE CARRILES QUE GIRAN (n)	FACTOR DE AJUSTE (bw)	INCREMENTO EN LOS CARRILES DE GIRO RESPECTO A UN CARRIL GIRADO
1.0	1.00	1.00
1.5	0.83	1.25
2.0	0.75	1.50
2.5	0.70	1.75
3.0	0.67	2.00
3.5	0.64	2.25

## Anexo 28. Diseño en perfil.

Tabla 4.2  
Relación entre la pendiente máxima (%) y la Velocidad Específica de la tangente vertical (V<sub>v</sub>)

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V <sub>v</sub> (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primera de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primera de una calzada	-	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	-
Secundaria	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Terciaria	14	17	19	20	21	22	23	24	25	26	27	

Tabla 4.3  
Longitud mínima de la tangente vertical

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL (V <sub>v</sub> km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)	40	60	85	140	170	195	225	250	280	305	335	360

Curva Convexa	
Según Criterio de Seguridad	
Lmin	16.18604874 Longitud mínima de curva
A	5 Diferencia de pendientes
Dp	46.15283322 Distancia de Parada
h1	1.08 Altura del ojo del conductor
h2	0.6 Altura de obstaculo
K	3.237209748
Según Criterio de Operación	
Lmin	24 Longitud mínima de curva
Kmin	4.8
Según criterio de drenaje	
Kmax	50
Lmin	250 Longitud mínima de curva

Tabla 4.4  
Valores de K<sub>min</sub> para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales

VELOCIDAD ESPECÍFICA V <sub>v</sub> (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE K <sub>min</sub>				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA CALCULADO	CURVA CONVEXA REDONDEADO	CURVA CÓNCAVA CALCULADO	CURVA CÓNCAVA REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 <sup>(1)</sup>
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 <sup>(1)</sup>
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	99.0	99.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

La asignación de este valor tiene como finalidad garantizar unas mínimas condiciones de estética a las carreteras, y por consiguiente de comodidad para los usuarios.

Curva Cóncava	
Según Criterio de Seguridad	
Lmin	37.8298373 Longitud mínima de curva
A	5 Diferencia de pendientes
Dp	46.15283322 Distancia de Parada
h1	1.08 Altura del ojo del conductor
h2	0.6 Altura de obstaculo
K	7.56596746
Según Criterio de Operación	
Lmin	24 Longitud mínima de curva
Kmin	4.8
Según criterio de drenaje	
Kmax	50
Lmin	250 Longitud mínima de curva

## Anexo 29. Chequeo de Peraltes.

Datos	
Vch (km/h)	40
delta["]	32
Ancho calzada (m)	6
BN (%)	2
Transición	70% recta
	30% curva
amax (%)	6
Abs Pt	230.08
cota	1867 Eje de la vía en BN
Rmínimo (m)	43 Sacado de tabla
Pendiente	7%
Elementos	
Delta	32.6
Tangente	12.57408
Abs PC	217.50592
Lc	24.4690255
Abs PT	241.971945
g	3
bw	1 Tomado de tabla, numero de giros por carril
Delta S	0.96 Tomado de tabla, conociendo la velocidad de via
Delta Smin	0.3
efinal	6
eficial	0
L	18.75
N	6.25

Abscisas	Externo		Interno	
Abs emax	223.13092	6%	223.13092	-6.00%
Abs aplanamiento	204.38092	0%	204.38092	0.00%
abs BN	198.13092	-2%	198.13092	2.00%
abs invertido	210.63092	2%	210.63092	-2.00%
Abs emax 2	236.346945	6%	236.346945	-6.00%
Abs aplanamiento 2	255.096945	0%	255.096945	0.00%
Abs invertido 2	248.846945	2%	248.846945	-2.00%
Abs BN	261.346945	-2%	261.346945	2.00%
PC	217.50592	0.042	217.50592	-4.20%
PT	241.971945	0.042	241.971945	-4.20%

Cotas	
A'	1866.94
A	1867
BN	1866.94
B'	1867.3775
B	1867.4375
B"	1867.4375
C'	1867.815
C	1867.875
C"	1867.935
D'	1868.23025
D	1868.35625
D"	1868.48225
E'	1868.57
E	1868.75
E"	1868.93
F'	1869.49512
F	1869.67512
F"	1869.85512
G'	1869.94287
G	1870.06887
G"	1870.19487
H'	1869.5845
H	1869.6445
H"	1869.7045
I'	1864.082
I	1870.082
I"	1870.082
J'	1870.4595
J	1870.5195
J"	1870.4595

