



**MEJORAMIENTO DE LA VÍA: ALTO DEL OSO – CRUCERO
BUENOS AIRES – ALTO DEL CHINCHE, YOTOCO, VALLE
DEL CAUCA**

**VOLÚMEN XV
RESUMEN EJECUTIVO**

Iniciativa presentada por:
AGROCOLSA S.A. SOCIEDAD CIVIL, NIT 805.021.816-3
AGRÍCOLA COLOMBIANA S.A., NIT 890.315.430-6
PRODUCTORA NACIONAL AVÍCOLA S.A., NIT 890.321.213-9
ALIANZA FIDUCIARIA, NIT 860.531.315-3

Popayán noviembre de 2020

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | CONSIDERACIONES GENERALES | 1 |
| 2 | ANTECEDENTES | 2 |
| 3 | JUSTIFICACIÓN | 4 |
| 4 | ANÁLISIS DEL PROBLEMA | 6 |
| 4.1 | Descripción de la situación existente | 6 |
| 4.2 | Magnitud actual del problema | 6 |
| 4.3 | Causas Directas | 9 |
| 4.4 | Causas Indirectas | 10 |
| 4.5 | Efectos Directos | 10 |
| 4.6 | Efectos Indirectos | 10 |
| 5 | OBJETIVOS | 10 |
| 5.1 | Objetivo General - Propósito | 10 |
| 5.2 | Objetivo Específico Directo | 10 |
| 5.3 | Objetivos Específicos Indirectos | 10 |
| 6 | ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN | 11 |
| 6.1 | Análisis de la alternativa de solución | 11 |
| 6.2 | Volumen I Estudio de transporte, capacidad y niveles de servicio | 12 |
| 6.2.1 | Estaciones de Referencia Instituto Nacional de Vías | 12 |
| 6.2.2 | Morfología del Tramo en Estudio | 13 |
| 6.2.3 | Tráfico Actual | 13 |
| 6.2.4 | Tráfico Promedio Diario Ajustado | 14 |
| 6.2.5 | Tráfico Promedio Diario Proyectado al Período de Diseño | 15 |
| 6.2.6 | Cuantificación del tránsito en términos de ejes equivalentes | 15 |
| 6.2.6.1 | Determinación del Factor Daño para vehículos comerciales | 15 |
| 6.2.6.2 | Estimación del número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas en el carril de diseño | 16 |
| 6.2.6.3 | Determinación del espectro de cargas para diseño de pavimentos rígidos | 16 |
| 6.3 | Volumen II Estudio de trazado y diseño geométrico | 18 |
| 6.3.1 | Trabajos de Campo | 18 |
| 6.3.2 | Toma de Información Primaria | 18 |
| 6.3.3 | Diseño Geométrico en planta. | 18 |
| 6.3.4 | Diseño vertical. | 18 |
| 6.3.5 | Parámetros de diseño | 19 |
| 6.3.6 | Las Dimensiones de la Sección Transversal | 21 |
| 6.4 | Volumen III Estudio de Geología, Geotecnia y Estabilidad de Taludes | 25 |
| 6.4.1 | Geología Regional | 25 |
| 6.4.1.1 | Estratigrafía | 25 |
| 6.4.1.2 | Rocas intrusivas | 25 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 6.4.1.3 | Rocas Paleozoicas | 25 |
| 6.4.1.3.1 | Formación Volcánica (Kv) | 25 |
| 6.4.1.4 | Rocas Cenozoicas | 25 |
| 6.4.1.4.1 | Depósitos cuaternarios | 25 |
| 6.4.2 | Geología Estructural | 26 |
| 6.4.3 | Unidades De Geología Para Ingeniería | 26 |
| 6.4.3.1 | Unidades De Geología Para Ingeniería Y Diagnostico Geotécnico Del Corredor Vial | 27 |
| 6.4.4 | Geomorfología Local | 27 |
| 6.4.4.1 | Morfología y morfometría | 28 |
| 6.4.4.2 | Morfogénesis | 29 |
| 6.4.4.3 | Elementos geomorfológicos de origen antropogénico (A) | 29 |
| 6.4.4.3.1 | Corte vertical de ladera (Acvl) | 29 |
| 6.4.4.3.2 | Laderas explanadas (Ale) | 30 |
| 6.4.5 | Morfodinámica y procesos de erosión | 30 |
| 6.4.6 | Conclusiones Y Recomendaciones | 30 |
| 6.4.7 | Análisis De Estabilidad De Los Chaflanes | 31 |
| 6.4.8 | Conclusiones y Recomendaciones | 32 |
| 6.5 | Volumen IV Estudios de suelos para fundaciones de puentes, obras de drenaje y estructuras de contención | 34 |
| 6.5.1 | Unidades geológicas superficiales | 35 |
| 6.5.1.1 | Material de recebo (Sagarv) | 35 |
| 6.5.1.2 | Suelo transportado de depósitos aluviales (Stda) | 35 |
| 6.5.2 | CLIMA | 36 |
| 6.5.3 | AMENAZAS GEOLÓGICAS | 36 |
| 6.5.3.1 | Amenaza sísmica | 36 |
| 6.5.3.2 | Amenaza por fenómenos de remoción de masas | 36 |
| 6.5.4 | Amenaza Volcánica | 37 |
| 6.5.5 | SISMICIDAD | 37 |
| 6.5.6 | Trabajo de campo | 37 |
| 6.5.7 | ENSAYOS DE LABORATORIO | 38 |
| 6.5.8 | Análisis detallado de la subrasante | 39 |
| 6.5.8.1 | TRAMO N°1 (K0+205.45 al K1+525) | 39 |
| 6.5.8.2 | TRAMO N°2 (K1+750 al K2+370) | 40 |
| 6.5.8.3 | TRAMO N°3 (K3+090 al K5+921) | 41 |
| 6.5.9 | RESUMEN DEL CBR DE DISEÑO PARA CADA TRAMO | 42 |
| 6.5.10 | MÓDULO RESILIENTE DE LA SUB-RASANTE (MR) | 42 |
| 6.5.11 | CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE | 43 |
| 6.5.12 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 43 |
| 6.6 | Volumen V Estudio Geotécnico para Diseño del Pavimento | 45 |
| 6.6.1 | EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE | 45 |
| 6.6.1.1 | Determinación del módulo de reacción de la subrasante (K) | 46 |
| 6.6.2 | DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO | 46 |
| 6.6.2.1 | Espesor inicial del pavimento | 47 |
| 6.6.2.2 | Módulo de reacción de la subrasante y módulo combinado | 47 |
| 6.6.2.2.1 | Con sub-base granular | 47 |
| 6.6.2.2.1.1 | TRAMO N°1 (K0+205.45 al K1+525) y el N°3 (K3+090 al K5+921) | 47 |
| 6.6.2.2.1.2 | TRAMO N°2 (K3+090 al K5+921) | 47 |
| 6.6.2.3 | Transferencia de carga y soporte lateral | 48 |
| 6.6.2.4 | Módulo de rotura del concreto (MR) | 48 |
| 6.6.3 | CAPAS GRANULARES | 48 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 6.6.3.1 | SUB-BASE | 48 |
| 6.6.4 | RESULTADOS DEL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO | 49 |
| 6.6.4.1 | Método de la PCA: TRAMO N°1 (K0+205.45 al K1+525) y el N°3 (K3+090 al K5+921) | 49 |
| 6.6.4.2 | Método de la PCA: TRAMO N°2 (K1+750 al K2+370) | 50 |
| 6.6.5 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 51 |
| 6.6.5.1 | Recomendaciones para pavimento rígido | 53 |
| 6.7 | Volumen VI Estudio de Hidráulica, Hidrología y Socavación | 55 |
| 6.7.1 | ESTUDIO HIDROLÓGICO | 55 |
| 6.7.1.1 | Estaciones pluviométricas | 55 |
| 6.7.1.2 | Análisis de datos estaciones hidrológicas | 56 |
| 6.7.1.3 | Inventario de obras existentes | 57 |
| 6.7.2 | Bombeo | 57 |
| 6.7.3 | Cunetas | 57 |
| 6.7.4 | Alcantarillas | 59 |
| 6.7.4.1 | Parámetros de diseño | 61 |
| 6.7.4.2 | Box 1 K0+245.84 | 62 |
| 6.7.4.3 | Alcantarilla 1 K0+475 | 62 |
| 6.7.4.4 | Alcantarilla 2 K0+725 | 62 |
| 6.7.4.5 | Alcantarilla 3 K0+807 | 62 |
| 6.7.4.6 | Alcantarilla 4 K0+941 | 62 |
| 6.7.4.7 | Alcantarilla 5 K1+210 | 62 |
| 6.7.4.8 | Alcantarilla 6 K1+765 | 62 |
| 6.7.4.9 | Alcantarilla 7 K2+000 | 63 |
| 6.7.4.10 | Alcantarilla 8 K2+290 | 63 |
| 6.7.4.11 | Alcantarilla 9 K3+005 | 63 |
| 6.7.4.12 | Box 2 K3+110 | 63 |
| 6.7.4.13 | Alcantarilla 10 K3+370 | 63 |
| 6.7.4.14 | Alcantarilla 11 K3+736 | 63 |
| 6.7.4.15 | Alcantarilla 12 K3+915 | 63 |
| 6.7.4.16 | Box 3 K4+200 | 64 |
| 6.7.4.17 | Alcantarilla 13 K4+665 | 64 |
| 6.7.4.18 | Alcantarilla 14 K4+908 | 64 |
| 6.7.4.19 | Alcantarilla 15 K5+220 | 64 |
| 6.7.4.20 | Alcantarilla 16 K5+425 | 64 |
| 6.7.4.21 | Alcantarilla 17 K5+526 | 64 |
| 6.7.4.22 | Alcantarilla 18 K5+894 | 65 |
| 6.7.5 | Diseño cunetas | 65 |
| 6.7.6 | CONCLUSIONES | 65 |
| 6.8 | Volumen VII Estudio y Diseño de Estructuras | 67 |
| 6.9 | Volumen VIII Estudio componentes ambiental y social | 69 |
| 6.9.1 | MARCO NORMATIVO | 69 |
| 6.9.1.1 | Normas Constitucionales | 69 |
| 6.9.1.2 | Ley 99 de 1993 | 70 |
| 6.9.1.2.1 | Principio de Rigor Subsidiario. | 70 |
| 6.9.1.2.2 | Principio De Armonía Regional. | 70 |
| 6.9.1.2.3 | Principio de Gradación Normativa. | 71 |
| 6.9.1.2.4 | Principio de Precaución | 71 |
| 6.9.1.2.5 | Principio de Prevención | 71 |
| 6.9.1.2.6 | Principio de Participación Comunitaria. | 71 |
| 6.9.1.2.7 | Principio de Desarrollo Sostenible. | 71 |

| | | |
|---------------|---|------------|
| 6.9.1.2.8 | Utilización adecuada de los recursos económicos | 71 |
| 6.9.1.2.9 | Principio de Responsabilidad Ambiental | 71 |
| 6.9.1.3 | Licenciamiento Ambiental | 72 |
| 6.9.1.4 | Normas relacionadas con agua | 72 |
| 6.9.1.5 | Normas Relacionadas con Aire | 73 |
| 6.9.1.6 | Aprovechamiento forestal | 73 |
| 6.9.1.7 | Transporte, manejo y disposición de escombros y residuos sólidos | 74 |
| 6.9.1.8 | Intervención de cauces | 74 |
| 6.9.1.9 | Normas Territoriales | 74 |
| 6.9.2 | LÍNEA BASE AMBIENTAL | 75 |
| 6.9.2.1 | Área de Influencia Indirecta All | 75 |
| 6.9.2.2 | Área de influencia directa | 75 |
| 6.9.2.2.1 | Componente Abiótico | 76 |
| 6.9.2.2.1.1 | Climatología | 76 |
| 6.9.2.2.1.2 | Geología y geomorfología | 77 |
| 6.9.2.2.1.3 | Geología Regional | 78 |
| 6.9.2.2.1.3.1 | Estratigrafía | 78 |
| 6.9.2.2.1.3.2 | Rocas intrusivas | 79 |
| 6.9.2.2.1.3.3 | Rocas Paleozoicas | 79 |
| 6.9.2.2.1.3.4 | Formación Volcánica (Kv) | 79 |
| 6.9.2.2.1.3.5 | Rocas Cenozoicas | 79 |
| 6.9.2.2.1.3.6 | Depósitos cuaternarios | 79 |
| 6.9.2.2.1.4 | Geología Estructural | 79 |
| 6.9.2.2.1.5 | Unidades de Geología Para Ingeniería | 80 |
| 6.9.2.2.1.6 | Unidades de Geología para Ingeniería y Diagnostico Geotécnico del Corredor Vial | 81 |
| 6.9.2.2.1.6.1 | Unidades de origen depósitos antrópicos (Sa) | 82 |
| 6.9.2.2.1.6.2 | Material de recebo (Sagarv) | 82 |
| 6.9.2.2.1.6.3 | Unidades de origen derivadas de suelo transportado (St) | 83 |
| 6.9.2.2.1.6.4 | Suelo transportado de depósito aluvial (Stda) | 83 |
| 6.9.2.2.1.7 | Geomorfología Local | 86 |
| 6.9.2.2.1.8 | Morfología y morfometría | 87 |
| 6.9.2.2.1.8.1 | Morfogénesis | 89 |
| 6.9.2.2.1.8.2 | Elementos geomorfológicos de origen volcánico- denudacional (V) | 89 |
| 6.9.2.2.1.8.3 | Lomeríos bajos (VIb) | 89 |
| 6.9.2.2.1.8.4 | Lomeríos redondeados (VIr) | 90 |
| 6.9.2.2.1.8.5 | Superficie plana o sub- horizontal (Vsp) | 91 |
| 6.9.2.2.1.8.6 | Elementos geomorfológicos de origen antropogénico (A) | 92 |
| 6.9.2.2.1.8.7 | Corte vertical de ladera (Acvl) | 92 |
| 6.9.2.2.1.8.8 | Laderas explanadas (Ale) | 92 |
| 6.9.2.2.1.9 | Hidrografía | 94 |
| 6.9.2.2.2 | Componente Biótico | 95 |
| 6.9.2.2.3 | Zona de vida | 98 |
| 6.9.2.2.4 | Coberturas | 98 |
| 6.9.2.2.5 | Componente Social | 99 |
| 6.9.2.2.5.1 | Población | 100 |
| 6.9.2.2.5.2 | Economía | 100 |
| 6.9.2.2.5.3 | Servicio de aseo | 100 |
| 6.9.2.2.5.4 | Salud | 100 |
| 6.9.2.2.5.5 | Educación | 101 |
| 6.9.2.2.5.6 | Acueducto y alcantarillado | 101 |
| 6.9.2.2.6 | ÁREAS DE ESPECIAL SIGNIFICACIÓN AMBIENTAL. | 101 |
| 6.10 | Volumen IX Gestión Predial | 102 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 6.10.1 | Objetivos _____ | 102 |
| 6.10.1.1 | Objetivo General _____ | 102 |
| 6.10.1.2 | Objetivos Específicos _____ | 102 |
| 6.10.2 | Alcance _____ | 102 |
| 6.10.3 | Identificación predial _____ | 103 |
| 6.10.3.1 | Consulta geoportal igac _____ | 103 |
| 6.10.4 | Conclusiones _____ | 104 |
| 6.11 | Volumen X Estudio de Análisis y Gestión del Riesgo y Sostenibilidad _____ | 106 |
| 6.11.1 | Diagnóstico de Amenazas _____ | 106 |
| 6.11.2 | Resultados de la Valoración del Nivel de Riesgo del Proyecto _____ | 108 |
| 6.11.3 | Medidas de Intervención Asociadas a cada Escenario de Riesgo _____ | 109 |
| 6.11.3.1 | Riesgo asociado con fenómenos de origen tecnológico _____ | 109 |
| 6.11.3.2 | Riesgo asociado con fenómenos de origen meteorológico (avenidas torrenciales, vendavales) _____ | 109 |
| 6.11.3.3 | Riesgo asociado con vertimientos o derrames _____ | 110 |
| 6.11.4 | Preparación para la respuesta _____ | 110 |
| 6.11.4.1 | Generalidades - protocolos de emergencia y contingencia _____ | 110 |
| 6.11.4.1.1 | La Activación de la estructura organizacional para la respuesta. _____ | 110 |
| 6.11.5 | Articulación con los planes de emergencia municipal y sector de servicios públicos _____ | 111 |
| 6.11.5.1 | Responsabilidades _____ | 111 |
| 6.11.5.2 | Niveles de respuesta _____ | 111 |
| 6.11.5.3 | Equipos _____ | 111 |
| 6.11.5.4 | Entrenamiento y ejercicios _____ | 111 |
| 6.11.5.5 | Información al público _____ | 112 |
| 6.11.5.6 | Articulación con planes de emergencia municipal y sector de servicios públicos _____ | 112 |
| 6.12 | Volumen XII Estudio de cantidades de obra, costos y presupuesto _____ | 113 |
| 6.12.1 | Objetivos Generales _____ | 113 |
| 6.12.2 | Objetivos Específicos _____ | 113 |
| 6.12.3 | METODOLOGÍA _____ | 113 |
| 6.12.3.1 | Revisión de estudios e información primaria _____ | 113 |
| 6.12.3.2 | Definición de actividades y fuentes de material _____ | 113 |
| 6.12.3.3 | Zona de depósito _____ | 115 |
| 6.12.4 | Especificaciones Generales _____ | 116 |
| 6.12.4.1 | Análisis de precios Unitarios _____ | 116 |
| 6.12.4.2 | Cantidades de obra _____ | 117 |
| 6.12.5 | Presupuesto final _____ | 118 |

Listado de Tablas

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1 Tráfico Promedio Diario Modificado _____</i> | <i>14</i> |
| <i>Tabla 2 Tráfico Promedio Diario Modificado _____</i> | <i>14</i> |
| <i>Tabla 3 Distribución del tránsito (acumulado en los 20 años) _____</i> | <i>15</i> |
| <i>Tabla 4 Factores Daño _____</i> | <i>15</i> |
| <i>Tabla 5 Resumen Evaluación de la Variable Tránsito para Diseños de Pavimentos Flexibles _____</i> | <i>16</i> |
| <i>Tabla 6 Resumen Evaluación de la Variable Tránsito para Diseños de Pavimentos Rígidos. Fuente: Elaboración propia _____</i> | <i>17</i> |
| <i>Tabla 7 Requisitos establecidos por el Manual de Diseño de Carreteras _____</i> | <i>19</i> |
| <i>Tabla 8 Resumen de parámetros de diseño _____</i> | <i>21</i> |

| | |
|--|-----|
| Tabla 9 Unidades de geología para ingeniería | 27 |
| Tabla 10 Rangos de pendientes establecidos | 28 |
| Tabla 11 Elementos geomorfológicos del corredor vial | 29 |
| Tabla 12 Factores de seguridad básicos mínimos directos | 32 |
| Tabla 13 Tabla climática del municipio de Yotoco | 36 |
| Tabla 14 Coeficientes sísmicos del municipio de Yotoco | 37 |
| Tabla 15 Propiedades del suelo de color marrón y/o rojizo obtenido de los apiques realizados para el tramo N°1 | 39 |
| Tabla 16 Propiedades del suelo de color café oscuro obtenido de los apiques N°4 y 5 realizados para el tramo N°1 | 39 |
| Tabla 17 Propiedades del suelo de color marrón y/o rojizo obtenido de los apiques realizados para el tramo N°2 | 40 |
| Tabla 18 Propiedades del suelo de color marrón y/o rojizo obtenido de los apiques realizados para el tramo N°3 | 41 |
| Tabla 19 Propiedades del suelo de color café oscuro obtenido de los apiques N°12, 16 y 18 realizados para el tramo N°3 | 41 |
| Tabla 20 Valor de CBR de diseño adoptado para cada tramo | 42 |
| Tabla 21 Módulo resiliente de la subrasante natural para cada tramo de vía | 42 |
| Tabla 22 Clasificación de la subrasante de acuerdo a su resistencia | 43 |
| Tabla 23 Unidades de diseño del sector en estudio | 43 |
| Tabla 24 Valor de CBR de diseño adoptado para cada unidad de diseño | 43 |
| Tabla 25 Valores de CBR con inmersión para cada tramo | 45 |
| Tabla 26 Valor de CBR de diseño adoptado para cada unidad de diseño | 46 |
| Tabla 27 Módulo de reacción K de la subrasante para cada tramo de vía | 46 |
| Tabla 28 Requisitos de los agregados para sub-bases granulares | 48 |
| Tabla 29 Franjas granulométricas del material de sub-base granular | 49 |
| Tabla 30 Resultados de la modelación con MR-4.0 con bermas para los tramos N°1 y 3 | 49 |
| Tabla 31 Resultados de la modelación con MR-4.0 con bermas para el tramo N°2 | 50 |
| Tabla 32 Espesores de la estructura recomendada para cada tramo | 51 |
| Tabla 33 Estaciones pluviométricas e hidrológicas municipio del Yotoco, Departamento del Valle del Cauca | 56 |
| Tabla 34 Estructuras de drenaje en los tramos de intervención | 57 |
| Tabla 35 Velocidades Máximas permisibles de acuerdo con material de construcción | 60 |
| Tabla 36 Parámetros básicos de diseño drenajes existentes | 61 |
| Tabla 37. Tramos de cunetas a implementar | 65 |
| Tabla 38 Estación Pluviométrica | 76 |
| Tabla 39 Unidades litoestratigráficas asociadas al sector en estudio | 79 |
| Tabla 40 Unidades de geología para ingeniería | 82 |
| Tabla 41 Tabla de resumen de propiedades de la unidad geología para ingeniería Stda del tramo N°1 | 85 |
| Tabla 42 Tabla de resumen de propiedades de la unidad geología para ingeniería Stda del tramo N°2 | 86 |
| Tabla 43 Tabla de resumen de propiedades de la unidad geología para ingeniería Stda del tramo N°3 | 86 |
| Tabla 44 Rangos de pendientes establecidos | 87 |
| Tabla 45 Elementos geomorfológicos del corredor vial | 89 |
| Tabla 46 Especies de fauna en el sector. | 96 |
| Tabla 47 Especies de flora en el sector. | 97 |
| Tabla 48 Presencia de guadua en el sector. | 98 |
| Tabla 49 Fuentes de materiales | 114 |
| Tabla 50 Distancia Fuentes de Materiales | 115 |

Listado de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1 Sección Transversal Tipo a implementar | 24 |
| Figura 2 Sección transversal de vía - bombeo | 57 |
| Figura 3 Secciones típicas de cunetas | 58 |
| Figura 4 Sección cuneta tipo 1 | 59 |
| Figura 5 Sección tipo vía | 59 |
| Figura 6 AID | 75 |
| Figura 7 Estación Precipitación | 76 |
| Figura 8 Geología PBOT | 77 |
| Figura 9 Geología regional del sector en estudio | 78 |
| Figura 10 Principales estructuras del corredor vial en estudio | 80 |
| Figura 11 Mapa de pendientes para la vía, escala 1:50000 | 88 |
| Figura 12 Mapa de unidades geomorfológicas | 93 |
| Figura 13 Hidrología IGAC | 94 |
| Figura 14 Hidrología PBOT | 95 |
| Figura 15 Consulta tremarctos.org | 96 |
| Figura 16 Coberturas sobre el AID | 99 |
| Figura 17 Veredas del AID | 100 |
| Figura 18 Ubicación de la planta de Cachibí en Cali 72 km | 114 |
| Figura 19 Ubicación de la Cantera Moraltra Minera SAS 31 km | 114 |
| Figura 20 Ubicación de la Cantera Rumanía a 20.6 km | 115 |
| Figura 21 Ubicación de la Escombrera Presidente | 116 |

Listado de Ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Vehículo de Diseño | 21 |
| Ilustración 2 Sección Tipo recomendada para la Estructura en Placa Huella | 23 |
| Ilustración 3 Perfil geológico-geotécnico del suelo transportado de depósito aluvial (Stda) | 31 |
| Ilustración 4, Inclinación de talud recomendado para el suelo transportado de depósito aluvial | 32 |
| Ilustración 5, Análisis de estabilidad para las inclinaciones de talud recomendados para el suelo transportado de depósito aluvial | 32 |
| Ilustración 6 Amenaza por Movimientos de los tramos en estudio | 36 |
| Ilustración 7 Perfil estratigráfico deducido del tramo N°1 | 39 |
| Ilustración 8 Perfil estratigráfico deducido del tramo N°2 | 40 |
| Ilustración 9 Perfil estratigráfico deducido del tramo N°3 | 42 |
| Ilustración 10 Dimensionamiento de la estructura de pavimento rígido para los tramos N°1 y 3 (Dimensiones en cm) | 50 |
| Ilustración 11 Dimensionamiento de la estructura de pavimento rígido para el tramo N°2 | 50 |
| Ilustración 12 Recomendación de uso de geotextil para el K4+100 al K4+300 | 52 |

1 CONSIDERACIONES GENERALES

Contribución al Plan Nacional de Desarrollo

| | |
|------------------------|--|
| Plan | (2018-2022) Pacto por Colombia, pacto por la equidad. |
| Estrategia Transversal | 3016 - XVI. Pacto por la Descentralización: conectar territorios, gobiernos y poblaciones. |
| Línea | 301602 - 2. Estimular tanto la productividad como la equidad, a través de la conectividad y los vínculos entre la ciudad y el campo. |
| Programa | 2402 - Infraestructura red vial regional. |

Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial

| | |
|---|---|
| Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial | Plan de Desarrollo Departamental del Valle del Cauca 2020 - 2023: "Valle invencible". |
| Estrategia del Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial | Línea de acción 304. Conectividad y complementariedad regional desde y hacia los polos de desarrollo. |
| Programa del Plan Desarrollo Departamental o Sectorial | Infraestructura para el desarrollo, conectividad y competitividad. |

Plan de Desarrollo Distrital o Municipal

| | |
|---|--|
| Plan de Desarrollo Distrital o Municipal | Plan de Desarrollo Municipal de Yotoco Valle del Cauca 2020 - 2023: "Yotoco, un municipio de gestión y desarrollo para vivir mejor". |
| Estrategia del Plan de Desarrollo Distrital o Municipal | Línea estratégica 2: Fortalecimiento institucional, empleo, desarrollo sostenible y emprendimiento. |
| Programa del Plan desarrollo Distrital o Municipal | Infraestructura y servicios de logística de transporte. |

Dentro del enfoque del vigente Plan Departamental de Desarrollo "Valle invencible", se encuentra la línea de acción para la conectividad y complementariedad regional desde y hacia los polos de desarrollo, a través de la cual se busca potenciar la conectividad física y digital hacia la integración regional y cierre de brechas urbano-rurales, ampliación y mejoramiento de la infraestructura logística; mejoramiento de la red de vías secundarias y terciarias, complementado con sistemas multimodales para el fomento de la productividad y competitividad, entre otros aspectos.

igualmente, se resalta la división Subregional funcional del Departamento como una estrategia que contiene un conjunto de municipios cercanos y con características integradoras que permiten proponer estrategias concordantes al territorio.

Tal como se indicó, en el marco del Plan de Desarrollo el presente proyecto se enmarca en la línea de acción "CONECTIVIDAD Y COMPLEMENTARIEDAD REGIONAL DESDE Y HACIA LOS POLOS DE DESARROLLO", que contiene dentro sus programas el de INFRAESTRUCTURA PARA EL DESARROLLO, CONECTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD, y este su vez contiene el subprograma INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE PARA LA GENTE. El objetivo es Atender la infraestructura del transporte y la logística a cargo del Departamento, articulando los diferentes modos de transporte, para el cierre de brechas urbano - rurales, optimizando la productividad y competitividad.

En este sentido, y atendiendo el compromiso por trabajar mano a mano con las comunidades en el mejoramiento de sus condiciones económicas y sociales, resulta imprescindible acudir al esfuerzo de diferentes actores en atención a que los recursos disponibles de las administraciones municipales, departamentales y nacionales no son suficientes para dar respuesta a las innumerables necesidades.

Por ello la importancia de aprovechar mecanismos como el de obras por Impuestos que otorga la posibilidad a las empresas de pagar hasta el 50% de su impuesto sobre la renta a cargo, a través de la ejecución directa de proyectos de inversión a desarrollarse en las Zonas Más Afectadas por el Conflicto Armado – ZOMAC, que tengan por objeto la construcción, mejoramiento, optimización o ampliación de infraestructura y la dotación requerida para el suministro de servicios de energía, infraestructura vial, agua potable y alcantarillado, educación pública, y salud pública.

2 ANTECEDENTES

El Departamento del Valle del Cauca se ubica en la Región Pacífica de Colombia que está conformada por los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño. Limita al norte con Chocó y Risaralda, al este con Quindío y Tolima, al sur con Cauca y al oeste con Chocó y el océano Pacífico. El Valle del Cauca tiene una superficie de 22.140 Km², que equivalen a 2.214.000 Ha, con 42 municipios que se dividen en cuatro Subregiones Norte, Centro, Sur y Pacífico, y a su vez en ocho Microrregiones.

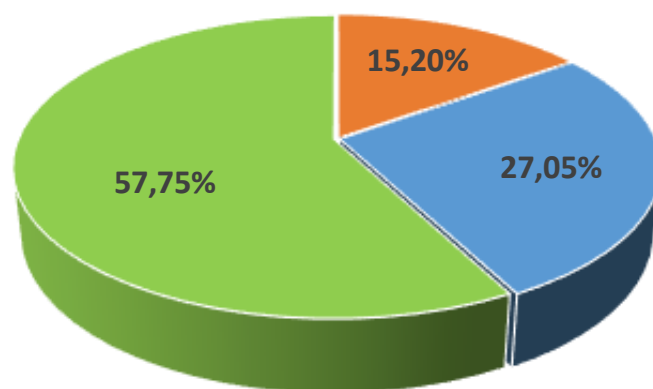
La subregión centro está dividida en tres, la Microrregión Centro - Sevilla - Caicedonia: Caicedonia y Sevilla, la Microrregión Centro-Tuluá: Trujillo, Bugalagrande, Riofrío, Andalucía, Tuluá y San Pedro; y la Microrregión Centro-Buga: Calima-El Darién, Yotoco, Guadalajara de Buga, Restrepo y Guacarí. Un factor importante de integración de estos municipios es la relación directa que tienen con el Río Cauca, a su vez, la vocación de transición de los municipios del Norte con los municipios del sur del Departamento, por medio del Río Cauca como principal elemento de enlace territorial. También, la conectividad transversal del Departamento en términos ambientales, de movilidad y transporte que tiene por objeto integrar a los municipios de Caicedonia y Sevilla.

El departamento del Valle del Cauca cuenta con una superficie total de 22.140 km², con una amplia infraestructura de transporte, para los modos terrestre carretero, férreo, aéreo, fluvial y marítimo. La red vial del Valle está constituida por 8.230 Km, de los cuales 735,18 Km están a cargo de la Nación. La red vial de Valle del Cauca tiene tres tipos de redes:

- La Red Principal: Se refiere a las troncales, transversales que integran las principales zonas de producción y de consumo del país.
 - La Troncal de Occidente margen derecha el Río Cauca (Carretera Panamericana)
 - La Troncal del Pacífico-margen izquierdo del Río Cauca (Carretera Panorama)
 - Cali-Loboguerrero-Buga
 - Cartago-Alcalá
 - Ansermanuevo Cartago
 - La Paila-El Alumbrado
 - Palmira-Pradera-Florida

- La Red Secundaria: Son vías que unen cabeceras municipales entre si y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una principal.
- La Red Terciaria: Son vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas, o unen veredas entre sí.

| RED VIAL DEL DEPARTAMENTO | | |
|---------------------------|----------------|----------------|
| DESCRIPCIÓN | KM | % |
| RED NACIONAL | 1251,30 | 15,20% |
| RED DEPARTAMENTAL | 2226,00 | 27,05% |
| RED MUNICIPAL | 4752,70 | 57,75% |
| TOTAL | 8230,00 | 100,00% |



■ RED NACIONAL ■ RED DEPARTAMENTAL ■ RED MUNICIPAL

GOBERNACIÓN DEL VALLE DEL CAUCA

La red vial del Valle del Cauca está constituida por un total de 8.230 kilómetros. La Gobernación tiene a cargo 904 km de vías secundarias y 1321,24 km de vías terciarias, según el diagnóstico del Conpes 3541. El mismo documento plantea que el 42,3% de estas vías se encuentran pavimentadas (el 30 % están en buen estado, mientras que el restante 70% están estado regular o malo). El otro 57,7 % de las carreteras secundarias y terciarias del departamento se encuentran en estado afirmado.

Yotoco, como municipio ubicado en la subregión del centro del Valle del Cauca, es un eje articulador de la dinámica del comercio internacional, en el marco de la Modernización del corredor vial Buga – Buenaventura, asociado a las grandes oportunidades de Macro proyectos para el Sur - Occidente como el Puerto Seco, la Recuperación y Manejo de la Cuenca del Río Cauca, la Zona Especial Portuaria de Buenaventura.

El municipio de Yotoco cuenta con una red vial interveredal de 84.5 km, de las cuales hay pavimentados tan solo 7 km; lo cual dificulta la articulación y movilización de los productos agrícolas

para su comercialización ya sea en el casco urbano o hacia otros centros de comercio como los Municipios de Restrepo, Buga, Tuluá, Buenaventura, Yumbo y Cali, entre otros.

El presente proyecto se ubica en la zona occidental del municipio de Yotoco, en el Corregimiento del Dorado y la Vereda Cordobitas, este corredor se comunica con el municipio de Restrepo y también se comunica desde el cruceo Buenos Aires con la Cabecera Municipal de Yotoco.

Las intervenciones realizadas a la red terciaria, básicamente corresponden a actividades de mantenimiento periódico con recursos del municipio y/o convenios con el departamento del Valle del Cauca. Se han identificado múltiples factores que impiden la adecuada atención de la red vial a cargo: los recursos financieros disponibles anualmente no son suficientes para cumplir con el plan de acción de atención de la red vial; escasos de recurso humano en el área de infraestructura vial; el equipo y la maquinaria con que cuenta el municipio no es suficiente para atender la extensa red vial a cargo, como tampoco para atender eventos de emergencia simultáneos; los fuertes periodos invernales que ocasionan emergencias por cierres parciales o totales en la red vial a cargo.

Ante los limitados recursos se presentan alternativas de desarrollo más rápidas como el mecanismo de Obras por Impuestos adoptado con la Reforma Tributaria de 2016, en el cual se permite a las empresas el pago del impuesto de renta y complementario mediante la ejecución de inversiones en proyectos de trascendencia social en las ZOMAC.

Siendo Yotoco uno de los Municipios ubicados en las Zonas más Afectadas por el Conflicto Armado, se busca incentivar a los empresarios de la región. Es por ello que se busca enfocar esfuerzos en la estructuración de proyectos de inversión que permitan la financiación de estudios y diseños y posteriormente la construcción de obras para mejorar la interconexión vial, así como la rehabilitación, mejoramiento o pavimentación de los ejes viales estratégicos de acuerdo al estado de su capa de rodadura y orden de prioridades para su intervención. En este sentido, la vía Alto del Oso - Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche, objeto del presente proyecto es un eje vial estratégico para el desarrollo del Municipio de Yotoco, tal como lo indica el señor Alcalde Municipal mediante certificación que se adjunta.

3 JUSTIFICACIÓN

El Departamento del Valle del Cauca apuesta para que la subregión centro, región en donde se ubica el Municipio de Yotoco, se consolide como nodo logístico, consolidando su vocación comercial, de servicios turísticos, agroambiental y agroindustrial. Igualmente, busca promover un eje ambiental-turístico que conecte todas las zonas productivas y de interés ambiental y cultural; en razón al considerar que la subregión centro tiene la vocación de transición de los municipios del norte del Valle con los municipios del sur del departamento.

En este propósito, las redes viales resultan indispensables. Lamentablemente, persisten regiones incomunicadas y extensas partes de las redes se deterioran hasta el punto que es imposible su transitabilidad obstaculizando la conectividad que deben brindar y ocasionando innumerables problemas a la comunidad que requiere de este medio para mejorar sus condiciones de vida, especialmente en el campo de la salud, la educación y el transporte. Muchas redes viales se encuentran en una condición muy por debajo de los niveles de servicio deseados y convenientes con graves consecuencias que significan pérdidas anuales debidas a sobrecostos de operación vehicular y reconstrucciones viales que hubieran podido evitarse; además, este

monto puede aumentar significativamente debido a perjuicios indirectos por pérdidas de producción, desincentivos a la inversión y accidentes adicionales.

Lo que se pretende con el presente proyecto es adelantar los estudios y diseños de los sectores no pavimentados de la vía Alto del oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche que tiene una longitud total de 5.9Km de los cuales 4.7Km corresponden a los sectores no pavimentados, vía estratégica para la conectividad del municipio de Yotoco y del departamento; estudios que permitan a corto plazo realizar una inversión en infraestructura vial con las adecuadas especificaciones técnicas que produzca una mejora en la calidad de vida de los hogares asentados a lado y lado de la vía y de esta manera reducir la vulnerabilidad de dicha población, generando desarrollo para la región y para el departamento en general.

Se encuentra plena justificación al observar que el 57,7% de la red vial a cargo del departamento se encuentra en afirmado y el 92% de la red vial interveredal de Yotoco también se encuentra en afirmado lo que dificulta la accesibilidad, la transitabilidad y la movilidad, generando sobrecostos en la operación vehicular, dificultad en la circulación de personas y productos e impacta negativamente en la productividad, competitividad departamental y principalmente en la calidad de vida de la población del sector.

Se hace necesario resaltar en este aparte que las comunidades del Departamento, no tienen acceso a recursos para invertir en mejoramiento en infraestructura vial de su región, frente a recursos limitados de los entes territoriales, situación que ha permitido plantear el aprovechamiento de mecanismos como el de obras por impuestos como una estrategia para buscar otras fuentes de financiación que permitan dar solución a la problemática existente.

Yotoco es uno de los Municipios que hace parte de las Zonas más Afectadas por el Conflicto – ZOMAC – en el país, que se beneficiará de estímulos a la inversión y que hoy requiere más desarrollo y progreso. De este modo a través de la iniciativa de la empresa privada se pretende gestionar los estudios y diseños para financiar obras de infraestructura en la zona rural del municipio de Yotoco y se ha identificado la vía Alto del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche, en atención a la dificultad que hoy presenta para el acceso y transitabilidad de vehículos y personas, ocasionado por el deficiente o nulo mantenimiento de la superficie, situación que se acrecienta y se vuelve casi nula su transitabilidad en épocas de invierno.

El propósito es asegurar el acceso a los servicios sociales, reducir los índices de accidentabilidad, mejorar la movilidad de vehículos y personas, mejorar el comercio, promover el desarrollo de la agroindustria y mejorar las comunicaciones en general. Por ello, los ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO VÍA ALTO DEL OSO - CRUCERO BUENOS AIRES - ALTO DEL CHINCHE, YOTOCO, VALLE DEL CAUCA se convierten en una prioridad, toda vez que esta contribuye sustancialmente al fortalecimiento de las condiciones antes descritas para toda esta zona; de igual modo, los estudios y diseños de ingeniería permitirán conocer las características de pertinencia, viabilidad técnica, sostenibilidad, impacto de la realización del mejoramiento del sector vial indicado.

Para la administración municipal de Yotoco el proyecto ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO VÍA ALTO DEL OSO - CRUCERO BUENOS AIRES - ALTO DEL CHINCHE, YOTOCO, VALLE DEL CAUCA, es estratégico para el desarrollo del Municipio y guarda concordancia con el Plan de Desarrollo “Yotoco un Municipio de gestión y desarrollo para vivir mejor 2020-2023”.

4 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

En el análisis realizado, se identificó el principal factor que afecta de manera negativa a la comunidad del corregimiento del Dorado, que se encuentra asentada a lado y lado del corredor vial que conecta a la comunidad con las veredas Cordobitas, Muñecos y Buenos Aires: *difíciles condiciones de acceso y transitabilidad de la población sobre la vía Alto del Oso - Crucero Buenos Aires - Alto del Chinche, en la zona rural del Municipio de Yotoco, Valle del Cauca.*

4.1 Descripción de la situación existente

La red vial a cargo del departamento del Valle del Cauca es de 1313,7 kilómetros, desagregados en 4 vías de primer orden, 64 vías de segundo orden y 4 de tercer orden. Las características físicas de dicha red vial son las siguientes: 356,5 Km son considerados como buenos, 653,99 Km están en un estado regular, 212,37 Km están catalogados como malos, 40,48 Km están en pésimo estado y finalmente 50,43 Km están de forma intransitable. De la red vial a cargo del Departamento del Valle del Cauca, en el Municipio de Yotoco, zona rural, se encuentran 156,37 km, de los cuales 32,60 km se encuentran en buen estado, 35,41 km en regular estado y 31,99 km en mal estado.

Específicamente, en el municipio de Yotoco, en el Corregimiento del Dorado, la vía Alto del Oso - Crucero Buenos Aires - Alto del Chinche con una longitud de 5.9 km cuenta con 4.7 km no pavimentados del total de la longitud distribuidos en las siguientes abscisas K0+205-K1+525, K1+740-K2+370 y K3+090-K5+923; Estos 4.7 km se encuentran en una superficie de rodadura en afirmado en regular estado, sin mantenimiento y no se dispone de estudios y diseños que permitan ejecutar las obras para mejorar la vía.

Los 4.7 km no pavimentados tienen un ancho variable entre 4 m y 6 m. El avanzado deterioro de estos sectores presentan baches profundos por la falta de mantenimiento, carencia de obras de drenaje y especificaciones técnicas que no permiten brindar seguridad y comodidad a los usuarios de la vía.

Estas difíciles condiciones de acceso y transitabilidad sobre la vía afectan el desarrollo productivo, económico y social de la región, principalmente a la población de la zona rural de Yotoco y la comunicación con otros municipios como Restrepo y Vijes.

4.2 Magnitud actual del problema

- Kilómetros de vía sin estudios técnicos especializados: 4,7 km de longitud ubicados en las siguientes abscisas K0+205-K1+525, K1+740-K2+370 y K3+090-K5+923 de la vía Alto del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche.

- Número de tramos viales: 1

Condición actual de la vía Alto del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche, en el Municipio de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca:

La vía **Alto del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche**, actualmente presenta un tipo de superficie que está compuesta en su mayoría por afirmado en regular estado de conservación, con pérdida de material granular, ondulaciones, ahuellamiento, surcos de erosión, y no posee señalización.

Iniciativa presentada por:
AGROCOLSA S.A. SOCIEDAD CIVIL, NIT 805.021.816-3
AGRÍCOLA COLOMBIANA S.A., NIT 890.315.430-6
PRODUCTORA NACIONAL AVÍCOLA S.A., NIT 890.321.213-9
ALIANZA FIDUCIARIA, NIT 860.531.315-3

MEJORAMIENTO DE LA VÍA
ALTO DEL OSO - CRUCERO BUENOS AIRES - ALTO DEL
CHINCHE
YOTOCO, VALLE DEL CAUCA



Iniciativa presentada por:
AGROCOLSA S.A. SOCIEDAD CIVIL, NIT 805.021.816-3
AGRÍCOLA COLOMBIANA S.A., NIT 890.315.430-6
PRODUCTORA NACIONAL AVÍCOLA S.A., NIT 890.321.213-9
ALIANZA FIDUCIARIA, NIT 860.531.315-3

MEJORAMIENTO DE LA VÍA
ALTO DEL OSO - CRUCERO BUENOS AIRES - ALTO DEL
CHINCHE
YOTOCO, VALLE DEL CAUCA





4.3 Causas Directas

- Inexistencia de estudios y diseños de ingeniería de detalle para el mejoramiento de la vía Alto del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del chinche, municipio Yotoco, Valle del Cauca.

Igualmente se presentan situaciones que de forma indirecta convergen o contribuyen a agravar la realidad descrita, a continuación, se describen algunos de estos:

4.4 Causas Indirectas

- Escasos recursos técnicos, operativos y financieros departamentales y municipales para pre-inversión, inversión, operación y mantenimiento de la red vial de tercer orden.
- Deficiente o nulo programa de mantenimiento preventivo y rutinario.
- Malas condiciones físicas de la vía, con alto deterioro de la capa de rodadura y drenaje superficial deficiente.

En suma, las diferentes situaciones descritas anteriormente desencadenan circunstancias negativas que se hacen visibles en el empeoramiento de las condiciones de vida de la población, expresadas básicamente en los siguientes aspectos:

4.5 Efectos Directos

- Dificultad en la movilidad.
- Aumento en los tiempos de desplazamiento.
- Inseguridad vial.

4.6 Efectos Indirectos

- Inoportuno acceso a servicios médicos, educativos y sociales.
- Baja comercialización de productos.
- Incremento en los costos de transporte de pasajeros y carga en la zona.
- Alto riesgo de accidentalidad en algunos sectores de la vía.

Las situaciones negativas mencionadas se traducen en la afectación al bienestar de las comunidades, donde el mal estado de la vía vulnera el normal desarrollo de sus actividades cotidianas afectando progresivamente sus condiciones de vida.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo General - Propósito

Mejorar las condiciones de acceso y transitabilidad de la población sobre la vía Alto del Oso - Crucero Buenos Aires - Alto del Chinche, en la zona rural del Municipio de Yotoco, Valle del Cauca

5.2 Objetivo Específico Directo

- Elaborar estudios y diseños de ingeniería de detalle para el mejoramiento de la vía Alto del oso - Crucero Buenos Aires - Alto del Chinche, Municipio de Yotoco, Valle del Cauca

5.3 Objetivos Específicos Indirectos

- Gestionar recursos técnicos, operativos y financieros departamentales y municipales para pre-inversión, inversión, operación y mantenimiento de la red vial de tercer orden.
- Fortalecer el programa de mantenimiento preventivo y rutinario de infraestructura vial.

- Gestionar recursos para el mejoramiento de las condiciones físicas de la vía y la construcción de obras de drenaje.

En general, al ejecutar los estudios y diseños se podrá en el corto plazo gestionar los recursos necesarios para mejoramiento de la vía: Alto del oso - Crucero Buenos Aires - Alto del Chinche, Yotoco, Valle del Cauca y con ello lograr un mejor desarrollo en los diferentes aspectos del orden social y económico, generando así bienestar de las diferentes comunidades del sector.

6 ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

En este aparte se busca consolidar acciones que se enfoquen en generar mejores condiciones para el normal flujo de vehículos, personas y bienes, por lo que se plantea como solución al problema: *estudios y diseños para el mejoramiento de la vía Alto del Oso - Crucero Buenos Aires - Alto del Chinche, en la zona rural del Municipio de Yotoco, Valle Del Cauca.*

6.1 Análisis de la alternativa de solución

Elaborar los estudios y diseños de ingeniería de los sectores no pavimentados de la vía Alto del oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche que tiene una longitud total de 5.9 km de los cuales 4.7 km corresponden a los sectores no pavimentados:

Los documentos que hacen parte del Estudio son los siguientes:

1. Volumen I Estudio de transporte, capacidad y niveles de servicio
2. Volumen II Estudio de trazado y diseño geométrico
3. Volumen III Estudio de geología
4. Volumen IV Estudios de suelos para fundaciones de puentes, obras de drenaje y estructuras de contención
5. Volumen V Estudio de estabilidad y estabilización de taludes, terraplenes, y zonas de disposición de materiales
6. Volumen VI Estudio geotécnico para diseño del pavimento
7. Volumen VII Estudio de hidráulica, hidrología y socavación
8. Volumen VIII Estudio y diseño de estructuras
9. Volumen IX Estudio y diseño de urbanismo y paisajismo
10. Volumen X Estudio componentes ambiental y social
11. Volumen XI Gestión predial
12. Volumen XII Estudio de análisis y gestión del riesgo y sostenibilidad
13. Volumen XIII Estudio de evaluación económica y financiera del proyecto (MGA)
14. Volumen XIV Estudio de cantidades de obra, costos y presupuesto,
15. Volumen XV Informe final. Resumen

6.2 Volumen I Estudio de transporte, capacidad y niveles de servicio

Entendiendo que el objetivo general de la evaluación del tránsito para un proyecto lineal de mejoramiento es promover una mejor movilidad mediante la implementación de tratamiento del corredor existente con obras de infraestructura que mejoran las condiciones generales, aportando superficies regulares de circulación, condiciones adecuadas de visibilidad y pendiente, así como óptimas de drenaje y subdrenaje.

El estudio de tránsito permitirá determinar las características del tráfico vehicular existente y proyectar conservadoramente sus incrementos en el tiempo, de tal suerte que puedan proyectarse las intervenciones para la duración específica de periodos de vida útil de funcionamiento del proyecto en condiciones óptimas.

Las determinaciones del tránsito están directamente relacionadas con la futura estructura del pavimento a implementar en el proyecto, definiendo los requerimientos estructurales a que va a ser sometida durante todo su periodo de funcionamiento; y de la misma manera actúa como factor determinante para la definición de parámetros mínimos del diseño geométrico que completará la definición de criterios de mejoramiento para mejorar la movilidad general en el tramo de estudio.

Considerando que el tramo en estudio tiene un acceso principal ubicado sobre la vía Loboguerrero→Mediacanoa, avanzando hacia el suroccidente, llegando al cruce buenos aires y desviando hacia el alto del chinche, se verifica que con una sola estación de conteo es posible identificar y medir las características requeridas. Esta estación se establece en el sitio conocido localmente como “muñecos”, ubicado aproximadamente en la mitad de la longitud involucrada en el estudio.

Desde este punto se llevan a cabo conteos manuales durante cinco días de la semana, uno de los cuales corresponde, por información verificada localmente, al día de mayor circulación vehicular por ser un día de mercado y de alta actividad para la comunidad local.

Los conteos se adelantaron por periodos de 12 horas, iniciando a las 6:00 AM y concluyendo a las 6:00 PM de los cinco días de estudio. Información tomada y clasificada de acuerdo con el tipo de vehículo, haciendo la diferencia entre vehículos livianos, buses y camiones; clasificando igualmente estos últimos según el número de ejes, de tal forma que se pudo caracterizar, desde el punto de vista del tráfico, el corredor en estudio. El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede apreciar la ubicación de la estación de aforo en relación con la distribución general del tramo en estudio.

6.2.1 Estaciones de Referencia Instituto Nacional de Vías

El Instituto Nacional de Vías considera una serie de estaciones en cada uno de los tramos de la red vial a su cargo, en los cuales de manera regular hace aforos vehiculares a fin de caracterizar y cuantificar el tráfico promedio diario que circula por su red.

Para efectos de análisis en la zona de proyecto, se cuenta como referencia con tres estaciones de aforo en la zona pertenecientes al Instituto Nacional de Vías:

- Estación 270 Vives-Medicacanoa, Código de Vía 2301
- Estación 271 Loboguerrero-Medicacanoa, Código de Vía 4001
- Estación Medicacanoa-Buga, Código de Vía 2301

Es posible verificar de cada una de ellas un comportamiento irregular de variación en los resultados año a año, lo que no permite estandarizar un comportamiento futuro a partir de la información de cada una de ellas, siendo la estación 271 Loboguerrero-Mediacaño la de comportamiento aproximadamente regular que permitiera establecer algún parámetro para tener en cuenta.

El análisis gráfico del comportamiento de las estaciones seleccionadas y las más cercanas a la zona de estudio, muestra con claridad que no se presenta un comportamiento regular con variaciones estables en el actuar vehicular.

Con la información acotada por las estaciones tomadas de referencia, los factores de correlación de diferentes análisis matemáticos indican un valor bastante bajo e irregular, salvo el comportamiento Potencial en la estación Loboguerrero-Mediacaño.

En consecuencia, de los dos análisis llevados a cabo con la información disponible, se adopta conservadora como Tasa de Crecimiento para el tráfico analizado, la tasa de crecimiento reportada por el DANE de 3.5% que se ha mantenido de manera regular en el Valle del Cauca según los reportes históricos de la entidad.

6.2.2 Morfología del Tramo en Estudio

Es importante señalar que el tramo en estudio se encuentra inmerso en un sector de vía que ya ha tenido intervenciones previas y que avanza en fases a completarse con estructura a nivel de pavimento. Tomando como referencia el punto de salida desde la vía Loboguerrero-Mediacaño, la vía se distribuye de la siguiente manera:

1. K0+000 al K0+205 Calzada sencilla vía en Placa Huella
2. **K0+205 Inicia Tramo de Estudio**
3. K0+205 al K1+525 Calzada sencilla en afirmado
4. K1+525 al K1+740 Calzada sencilla en Placa Huella
5. K1+740 al K2+175 Calzada sencilla en Afirmado
6. K2+175 al K3+090 Calzada en Placa Huella un tramo y Pavimento Flexible el final
7. K3+090 al K5+923 Calzada sencilla en Afirmado
8. **K5+923 Termina Tramo en Estudio**

6.2.3 Tráfico Actual

Los métodos para el diseño de pavimentos para vías de tránsito bajo a medio, consideran la variable tránsito en términos de repeticiones de ejes patrones de diseño, generalmente ejes sencillos de 8.2 toneladas, cuya valoración con cierto grado de confiabilidad exige el conocimiento de la magnitud de las cargas pesadas circulantes, a efectos de establecer su respectiva equivalencia con el eje patrón de diseño.

Debido a que las vías en estudio corresponden a bajo tránsito, la proyección del tránsito se expresará en función de los vehículos pesados que circulen por la misma. Complementariamente se calculará el espectro de carga respectivo.

| HORA INICIAL | HORA FINAL | AUTOS | | BUSES | | BUSETAS | | MOTOS | | CAMIONES | | | | | | | TOTAL | | | | | |
|--------------|------------|-------|----|-------|---|---------|---|-------|-----|----------|----|---|---|---|---|---|-------|---|---|---|----|----|
| | | → | ← | → | ← | → | ← | → | ← | → | ← | → | ← | → | ← | → | ← | → | | | | |
| 6:00:00 AM | 7:00:00 AM | 13 | 11 | | | 1 | 2 | 123 | 128 | 5 | 13 | | 4 | | | | 1 | 2 | 1 | 2 | 21 | 34 |
| 7:00:00 AM | 8:00:00 AM | 3 | 1 | | | 1 | | 25 | 32 | | 2 | 3 | 2 | | 1 | | | | | | 7 | 6 |

| HORA INICIAL | HORA FINAL | AUTOS | | BUSES | | BUSETAS | | MOTOS | | CAMIONES | | | | | | | | TOTAL | | | | |
|---------------------|-------------|---------------|------------|-------|---|--------------|------------|-------------|-------------|---------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|---|--------------|------------|--------------|------------|------------|------------|
| | | → | ← | → | ← | → | ← | → | ← | → | ← | → | ← | → | ← | → | ← | → | ← | | | |
| 8:00:00 AM | 9:00:00 AM | 19 | 22 | | | | | 129 | 117 | 11 | 11 | 2 | 5 | | | 1 | 1 | 1 | | 34 | 39 | |
| 9:00:00 AM | 10:00:00 AM | 2 | 3 | | | | | 33 | 15 | 6 | 4 | 2 | | 1 | | | | | | 11 | 7 | |
| 10:00:00 AM | 11:00:00 AM | 22 | 18 | | | | | 134 | 96 | 10 | 7 | 3 | 4 | | | | 2 | | | 35 | 31 | |
| 11:00:00 AM | 12:00:00 PM | 9 | 4 | | | | | 21 | 16 | 3 | 3 | 1 | | 1 | | | | | | 13 | 8 | |
| 12:00:00 PM | 1:00:00 PM | 23 | 29 | | | | | 147 | 133 | 9 | 10 | 3 | 5 | | | 1 | 1 | | | 36 | 45 | |
| 1:00:00 PM | 2:00:00 PM | 7 | 5 | | | 1 | 1 | 28 | 10 | 4 | | 2 | | 1 | | | | | | 15 | 6 | |
| 2:00:00 PM | 3:00:00 PM | 26 | 22 | | | 1 | 1 | 162 | 159 | 14 | 13 | 3 | 3 | 1 | | 2 | | | 1 | 46 | 41 | |
| 3:00:00 PM | 4:00:00 PM | 4 | 4 | | | | | 33 | 39 | | | 2 | | 1 | | 1 | | | | 5 | 7 | |
| 4:00:00 PM | 5:00:00 PM | 45 | 23 | | | 1 | 1 | 202 | 205 | 8 | 7 | 5 | 1 | 1 | | | | 1 | | 61 | 32 | |
| 5:00:00 PM | 6:00:00 PM | 3 | 3 | | | | | 42 | 35 | 3 | | | | | | | | | | 6 | 3 | |
| 6:00:00 PM | 7:00:00 PM | 11 | 13 | | | | | 50 | 46 | | | | | | | | | | | 11 | 13 | |
| SUBTOTAL | | 187 | 158 | | | 5 | 5 | 1129 | 1031 | 73 | 72 | 24 | 25 | 3 | 3 | | 6 | 6 | 3 | 3 | 301 | 272 |
| DISTRIBUCIÓN | | 54% | 46% | | | 50% | 50% | 50% | 46% | 50% | 49% | 50% | 52% | 50% | 50% | | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 45% |
| TOTAL | | 345 | | | | 10 | | 2258 | | 146 | | 48 | | 6 | | | 12 | | 6 | | 602 | |
| PROMEDIO | | 38 | 32 | | | 1 | 1 | 226 | 207 | 15 | 15 | 5 | 5 | 1 | 1 | | 2 | 2 | 1 | 1 | 61 | 55 |
| TPD | | 38 | | | | 1 | | 226 | | 15 | | 5 | | 1 | | | 2 | | 1 | | 63 | |
| COMPOSICIÓN | | 60.32% | | | | 1.59% | | | | 23.81% | | 7.94% | | 1.59% | | | 3.17% | | 1.59% | | | |

6.2.4 Tráfico Promedio Diario Ajustado

Teniendo en consideración los apartados anteriores, los porcentajes seleccionados se aplican a la estimación actual del tráfico arrojando la siguiente evaluación:

Tabla 1 Tráfico Promedio Diario Modificado

| TRANSITO PROMEDIO DIARIO (TPD) MODIFICADO | | | | | | | | | | | |
|---|-------|--------|-------|---------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | AÑO | AUTOS | BUSES | BUSETAS | CAMIONES | | | | | | TPD TOTAL |
| | | | | | C2P | C2G | C3 | C4 | C5 | > C5 | |
| TPD | 2020 | 38 | 0 | 1 | 15 | 5 | 1 | 0 | 2 | 1 | 63 |
| COMPOSICIÓN | | 60.32% | 0.00% | 1.59% | 23.81% | 7.94% | 1.59% | 0.00% | 3.17% | 1.59% | |
| CRECIMIENTO | 3.50% | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| ATRAÍDO | 0.75% | 19 | 0 | 2 | 9 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 36 |
| GENERADO | 3.50% | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| ALTERNABILIDAD | 0.00% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| COND. LOCALES | 0.00% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CREC.NORM. TRANSITO | 3.50% | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Tabla 2 Tráfico Promedio Diario Modificado

| TRANSITO PROMEDIO DIARIO (TPD) ACTUAL | | | | | | | | | | | |
|--|------|--------|-------|---------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 0.035 CRECIMIENTO, 0.035 ATRAÍDO, 0.035 GENERADO, 0 ALTERNABILIDAD, 0 COND. LOCALES, 0.035 CREC.NORM. TRANSITO | | | | | | | | | | | |
| | AÑO | AUTOS | BUSES | BUSETAS | CAMIONES | | | | | | TPD TOTAL |
| | | | | | C2P | C2G | C3 | C4 | C5 | > C5 | |
| TPD | 2020 | 61 | 0 | 3 | 26 | 8 | 2 | 0 | 3 | 2 | 105 |
| COMPOSICIÓN | | 56.33% | 0.00% | 3.97% | 24.98% | 8.03% | 1.78% | 0.00% | 3.13% | 1.78% | |

6.2.5 Tráfico Promedio Diario Proyectado al Período de Diseño

Tabla 3 Distribución del tránsito (acumulado en los 20 años)

| No. AÑOS PERIODO DE DISEÑO (n) | AÑO | AUTOS | | BUSES | | CAMIONES | | | | | | | TPD TOTAL (*) |
|--------------------------------|------|-------|-----|-------|-----|----------|-----|-----|----|----|----|------|---------------|
| | | TASA | TPD | TASA | TPD | TASA | C2P | C2G | C3 | C4 | C5 | > C5 | |
| | 2020 | | 61 | | 3 | | 26 | 8 | 2 | 0 | 3 | 2 | 105 |
| 1 | 2021 | 3.5% | 63 | 3.5% | 3 | 3.5% | 27 | 9 | 2 | 0 | 3 | 2 | 109 |
| 2 | 2022 | 3.5% | 65 | 3.5% | 3 | 3.5% | 28 | 9 | 2 | 0 | 3 | 2 | 113 |
| 3 | 2023 | 3.5% | 67 | 3.5% | 3 | 3.5% | 29 | 9 | 2 | 0 | 3 | 2 | 117 |
| 4 | 2024 | 3.5% | 70 | 3.5% | 4 | 3.5% | 30 | 10 | 2 | 0 | 4 | 2 | 121 |
| 5 | 2025 | 3.5% | 72 | 3.5% | 4 | 3.5% | 31 | 10 | 2 | 0 | 4 | 2 | 125 |
| 6 | 2026 | 3.5% | 75 | 3.5% | 4 | 3.5% | 32 | 10 | 3 | 0 | 4 | 3 | 130 |
| 7 | 2027 | 3.5% | 77 | 3.5% | 4 | 3.5% | 33 | 11 | 3 | 0 | 4 | 3 | 134 |
| 8 | 2028 | 3.5% | 80 | 3.5% | 4 | 3.5% | 34 | 11 | 3 | 0 | 4 | 3 | 139 |
| 9 | 2029 | 3.5% | 83 | 3.5% | 4 | 3.5% | 36 | 11 | 3 | 0 | 4 | 3 | 144 |
| 10 | 2030 | 3.5% | 86 | 3.5% | 4 | 3.5% | 37 | 12 | 3 | 0 | 4 | 3 | 149 |
| 11 | 2031 | 3.5% | 89 | 3.5% | 4 | 3.5% | 38 | 12 | 3 | 0 | 5 | 3 | 154 |
| 12 | 2032 | 3.5% | 92 | 3.5% | 5 | 3.5% | 39 | 13 | 3 | 0 | 5 | 3 | 159 |
| 13 | 2033 | 3.5% | 95 | 3.5% | 5 | 3.5% | 41 | 13 | 3 | 0 | 5 | 3 | 165 |
| 14 | 2034 | 3.5% | 98 | 3.5% | 5 | 3.5% | 42 | 14 | 3 | 0 | 5 | 3 | 171 |
| 15 | 2035 | 3.5% | 102 | 3.5% | 5 | 3.5% | 44 | 14 | 3 | 0 | 5 | 3 | 177 |
| 16 | 2036 | 3.5% | 105 | 3.5% | 5 | 3.5% | 45 | 14 | 4 | 0 | 5 | 4 | 183 |
| 17 | 2037 | 3.5% | 109 | 3.5% | 6 | 3.5% | 47 | 15 | 4 | 0 | 6 | 4 | 189 |
| 18 | 2038 | 3.5% | 113 | 3.5% | 6 | 3.5% | 48 | 16 | 4 | 0 | 6 | 4 | 196 |
| 19 | 2039 | 3.5% | 117 | 3.5% | 6 | 3.5% | 50 | 16 | 4 | 0 | 6 | 4 | 203 |
| 20 | 2040 | 3.5% | 121 | 3.5% | 6 | 3.5% | 52 | 17 | 4 | 0 | 6 | 4 | 210 |

6.2.6 Cuantificación del tránsito en términos de ejes equivalentes

6.2.6.1 Determinación del Factor Daño para vehículos comerciales

De los pesajes de vehículos comerciales adelantados a nivel nacional durante el periodo 2000-2017 se obtuvieron los factores daño por tipo de camión para vehículos cargados que muestra la Tabla 4, los cuales serán utilizados para efectos del diseño, ya que se no se cuenta con la posibilidad de hacer un análisis particular de cargas por ejes mediante pesajes.

Tabla 4 Factores Daño

| Tipo de Vehículo | Factor Daño |
|-----------------------|-------------|
| Autos | 0 |
| Buses Actuales | 1 |
| C2P | 1,01 |
| C2G | 2,72 |
| C3 | 3,72 |
| C4 | 3,72 |
| C5 | 4,88 |
| >C5 | 5,23 |

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito

6.2.6.2 Estimación del número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas en el carril de diseño

El tránsito para el diseño de pavimentos flexibles se determina mediante la multiplicación del número de vehículos que se esperan transiten en el periodo de diseño por el factor daño de cada vehículo. A partir de los datos del tránsito promedio diario esperado para cada año del periodo de diseño, se calcula el número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas por tipo de vehículo pesado, utilizando la siguiente expresión:

$$N_i = 365 * C_i * F_i * F_d$$

Donde:

N_i = Numero de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas en el Año i

C_i = Cantidad de vehículos comerciales diarios (TPD) del tipo i

F_i = Factor daño de vehículo comercial Tipo i

F_d = Factor de Distribución Direccional

Para el cálculo del tránsito equivalente por carril de diseño, se determina la distribución porcentual de vehículos pesados de acuerdo con las características particulares de las condiciones de tránsito en la vía en estudio.

Tabla 5 Resumen Evaluación de la Variable Tránsito para Diseños de Pavimentos Flexibles

| No. AÑOS PERIODO DE DISEÑO (n) | AÑO | BUSES | | CAMIONES | | | | | | | | | | | | TOTAL EJES EQUIVALENTES |
|---|------|--------|-----------|----------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|----------|--------|-----------|-------------------------|
| | | FD TPD | 1.00 EJES | C2P | | C2G | | C3 | | C4 | | C5 | | > C5 | | |
| | | | | FD TPD | 1.14 EJES | FD TPD | 3.44 EJES | FD TPD | 3.76 EJES | FD TPD | 3.42 EJES | FD TPD | 4.4 EJES | FD TPD | 4.72 EJES | |
| 1 | 2021 | 3 | 580 | 27 | 5609 | 9 | 5426 | 2 | 1470 | 0 | 0 | 3 | 2610 | 2 | 1846 | 17 540 |
| 2 | 2022 | 3 | 600 | 28 | 5806 | 9 | 5616 | 2 | 1522 | 0 | 0 | 3 | 2701 | 2 | 1910 | 18 154 |
| 3 | 2023 | 3 | 621 | 29 | 6009 | 9 | 5812 | 2 | 1575 | 0 | 0 | 3 | 2796 | 2 | 1977 | 18 790 |
| 4 | 2024 | 4 | 643 | 30 | 6219 | 10 | 6015 | 2 | 1630 | 0 | 0 | 4 | 2893 | 2 | 2046 | 19 447 |
| 5 | 2025 | 4 | 665 | 31 | 6437 | 10 | 6226 | 2 | 1687 | 0 | 0 | 4 | 2995 | 2 | 2118 | 20 128 |
| 6 | 2026 | 4 | 689 | 32 | 6662 | 10 | 6444 | 3 | 1746 | 0 | 0 | 4 | 3099 | 3 | 2192 | 20 832 |
| 7 | 2027 | 4 | 713 | 33 | 6895 | 11 | 6669 | 3 | 1807 | 0 | 0 | 4 | 3208 | 3 | 2269 | 21 561 |
| 8 | 2028 | 4 | 738 | 34 | 7137 | 11 | 6903 | 3 | 1870 | 0 | 0 | 4 | 3320 | 3 | 2348 | 22 316 |
| 9 | 2029 | 4 | 764 | 36 | 7386 | 11 | 7144 | 3 | 1936 | 0 | 0 | 4 | 3436 | 3 | 2430 | 23 097 |
| 9 | 2030 | 4 | 790 | 37 | 7645 | 12 | 7395 | 3 | 2004 | 0 | 0 | 4 | 3557 | 3 | 2515 | 23 906 |
| 10 | 2031 | 4 | 818 | 38 | 7913 | 12 | 7653 | 3 | 2074 | 0 | 0 | 5 | 3681 | 3 | 2603 | 24 742 |
| TOTAL EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO (PERIODO 10 AÑOS) | | | | | | | | | | | | | | | | 205 771 |

6.2.6.3 Determinación del espectro de cargas para diseño de pavimentos rígidos

Para el proyecto de diseño de pavimentos rígidos mediante el método del PCA, se hace la separación por cada tipo de eje, tomando como criterio la configuración de los vehículos y sus respectivos pesos máximos por eje definidos por el ministerio del transporte.

En la determinación de la cantidad de ejes se toman las mismas consideraciones de funcionamiento del sistema y la distribución en las diferentes calzadas y carriles. Los datos se distribuyen por tipo de eje y por peso. Los resultados de las repeticiones por tipo de ejes se encuentran calculados en los anexos.

Iniciativa presentada por:
AGROCOLSA S.A. SOCIEDAD CIVIL, NIT 805.021.816-3
AGRÍCOLA COLOMBIANA S.A., NIT 890.315.430-6
PRODUCTORA NACIONAL AVÍCOLA S.A., NIT 890.321.213-9
ALIANZA FIDUCIARIA, NIT 860.531.315-3

MEJORAMIENTO DE LA VÍA
ALTO DEL OSO - CRUCERO BUENOS AIRES - ALTO DEL
CHINCHE
YOTOCO, VALLE DEL CAUCA

Tabla 6 Resumen Evaluación de la Variable Transito para Diseños de Pavimentos Rígidos. Fuente: Elaboración propia

| EJES SENCILLOS | | | | | EJES TÁNDEM | EJES TRÍDEM |
|----------------|---------|---------|---------|--------|-------------|-------------|
| 3 Ton | 3,5 Ton | 6 Ton | 8,2 Ton | 11 Ton | 22 Ton | 24 Ton |
| 139 151 | 16 399 | 222 641 | 16 399 | 44 603 | 55 660 | 11 057 |

6.3 Volumen II Estudio de trazado y diseño geométrico

6.3.1 Trabajos de Campo

El principal objetivo del proyecto de Diseño Geométrico es determinar la morfología del trazado existente y proyectar la morfología final del proyecto de trazado definitivo en cumplimiento de la normatividad existente y de conformidad con los criterios que determina el parámetro fundamental de la Velocidad de Diseño.

Los trabajos de campo que se han adelantado buscan entonces determinar en medios digitales la morfología del terreno mediante trabajos de topografía convencional e incorporando nuevas metodologías de captura de información que permitan una visualización e interpretación más completa del corredor en estudio.

6.3.2 Toma de Información Primaria

El 27 de agosto de 2020 se llevó a cabo visita de recorrido al tramo en estudio, con el fin de identificar en todo el trayecto los sectores que serían objeto de diseño. De conformidad con el recorrido se planearon las actividades necesarias en materia de topografía que permitieran la obtención de información adecuada y suficiente para la proyección del trazado definitivo.

La información de topografía de detalle primaria se logra mediante la radiación de puntos topográficos obtenidos con estación total de topografía, codificados adecuadamente según el detalle de terreno que ilustran, para posteriormente ser dibujados en software de diseño asistido por computador, que permitirán ilustrar sobre las formas de terreno y generar un modelo digital del corredor que permita las actividades de diseño.

Fueron implementadas en terreno treinta y tres (33) puntos geodésicos para empalmar todo el levantamiento al sistema de referencia nacional.

6.3.3 Diseño Geométrico en planta.

Funcionalmente se ha buscado un diseño sencillo, con elementos geométricos simples que permitan no solo una sencilla localización, sino un funcionamiento igualmente simple entendiendo que en la actualidad los trazados complejos y con variaciones geométricas especiales llevan al usuario a posibles confusiones sobre sus trayectorias lo que compromete la seguridad vial. Funcionalmente, su sencillez y uniformidad de funcionamiento facilitan su comprensión por el usuario

Los gastos de conservación y construcción dependerán específicamente del tipo de estructura que se utilice, bien en pavimento rígido o asfáltico, aun cuando se recomienda la implementación de estructura de pavimento flexible (asfáltico o asfaltita) conforme a las disponibilidades de material en la zona.

6.3.4 Diseño vertical.

Con la altimetría tomada en campo y con la ayuda de software especializado se definen las rasantes del eje que conforma la vía, teniendo en cuenta las pendientes máximas, así como las mínimas necesarias para garantizar el buen drenaje superficial sin afectar la circulación que se desplazan en estructura de andén adosada a la sección tipo principal y a la circulación de personas.

Debe anotarse que para librar el desarrollo del proyecto en los sectores finales del abscisado, es necesario implementar una pendiente superior al 12%, esto con el fin de poder conservar el trazado existente y no implementar rectificaciones de trazado que generaran intervenciones prediales sustanciales. Eventualmente esto pudiera considerarse una dificultad, sin embargo, debemos resaltar que la normatividad vigente establece pendientes máximas para vías de primer orden y del tipo rural. De anotar que esta situación ha podido librarse con la implementación de curvas verticales sucesivas, minimizando el impacto de trayectos mayores con pendientes superiores.

De anotar igualmente que las implementaciones de pendientes superiores no están impedidas por las normas internacionales, ello de acuerdo con las velocidades esperadas de operación y la tipología vehicular en el trayecto.

¿Cuál es la máxima pendiente que puede ofrecer una vía? La respuesta a esta pregunta ha variado con el tiempo en función de las necesidades funcionales, de las posibilidades tecnológicas y de la legislación que ha ido acotando los parámetros de referencia. Hemos visto como la reglamentación actual fija unos límites, pero las vías nacionales y nuestra topografía general presenta sectores que no así lo permiten y sus desarrollos se fueron trazando en función de consideraciones menos restrictivas.

Desde luego los grandes movimientos de tierras quedaban fuera de lugar por cuestiones técnicas y económicas y los resultados se ajustaban en lo posible al terreno original. Esta deseable adaptación al relieve parecería recomendar los modelos geométricos para orografías suaves y los “orgánicos” para las más movidas, pero no siempre fue así.

Es así como se presentan recomendaciones de pendientes máximas del 12% para condiciones de extrema humedad y nieve, lo cual no es el caso, y de valores no sensiblemente mayores que permitan librar de forma adecuada las conexiones. Debe anotarse que muchos sectores de la vía general en estudio y en su conexión hasta la cabecera municipal reportan pendientes de estas características sin que ello represente un impedimento especial para la circulación y es por ello que este símil es aplicable a la actual definición de trazado, donde entran a jugar igualmente otra serie de aspectos que comprometen en costos e impactos al proyecto general.

6.3.5 Parámetros de diseño

De acuerdo con las condiciones encontradas en terreno y requerimientos establecidos por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008, el proyecto se diseñó manteniendo la dirección del alineamiento horizontal existente, el alineamiento tanto horizontal como vertical ajustado a velocidad mínima para hacerlo evaluable a la luz de la normatividad vigente, optimizando de esta manera los costos en la etapa de construcción sin desmejorar las características técnicas de la alternativa de solución seleccionada.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se resumen los requisitos establecidos por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras y las condiciones determinadas para la vía en estudio para caracterizar el tipo de terreno.

Tabla 7 Requisitos establecidos por el Manual de Diseño de Carreteras

| Numeral Manual | Parámetro de diseño | Valor / Rango |
|----------------|-------------------------------|---------------------|
| 1.2 | Clasificación de la carretera | |
| 1.2.1 | Por funcionalidad | Carretera Terciaria |
| 1.2.2 | Por tipo de terreno | Plano 0 % a 3% |

| Numeral Manual | Parámetro de diseño | Valor / Rango |
|----------------|--|--|
| | Ondulado | 3% a 6% |
| | Montañoso | 6% a 8% |
| | Escarpado | Mayor a 8% |
| 2. | CONTROLES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO | |
| 2.1.2 | Velocidad de diseño tramos homogéneos V_{TR} | Plano 40 km/h Ondulado 30 a 40 Km/h Montañoso 20 a 40 Km/h Escarpado 20 a 30 Km/h |
| 2.1.3.1 | Velocidad Especifica de curva horizontal V_{CH} | Oscila entre V_{TR} y $V_{TR} + 20$ Km en función de los parámetros de la longitud del segmento recto. |
| 2.1.3.2 | Velocidad en la entretangencia horizontal V_{ETH} | Mayor o igual a V_{CH} de las curvas horizontales extremas |
| 2.1.3.3 | Velocidad específica de la curva vertical V_{CV} | Verificar la distancia de visibilidad de parada V_{CP} Si coincide con curva horizontal V_{CH} Si está en la entretangencia V_{ETH} |
| 2.1.3.4 | Velocidad específica de la tangente vertical V_{TV} | V_{ETH} |
| 2.3.1 | Distancia de visibilidad de parada D_P en metros [m] | Plano 85 m a 130 m Ondulado 66 m a 144 m en descenso 61 m a 118 m en ascenso Montañoso 50 m a 124 m en descenso 44 m a 93 m en ascenso Escarpado 35 m a 97 m en descenso 29 m a 75 m en ascenso |
| 2.3.2 | Distancia de visibilidad de adelantamiento D_a en metros [m] | Plano 410 m a 670 m Ondulado 345 m a 670 m Montañoso 270 m a 615 m Escarpado 200 m a 540 m |
| 2.3.3 | Distancia de visibilidad de cruce D_C en metros [m] por tipo de vehículo | Plano 120 m a 295 m Ondulado 100 m a 295 m Montañoso 80 m a 258 m Escarpado 80 m a 221 m |
| 3 | DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA | |
| 3.1.3.2 | Peralte máximo $e_{m\acute{a}x}$ | En carreteras Terciarias, especialmente en terreno montañoso y escarpado, es difícil disponer de longitudes de entretangencia amplias, por lo que no es fácil hacer la transición de peralte. Por lo anterior se considera que el peralte máximo más adecuado para este caso es de seis por ciento (6%). |
| 3.1.3.3 | Fricción transversal máxima f_{Tmax} en función de la velocidad V_{CH} | Plano 0.17 a 0.12 Ondulado 0.19 a 0.12 Montañoso 0.23 a 0.13 Escarpado 0.28 a 0.14 |
| 3.1.3.4 | Radio de curvatura mín. R_{Cmin} en metros [m] para peralte máxima y fricción máxima en función de la velocidad V_{CH} | Plano 113 m a 394 m Ondulado 73 m a 394 m Montañoso 41 m a 304 m Escarpado 41 m a 229 m |
| 4. | DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA | |
| 4.1.1 | Pendiente longitudinal mínima | 0.5% |
| 4.1.2 | Pendiente media máxima del corredor por V_{TR} | 7.0 % |
| | Pendiente máxima en función de V_{TV} | 12.0% |
| 4.1.3 | Longitud mínima de la tangente vertical | Plano 170 m a 280 m Ondulado 140 m a 280 m |

| Numeral Manual | Parámetro de diseño | Valor / Rango |
|-------------------|---------------------|---------------|
|-------------------|---------------------|---------------|

| | |
|-----------|--------------|
| Montañoso | 80 m a 250 m |
| Escarpado | 40 m a 225 m |

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (Instituto Nacional de Vías, 2009)

En la Tabla 8 se presentan los lineamientos mínimos que tendrán los diseños geométricos viales del corredor:

Tabla 8 Resumen de parámetros de diseño

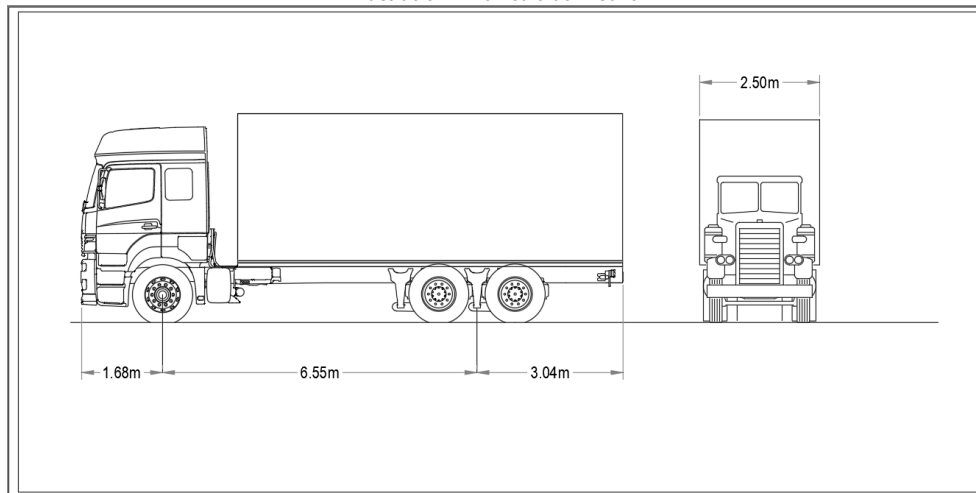
| | |
|-------------------------------|------------------------------|
| Elemento Geométrico | Dimensión de Diseño |
| Clasificación | Vía Terciaria |
| Tipo de Terreno | Ondulado/Montañoso/Escarpado |
| Velocidad de Diseño | 30 km/h |
| Ancho de Calzada | 6.0 m |
| Ancho de Carril | 2.50m |
| Cuneta | 0.50m Berma-Cuneta |
| Bombeo | 2.0% |
| Pendiente Longitudinal Máxima | 17% |
| Pendiente Longitudinal Mínima | 0.3% |
| Peralte Máximo | 6% |
| Velocidad de Diseño | 30Km/h |
| Radio Mínimo de Diseño | 21m |
| Ancho de Berma Mínimo | N/A |
| Ancho de Andén Mínimo | N/A |
| Ancho de Ciclorruta | N/A |

Fuente: Elaboración Propia

6.3.6 Las Dimensiones de la Sección Transversal

Considerando las características del trazado, el efecto e impacto que puede causarse a los predios adyacentes por los diferentes mejoramientos que deben aplicarse, los aspectos constructivos relacionados con la construcción de una estructura de pavimento, la estabilidad de taludes y el nivel de servicio buscado, el proyecto debe promover el desplazamiento seguro de la gama de vehículos detectada y tomando en consideración el vehículo de diseño.

Ilustración 1 Vehículo de Diseño



Es así necesario, garantizar como mínimo un ancho de carril de 2.50m de circulación para cualquiera de los sentidos viales que permita la circulación segura de estos actores vehiculares y cualquiera de menor tamaño que pudiera presentarse.

Eventualmente, al presentarse la circulación simultánea de dos actores de tamaños del vehículo de diseño, sus aditamentos laterales podrían generar interferencia menor. Para este tipo de eventos se deberá considerar la implementación de elementos tipo Berma-Cuneta en una sección suficiente para el drenaje de la vía, y que permita la separación segura de los dos móviles sin interferencias.

De esta manera, se prevé la construcción de una sección transversal conformada por dos carriles de 2.50m de ancho, y la construcción de berma-cunetas a cada lado de mínimo 0.50m de ancho, para una sección libre completa de 6.0m de ancho.

A este punto es necesario considerar la existencia de tramos ya intervenidos con estructura en Placa Huella y observar su incidencia en la circulación vial general:

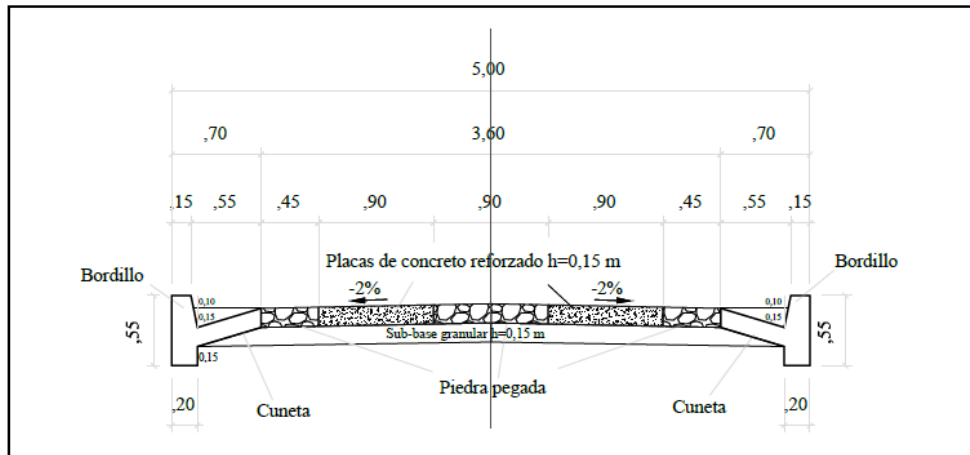
1. En primera instancia debe anotarse que la construcción de pavimentos en Placa Huella está prevista principalmente para desplazamientos **unidireccionales**, esto es en un único sentido de circulación, cualquiera que sea la dirección del móvil (ida o venida)
2. Si el móvil que viaja en sentido contrario es una motocicleta ésta cruza sobre la franja exterior de piedra pegada con ancho de 45 centímetros o la berma-cuneta sin que el vehículo de diseño deba salir de las placa-huellas.
3. Si el móvil que viaja en sentido contrario es liviano (automóvil, campero o camioneta) el ancho de la sección sí permite el cruce en el sitio de encuentro. Para ello el vehículo de diseño o el bus tendría que **salirse** de la placa-huella para acercarse al bordillo de la berma-cuneta. Esta maniobra implica que sus ruedas derechas crucen la franja exterior de piedra pegada y se estacionen sobre la berma-cuneta, siendo ésta la razón de colocar acero de refuerzo a la berma-cuneta. Las ruedas izquierdas del camión se estacionarían sobre la franja central de piedra pegada.

El cruce de un camión o un bus con un vehículo liviano en el punto de encuentro es indeseable, dado el crecimiento normal del tráfico es un evento que potencialmente tendría posibilidad de ocurrencia frecuente, con un deterioro prematuro sobre la piedra pegada y por consiguiente en las condiciones estructurales y de drenaje general de la estructura en Placa Huella.

Lo deseable sería que el camión o el vehículo liviano se estacione en alguna Zona de Cruce especialmente provista y diseñada para ello. Así no se afectarían las franjas de piedra pegada. Lo anterior implicaría promover espacios adicionales de estacionamiento a intervalos regulares y frecuentes en la vía que permitan este tipo de maniobras, en suma, a acciones para generar conciencia en los usuarios de la vía, y en general en las comunidades aledañas sobre la necesidad de proteger el elemento más vulnerable del pavimento realizando la maniobra de cruce en los sitios dispuestos para ello. Aun cuando ello no evitara que la situación pudiera presentarse con frecuencia.

4. Si el vehículo que viaja en sentido contrario es también un equivalente al vehículo de diseño o un bus, el ancho de la vía es insuficiente y la maniobra debe ser realizada necesariamente en las Zonas de Cruce. Uno de los vehículos deberá esperar en esta zona a que el otro cruce. Evento totalmente inconveniente para la movilidad y al Nivel de Servicio mínimo esperado para una inversión de tales características.

Ilustración 2 Sección Tipo recomendada para la Estructura en Placa Huella



En conclusión, sobre la sección de Placa Huella, igualmente ratificado por la normatividad vigente, no es recomendable una sección mayor a 5.0m de ancho dado que se valida la circulación por cualquier punto de la sección transversal exponiendo los sectores de la estructura que no han sido diseñados para soportar las cargas aportadas por ese posible tránsito.

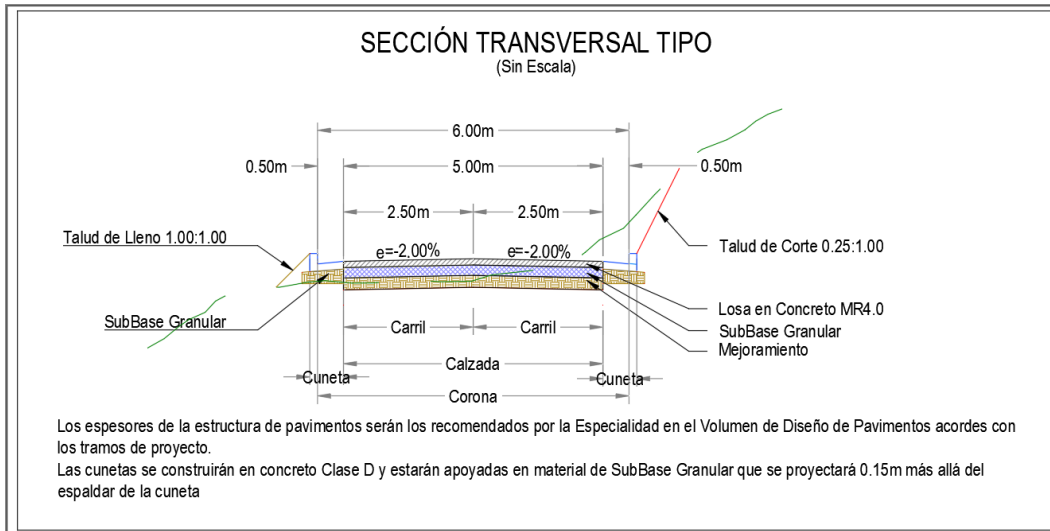
Una sección menor a los 5.0m de ancho, evidentemente resulta inconveniente dadas las mayores limitaciones geométricas que ofrece para el desplazamiento en curvas, y en cualquier caso obligaría a los vehículos de mayor tamaño a salirse de la placa huella para poder corregir su trayectoria y lograr el giro en cada curva. Evento para el cual no está diseñada la estructura y por ello se establece su uso restrictivo para sectores con una mínima circulación de vehículos pesados superiores a la tipología C2.

La eventual necesidad de Zonas de Paso, en una cantidad frecuente para facilitar eventos de movilidad, genera igualmente intervenciones en áreas por fuera del espacio disponible entre cercos existentes. Obligando a la adquisición de nuevas zonas que permitan su ubicación a lo largo del proyecto. Debe tenerse en cuenta que estas Zona de Paso deben considerar tramos de transición de entrada, transición de salida y espacio para el estacionamiento temporal de un vehículo completo fuera de la trayectoria de los otros. Sus requerimientos de espacio son notablemente mayores.

Al tener la limitación de la piedra pegada como un elemento delimitador de las trayectorias, presentándose posibles eventos de ocupación con estacionamiento y circulación en las cunetas, se hace necesario el refuerzo de estos últimos elementos con el fin de buscar una garantía sobre su permanencia y funcionamiento. Esto evidentemente, incrementa los costos generales de intervención del proyecto.

Con el fin de garantizar una movilidad adecuada, y que supere todos los eventos descritos, se recomienda una sección completa, con estructura en concreto rígido que favorece todos los aspectos de circulación:

Figura 1 Sección Transversal Tipo a implementar



6.4 Volumen III Estudio de Geología, Geotecnia y Estabilidad de Taludes

6.4.1 Geología Regional

La geología regional del área de estudio se encuentra parcialmente documentada y representada en la geología de la plancha 280 de Palmira, INGEOMINAS (1984); y su memoria explicativa, Reseña explicativa del mapa geológico preliminar plancha 280 Palmira., INGEOMINAS (1985). Esta zona comprende rocas ígneas intrusivas y rocas sedimentarias, todas estas de diferentes tipos, con edades estimadas en el Cretácico y Cuaternario.

Entrando a un contexto más local en el sector en estudio, predominan unidades del Cretácico y Cenozoico. Entre estas se encuentra el Stock de El Muñeco (Kghm), la Formación volcánica (Kv) y depósitos aluviales o lacustres (Q/lac).

A continuación se realiza una descripción general de las unidades litoestratigráficas que están más asociadas al proyecto, entre estas (Teniendo en cuenta el alcance del proyecto) se consideró importante hacer énfasis en las formaciones anteriormente mencionadas.

6.4.1.1 Estratigrafía

La estratigrafía describe las características y la disposición espacio-temporal de las rocas sedimentarias y estratos rocosos, además de analizar sedimentos inconsolidados y los procesos y ambientes que les dieron lugar, por ello el objetivo de este subcapítulo es explicar brevemente de base a techo la secuencia estratigráfica regional asociada al municipio de Yotoco.

6.4.1.2 Rocas intrusivas

En el sector en estudio se observan Gabros Kghm los cuales se caracterizan por ser gabros piroxénico y hornbléndico que intruyen las rocas de la Formación Volcánica (Kv) con la cual se cree que están genéticamente relacionados.

6.4.1.3 Rocas Paleozoicas

6.4.1.3.1 Formación Volcánica (Kv)

Esta unidad aflora en una franja con dirección N30°E presentándose intercalada con bloques fallados de las formaciones Cisneros y Espinal. Se constituye de una secuencia de lavas basálticas macizas, lavas almohadilladas, silos de diabasa pegmatítica y en algunos sectores lentes de cherts, shales y areniscas.

6.4.1.4 Rocas Cenozoicas

6.4.1.4.1 Depósitos cuaternarios

En el sector en estudio se observan depósitos aluviales que están compuestos de limos y arcillas moteadas de rojas a marrones que probablemente representan depósitos lacustres (Q(Lac)).

6.4.2 Geología Estructural

En el sector en estudio se encuentran algunas estructuras sobresalientes como sistemas complejos de fallas y discordancias encontradas en las formaciones cenozoicas y algunos pliegues mayores en las formaciones cretácicas y terciarias de la Cordillera Occidental.

El rasgo estructural más prominente dentro del área es la presencia de tres sistemas regionales de fallas orientadas aproximadamente N-S, E-W y NW SE.

Las fallas N-S predominan en ambas cordilleras y también en la cuenca sedimentaria del Valle del Cauca (sensu stricto). En la Cordillera Central la mayoría son fallas reversas de ángulo alto, sin embargo, algunas de estas fallas se han movido como fallas de rumbo (strike slip) por lo menos una vez durante su evolución. En comparación las fallas principales del sistema del Cauca a lo largo el flanco oriental de la Cordillera Occidental y las fallas normales. Las posteriores fallas influyeron en las cuencas de depositación de los sedimentos terciarios (EVANS et al, 1984).

Las fallas de rumbo aproximado E-W se encuentran como zonas regionales de cizallamiento, los movimientos horizontales son en general en el sentido derecho (Dextral Wrench Faults) restringidos a la Cordillera Central. Estas zonas están interpretadas como estructuras relacionadas con el movimiento principal del Sistema de la Falla Romeral como fallas de rumbo (Strike-slipfault) en el Terciario inferior.

Las fallas más jóvenes son las fallas con rumbo NW-SE que en la Cordillera Occidental se encuentran afectando los sedimentos marinos de la Formación Vijes.

Como se puede apreciar en la figura anterior, localmente el corredor vial en estudio no se encuentra bajo la influencia de ningún tipo de trazado de falla.

6.4.3 Unidades De Geología Para Ingeniería

Teniendo clara la información de la geología Regional, se procedió a realizar el análisis de resultados obtenidos en la visita técnica de campo. A fin de comparar y corroborar si dicha información corresponde a las unidades representadas y descritas en estos mapas, y así aclarar puntualmente a una escala más detallada qué Unidades de Geología para Ingeniería (UGI) corresponden a los tramos de la vía que une las veredas Alto del Oso-Crucero Buenos Aires- Alto del Chinche en el municipio de Yotoco.

Estas unidades de geología para ingeniería se consideran formaciones correlativas de los procesos morfodinámicos, debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre. Se consideran unidades cartografiables y uno de los productos básicos de la geología aplicada a la Ingeniería constituyendo así una herramienta básica adecuada para compilar, interpretar y presentar la información temática de utilidad en las fases de prefactibilidad, factibilidad, diseño, construcción, operación y el mantenimiento de obras de ingeniería; así como otros aspectos de los proyectos dentro de los que están el planeamiento del uso del suelo para el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y el desarrollo minero; igualmente en los campos de mitigación, prevención y control de los riesgos geológicos, al igual que en los impactos ambientales resultantes del desarrollo de diferentes proyectos.

Para llevar a cabo la caracterización de unidades de geología para ingeniería, se tienen en cuenta las descripciones de perfiles del suelo, ya sean laderas naturales, cortes antrópicos, o afloramientos rocosos, la exploración del subsuelo, muestreo de suelos y rocas, ensayos in situ y análisis de laboratorio. Dependiendo

de el origen y tipo de material caracterizado se hace su respectiva definición y descripción, con el objetivo de conocer como es la distribución espacial de los materiales en el terreno y como varían sus propiedades en profundidad y lateralmente.

Para realizar su clasificación se basó en la guía metodológica para estudios de amenaza vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano (2015). La nomenclatura indica a manera de acrónimo el origen tipo y nombre de cada unidad.

6.4.3.1 Unidades De Geología Para Ingeniería Y Diagnostico Geotécnico Del Corredor Vial

En los tres (3) tramos que se están evaluando de la vía que une las veredas Alto del Oso- Crucero Buenos Aires- Alto del Chinche en el Municipio de Yotoco se encontraron unidades de depósitos antrópicos, suelos transportados y suelos residuales. Los suelos antrópicos observados corresponden al material de recebo para la vía, los suelos transportados son depósitos originados por la acción del agua y/o gravedad y los suelos residuales son derivados de la Formación Volcánica. Es decir, existe una capa superficial entre 8 a 60 cm de material de recebo para la vía, al cual se le denomino “suelo antrópico gravo arenoso de recebo para la vía (Sagarv)”. Debajo, inmediatamente después del material de afirmado, se encuentra el suelo natural subrasante, el cual, de acuerdo a las características observadas en el terreno se considera como un “suelo transportado de depósito aluvial (Stdal)”, con un horizonte IB según el perfil de meteorización Deere y Patton y subyacente a este se halla un suelo residual cohesivo de la Formación Volcánica (Srcfv) el cual presenta un perfil de meteorización IC e IB según el perfil de meteorización Deere y Patton.

La tabla a continuación presenta la clasificación de unidades de geología para ingeniería donde se clasifica y especifica el origen, tipo, nombre y acrónimo de las unidades establecidas. El acrónimo indica con la primera letra el origen y las demás son las iniciales del nombre, el cual contiene las características particulares o más relevantes del tipo de material.

Tabla 9 Unidades de geología para ingeniería

| TIPO DE MATERIAL | ORIGEN | TIPO DE UGS | NOMBRE | NOMENCLATURA |
|------------------|--------------|--------------------|---|--------------|
| Suelos | Transportado | Deposito Antrópico | Suelo antrópico gravo arenoso de recebo para la vía | Sagarv |
| | | Deposito aluvial | Suelo transportado de depósito aluvial | Stdal |

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presenta a manera la descripción de cada unidad de acuerdo al origen y tipo de unidad.

6.4.4 Geomorfología Local

La geomorfología es la ciencia de la tierra que estudia la relación entre las formas de la superficie terrestre, los materiales naturales, su disposición estructural y los procesos que las originaron (Carvajal., 2004). El elemento geomorfológico corresponde al máximo nivel de detalle de una unidad geomorfológica, definida por los rasgos de relieve, por la morfometría detallada del terreno y por los micro-relieves asociados (Carvajal, 2012).

Para llevar a cabo la caracterización Geomorfológica, parámetro indispensable para poder interpretar y diagnosticar el comportamiento del terreno, en relación con los diferentes procesos que le dan forma al relieve

y modelado al paisaje, se usó: La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia por Carvajal (2011); la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano (2015). Además del glosario de unidades y subunidades geomorfológicas (SGC, 2014). Todo lo anterior con el fin de generar el plano e informe de geomorfología local del corredor vial.

A continuación, se describen a manera de subcapítulo, cada uno de los parámetros que hacen parte de la caracterización de elementos geomorfológicos.

6.4.4.1 Morfología y morfometría

La morfología describe cualitativamente la forma del relieve. Por otro lado, la Morfometría presenta cuantitativamente las medidas de la pendiente, longitud, área y forma de las laderas comparando sus relaciones geométricas y espaciales (CARVAJAL 2011). La descripción de la morfología se hace a partir de las observaciones de la forma del terreno en el sitio de trabajo.

Para la realización del mapa de pendiente del sector se hizo uso del programa ArcGis donde se generó un modelo de elevación digital (MDE) a partir de las curvas de nivel y luego se derivó a un raster de pendientes.

De acuerdo con la información secundaria y de campo, se categorizó el área de estudio en siete tipos de pendiente:

Tabla 10 Rangos de pendientes establecidos

| RANGO | PORCENTAJES (%) | GRADOS (°) | DESCRIPCIÓN |
|-------|-----------------|------------|-----------------------|
| | <3 | <1.72 | Plano |
| | 3-7 | 1.72-4.0 | Ligeramente inclinado |
| | 7-12 | 4.0-6.8 | Inclinado |
| | 12-25 | 6.8-14 | Fuertemente inclinado |
| | 25-50 | 14-26.6 | Fuertemente quebrado |
| | 50-75 | 26.6-36.9 | Escarpado |
| | >75 | >36 | Muy escarpado |

Fuente: Elaboración propia

TRAMO N°1: Este tramo inicia en la abscisa K0+205.45 y finaliza en la abscisa K1+525. La topografía del sector se caracteriza por ser plana a ondulada con pendientes entre 2-8%, con relieves tipo montículos (0-49m), inclinaciones de ladera suavemente inclinadas a inclinadas (5-10°), índice de contraste de relieve muy bajo (<29m), longitudes de ladera muy cortas (<50m) y formas de ladera cóncavas y convexas.

TRAMO N°2: Este tramo inicia en la abscisa K1+750 y finaliza en la abscisa K2+370. La topografía del sector se caracteriza por ser ondulada con pendientes entre el 5-8%, con relieves tipo montículos (0-49m), inclinaciones de ladera suavemente inclinadas (<5°), índice de contraste de relieve muy bajo (<29m), longitudes de ladera muy cortas (<50m) y formas de ladera cóncavas y convexas.

TRAMO N°3: Este tramo inicia en la abscisa K3+090 y finaliza en la abscisa K5+921. Este tramo inicia con topografía ondulada con pendientes entre el 2-8%, con relieves tipo montículos (0-49m), inclinaciones de ladera suavemente inclinadas (<5°), índice de contraste de relieve muy bajo (<29m), longitudes de ladera muy cortas (<50m) y formas de ladera cóncavas y convexas hasta cerca de la abscisa K4+020.

Seguidamente desde aproximadamente la abscisa K4+020 hasta el K4+562 se observa una topografía plana en donde las pendientes son menores al 2%. Y finalmente desde la abscisa K4+562 al K5+921 se vuelve a observar topografía ondulada conformada por un releve tipo montículo.

6.4.4.2 Morfogénesis

La morfogénesis estudia la evolución de las formas del terreno (CARVAJAL 2011). Para establecer los elementos geomorfológicos nos basamos en la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano (2015), la cual se realiza clasificando los elementos geomorfológicos de acuerdo al origen o ambiente morfogenético.

A continuación se presenta la clasificación de los elementos geomorfológicos del corredor vial en estudio, presentando su origen (ambiente morfogenético), nombre y acrónimo. Este último indica con la primera letra el ambiente, y las demás letras indican las iniciales del nombre establecido para cada una de estas.

Tabla 11 Elementos geomorfológicos del corredor vial

| ORIGEN (AMBIENTE MORFOGENÉTICO) | NOMBRE | NOMENCLATURA |
|------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| Volcánico- Denucional | Lomeríos bajos | Vlb |
| | Lomeríos redondeados | Vir |
| | Superficie plana o sub- horizontal | Vspl |
| Antropogénico | Corte vertical de ladera | Acvl |
| | Laderas explanadas | Ale |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior y las características del sitio en cuanto la morfología y Morfometría, en el sector del corredor vial se establecieron un total de cinco (5) elementos geomorfológicos, tres (3) asociados a un ambiente volcánico- denudacional y otros dos (2) a un ambiente antropogénico.

6.4.4.3 Elementos geomorfológicos de origen antropogénico (A)

Corresponden a geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de casos para realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías.

6.4.4.3.1 Corte vertical de ladera (Acvl)

Taludes que han sido cortados por la acción humana, en forma vertical o casi vertical, en especial para adaptar el terreno al trazado de vías u otro tipo de infraestructura como viviendas entre otras.

En el área de estudio se identificaron diferentes sectores donde se han realizado cortes verticales a las laderas para adaptar el terreno para la construcción de vías y viviendas. Estos cortes de ladera se han realizado en suelos limosos de la coloración rojiza o marrón.

Presentan un relieve local muy bajo, con una morfología de pendientes ligeramente inclinados a inclinados, de formas rectas y de longitudes muy cortas de máximo unos 3 m de altura.

6.4.4.3.2 Laderas explanadas (Ale)

Se les conoce como laderas explanadas a los cortes de ladera para disminuir la pendiente del terreno con el fin de adaptar el sitio para la construcción de vivienda, vías y obras de infraestructura. Este elemento geomorfológico se asignó a las laderas de pendientes planas a inclinadas que hacen parte la superficie del trazado de la vía y a las laderas que se han adaptado para la construcción de viviendas al margen de la vía. Estas laderas presentan un relieve muy bajo de forma recta a ondulada, con pendientes entre (0% – 10%), sus longitudes cortas a muy cortas.

6.4.5 Morfodinámica y procesos de erosión

Trata de los procesos activos en el presente o aquellos, que se pueden activar en el futuro. Se refiere a la dinámica exógena relacionada con la actividad de los agentes como el viento, agua, hielo y la acción de la gravedad terrestre, que modifica las geofomas preexistentes (CARVAJAL 2011).

La metodología empleada para la caracterización de la Morfodinámica en la zona de estudio se basa en la clasificación de fenómenos de remoción en masa (Varnes, 1978).

La metodología para caracterizar los diferentes procesos erosivos, es la descrita en la clasificación de procesos erosivos y de remoción en masa, rangos utilizados con propósitos de análisis de ingeniería. Fuentes: Van Zuidam (1985), Varnes (1978 y 1998) y tomados de Carvajal y otros (2002). Obtenidos de la propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia (Carvajal H. 2011).

En ninguno de los tramos en estudio se observó problemas erosivos ni de remoción en masa debido a que la geomorfología del sector se caracteriza por estar conformada por montículos de laderas cortas, con inclinaciones entre 2° y 8°, convexas y con cimas redondeadas.

6.4.6 Conclusiones Y Recomendaciones

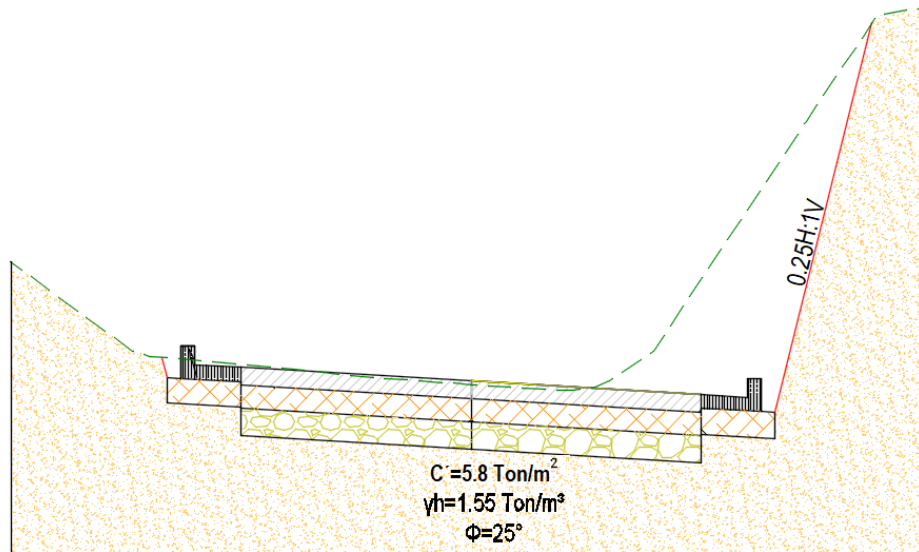
- En el corredor vial en estudio, desde el punto de vista de unidades de geología para ingeniería, se identificó una unidad de depósito antrópico, denominado suelo antrópico gravo arenoso de recebo para la vía (Sagrv) y una unidad derivadas de suelo transportado denominada como suelo transportado de depósito aluvial (Stdal) de horizonte IB según Deere y Patton.
- En lo relacionado con los elementos geomorfológicos, en el área del Corredor vial existe un predominio de elementos geomorfológicos de origen denudacional como lomeríos bajos (VIb), lomeríos redondeados (VIr) y superficies su horizontales a planas (Vspl), y de origen antrópico como corte vertical de laderas (Acvl) y laderas explanadas (Ale).
- En el sector en estudio presenta un porcentaje muy mínimo de intervención antrópico en cuanto obras civiles.
- Por medio de los datos de campo, se validó la información cartográfica correspondiente a este informe, donde se analizó las unidades de acuerdo a descripciones precisas desde el punto de vista geológico, geomorfológico y geotécnico
- En el lugar en estudio no existe ningún tipo de plegamiento ni fallamiento significativo.
- De acuerdo con la exploración geotécnica realizada se pudo corroborar la estratigrafía de acuerdo al trabajo de campo y la información geológica y geomorfológica.
- Debido a que el sitio en estudio no presenta intervención en cuanto obras civiles, actualmente no hay necesidad de la realización de ningún tipo de estabilización de laderas.

- En el sector en estudio no se evidencia presencia de zonas críticas que puedan amenazar el proyecto.
- El sitio en estudio no presenta puntos críticos del orden geológico y geotécnico.
- A lo largo de todo el tramo en estudio se presenta un suelo transportado de depósito aluvial y Geoformas de origen Denudacional de tipo lomeríos por lo tanto, se recomienda que los taludes de corte que se lleven a cabo se realicen con una inclinación de máximo 0.25H:1.0V hasta una altura de cinco (5) metros.
- En los sitios donde sea necesario la construcción y conformación de terraplenes se recomienda que estos tengan una inclinación de mínimo 1H:1V, además, deberán cumplir con todos los requisitos de transporte, colocación y compactación.
- No se observó problemas erosivos en ninguna de las caras de los taludes existentes debido a que estos cuentan con alturas menores a los 5.0 metros, por lo tanto no es necesario actividades de revegetalización o empradización de los taludes.
- En el día de la visita de campo del sector en estudio, no se observó afloramientos de agua en la cara de los taludes que comprometan o requieran algún tipo de manejo especial, sin embargo, en el tramo comprendido entre el K4+100 y el K4+300 la comunidad reporta la posibilidad de inundaciones que pueden producir zonas anegadas en los laterales de la vía, por lo tanto, es necesario subir la rasante respecto a la vía existente aproximadamente 0.50 metros e implementar canales que drenen paralelos a la vía y que desagüen en la obra que existe en el K4+200.
- Se recomienda la construcción de obras de drenaje superficiales de tipo cunetas impermeabilizadas a ambos de la calzada, de tal manera que permitan captar y transportar las aguas de escorrentías evitando la inestabilidad de los taludes y garantizando la vida útil de la estructura de pavimento.

6.4.7 Análisis De Estabilidad De Los Chaflanes

De acuerdo con los ensayos de corte directo realizados, se evaluará la estabilidad de una sección transversal tipo con el fin de proporcionar las pendientes más adecuadas para los sectores donde sea necesario realizar cortes en talud.

Ilustración 3 Perfil geológico-geotécnico del suelo transportado de depósito aluvial (Stda)



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la inclinación del chaffán de corte que se recomienda para el sector en estudio con su respectivo análisis de estabilidad.

El análisis de estabilidad se realizó mediante el programa Slide V.6 ya que el suelo se define como un suelo fino de depósito aluvial.

De acuerdo con la información secundaria encontrada sobre los suelos transportado de depósito aluvial en el sector en estudio, se definieron los parámetros de resistencia obtenidos para esta unidad geotécnica, además, se llevó a cabo un análisis de estabilidad de tal manera que se pueda definir una inclinación de talud que cumplan con el factor de seguridad mínimo recomendado por la Norma Sismo Resistente del 2010 (NSR-10).

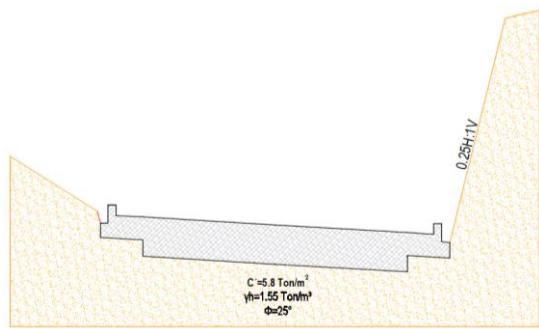
Tabla 12 Factores de seguridad básicos mínimos directos

| CONDICIÓN | FACTOR DE SEGURIDAD BÁSICOS MÍNIMOS (FSBM) | |
|--|--|--------------|
| | DISEÑO | CONSTRUCCIÓN |
| Taludes- Condición Estática y Agua Subterránea Normal | 1.5 | 1.25 |
| Taludes- Condición Seudo- estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño | 1.05 | 1 |

Fuente: Tabla H.2.4-1, NSR-10

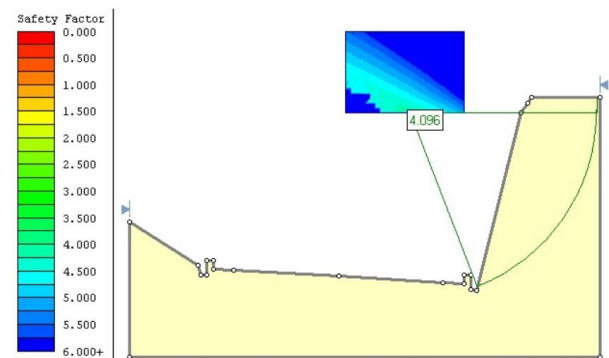
En el análisis de estabilidad se buscó que la inclinación del talud recomendada cumpla con un factor de seguridad mínimo de 1.50 ya que se evaluaron en condiciones estáticas drenadas.

Ilustración 4, Inclinación de talud recomendado para el suelo transportado de depósito aluvial



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5, Análisis de estabilidad para las inclinaciones de talud recomendados para el suelo transportado de depósito aluvial



Fuente: Elaboración propia

Debido a que a lo largo de todo el sector en estudio aflora la unidad geológica superficial Suelo transportado de depósito aluvial, se recomienda realizar taludes con una inclinación máxima de 0.25H:1V hasta una altura de cinco (5) metros.

6.4.8 Conclusiones y Recomendaciones

- A lo largo de todo el tramo en estudio se presenta un suelo transportado de depósito aluvial y Geformas de origen Denudacional de tipo lomeríos por lo tanto, se recomienda que los taludes de

corte que se lleven a cabo se realicen con una inclinación de máximo 0.25H:1.0V hasta una altura de cinco (5) metros.

- En los sitios donde sea necesario la construcción y conformación de terraplenes se recomienda que estos tengan una inclinación de mínimo 1H:1V, además, deberán cumplir con todos los requisitos de transporte, colocación y compactación.
- No se observó problemas erosivos en ninguna de las caras de los taludes existentes debido a que estos cuentan con alturas menores a los 5.0 metros, por lo tanto no es necesario actividades de revegetalización o empradización de los taludes.
- En el día de la visita de campo del sector en estudio, no se observó afloramientos de agua en la cara de los taludes que comprometan o requieran algún tipo de manejo especial, sin embargo, en el tramo comprendido entre el K4+100 y el K4+300 la comunidad reporta la posibilidad de inundaciones que pueden producir zonas anegadas en los laterales de la vía, por lo tanto, es necesario subir la rasante respecto a la vía existente aproximadamente 0.50 metros e implementar canales que drenen paralelos a la vía y que desagüen en la obra que existe en el K4+200.
- Se recomienda la construcción de obras de drenaje superficiales de tipo cunetas impermeabilizadas a ambos de la calzada, de tal manera que permitan captar y transportar las aguas de escorrentías evitando la inestabilidad de los taludes y garantizando la vida útil de la estructura de pavimento.

6.5 Volumen IV Estudios de suelos para fundaciones de puentes, obras de drenaje y estructuras de contención

En este informe se presentan los resultados de la exploración de campo y los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras extraídas, además, se presentan las condiciones geotécnicas del sitio, y las debidas recomendaciones y conclusiones.

- Caracterizar física y mecánicamente el suelo de apoyo existente, mediante la realización de ensayos tipo C.B.R, granulometría, humedad y límites de Atterberg.
- Realizar una exploración de campo con ejecución de apiques a cielo abierto, y extracción de muestras para análisis en laboratorio.
- Determinar la capacidad de soporte de la sub rasante mediante pruebas de soporte california CBR.
- Establecer la estratigrafía del sub-suelo en el sitio del proyecto y determinar la profundidad de las aguas libres subterráneas.
- Análisis de los resultados obtenidos en campo y laboratorio.

A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de los tramos que se encuentran en material de afirmado y que se intervendrán:

TRAMO N°1: Este tramo inicia en la abscisa K0+205.45 y finaliza en la abscisa K1+525, actualmente se encuentra con un material tipo afirmado con anchos entre 3.0 y 5.0 metros, sin ningún tipo de manejo de aguas de escorrentía. La topografía del sector se caracteriza por ser plana a ondulada con pendientes entre 2-8%, con relieves tipo montículos (0-49m), inclinaciones de ladera suavemente inclinadas a inclinadas (5-10°), índice de contraste de relieve muy bajo (<29m), longitudes de ladera muy cortas (<50m) y formas de ladera cóncavas y convexas, esto hace que en este tramo a intervenir no se observen fenómenos de inestabilidad. Se evidencian algunas viviendas en las márgenes del tramo y se observan algunos cultivos, arbustos y árboles de tamaño considerable en sus alrededores

TRAMO N°2: Este tramo inicia en la abscisa K1+750 y finaliza en la abscisa K2+370, actualmente se encuentran con un material tipo afirmado con anchos entre 3.0 y 4.5 metros, con un manejo regular de aguas de escorrentía mediante el uso de cunetas en tierra pero con falta de mantenimiento. La topografía del sector se caracteriza por ser ondulada con pendientes entre el 2-8%, con relieves tipo montículos (0-49m), inclinaciones de ladera suavemente inclinadas (<5°), índice de contraste de relieve muy bajo (<29m), longitudes de ladera muy cortas (<50m) y formas de ladera cóncavas y convexas, por lo tanto, en este sector no se evidencian fenómenos de inestabilidad. No se evidencian viviendas en las márgenes del tramo y se observa cobertura tipo pastos con algunos pocos árboles pequeños en sus alrededores.

TRAMO N°3: Este tramo inicia en la abscisa K3+090 y finaliza en la abscisa K5+921, actualmente se encuentran con un material tipo afirmado con anchos entre 3.0 y 5.0 metros con un manejo regular de aguas de escorrentía mediante el uso de cunetas en tierra pero con falta de mantenimiento. Este tramo inicia con topografía ondulada con pendientes entre el 2-8%, con relieves tipo montículos (0-49m), inclinaciones de ladera suavemente inclinadas (<5°), índice de contraste de relieve muy bajo (<29m), longitudes de ladera muy cortas (<50m) y formas de ladera cóncavas y convexas hasta cerca de la abscisa K3+490, además, se observan algunas viviendas en las márgenes del tramo y cobertura tipo cultivos con algunos árboles medianos a grandes.

Seguidamente hasta la abscisa K4+020 se observa la misma topografía y el mismo tipo de vegetación que el anterior pero no se encuentran viviendas en las márgenes del tramo. Desde aproximadamente la abscisa K4+020 hasta el K4+562 se observa una topografía plana en donde las pendientes son menores al 2%, sin ningún tipo de vivienda en sus márgenes, con vegetación tipo pastos y cultivos de caña.

Y finalmente desde la abscisa K4+562 al K5+921 se vuelve a observar topografía ondulada conformada por un releve tipo montículo, sin viviendas y con bastante vegetación tipo cultivos y árboles de mediano a gran tamaño.

6.5.1 Unidades geológicas superficiales

6.5.1.1 *Material de recebo (Sagarv)*

Este suelo es clasto soportado (55% clastos, 45% matriz) de color marrón claro a oscuro, de una textura granular. Constituido por una matriz fino arenosa con alta plasticidad y con bastantes clastos embebidos. Entre los clastos se presentan una buena cantidad de gravas que van desde gránulos a guijarros de fragmentos líticos, de formas angulares bajamente meteorizados de tonalidades gris claro a gris oscuro. Este suelo ha sido seleccionado de manera rústica para ser extendido sobre una vía, con el fin de homogeneizar el terreno natural presenta densidad compacta y cuenta con espesores entre 8 a 35 centímetros.

Foto 1 Suelo antrópico gravo arenoso de recebo para la vía



Fuente: El Autor.

6.5.1.2 *Suelo transportado de depósitos aluviales (Stda)*

El material natural subrasante se encontró inmediatamente bajo los materiales antrópicos de recebo para la vía y se caracteriza por estar compuesto por limos y arcillas moteadas de marrones a rojas, presenta un perfil de meteorización IB según Deere y Patton ya que este se logra excavar con herramientas manuales. Este también es observable en las caras de los taludes de la vía.

Consta de una masa de suelo netamente textura lodosa, de carácter limoso, su tono es marrón a rojo y presenta buena plasticidad, ya que se logran hacer hilos de 3 mm de diámetro sin que estos se quiebren.

6.5.2 CLIMA

El municipio de Yotoco presenta un clima cálido, la temperatura promedio es 22 ° C. La precipitación es de 2432 mm al año.

Tabla 13 Tabla climática del municipio de Yotoco

| | Ener o | Febrer o | Marz o | Abri l | May o | Juni o | Juli o | Agost o | Septiemb r e | Octubr e | Noviemb r e | Diciembr e |
|---------------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|--------------------|-------------|-------------------|---------------|
| Temperatura media (°C) | 22 | 22 | 22 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 22 | 22 | 21 | 22 |
| Precipitació n (mm) | 110 | 112 | 237 | 292 | 288 | 201 | 165 | 159 | 185 | 272 | 243 | 168 |

Fuente: <https://www.cuandovisitar.co/colombia/yotoco-1133728/>

6.5.3 AMENAZAS GEOLÓGICAS

Los factores que podían influir en las amenazas geológicas del área son:

6.5.3.1 Amenaza sísmica

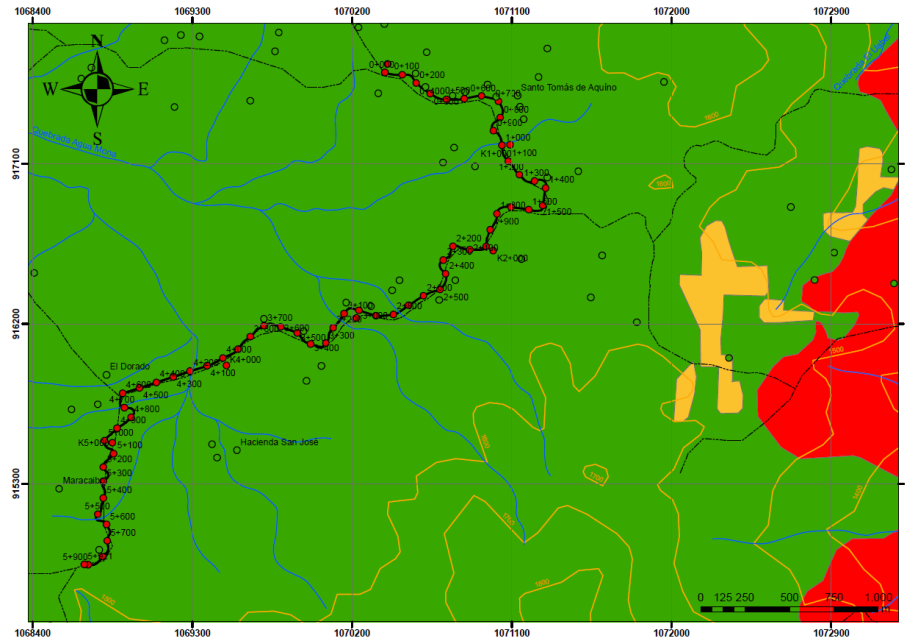
El departamento del Valle del Cauca tiene una intensa actividad sísmica, lo que lo cataloga como áreas de riesgo sísmico alto dentro del panorama nacional.

El flanco occidental de la Cordillera Central ha sido el más dinámico en la región, con una actividad asociada con el Sistema de Fallas Romeral que presenta una actividad sísmica alta, con predominio de sismos de intensidad media a alta.

6.5.3.2 Amenaza por fenómenos de remoción de masas

La zona en estudio presenta amenaza por remoción de masas baja debido a que la zona se caracteriza por Geofomas de tipo montículos de laderas muy cortas y de inclinaciones entre el 2-8%.

Ilustración 6 Amenaza por Movimientos de los tramos en estudio



Fuente: Información: Esquema de ordenamiento territorial de Yotoco, Mapa: El Autor

- Muy Alta
- Alta
- Baja

6.5.4 Amenaza Volcánica

El municipio de Yotoco presenta baja amenaza por problemas por amenaza volcánica.

6.5.5 SISMICIDAD

La Norma Colombiana de construcciones sismo resistentes ubica al Municipio de Yotoco en una zona de amenaza sísmica Alta, los coeficientes sísmicos tienen las siguientes magnitudes:

Tabla 14 Coeficientes sísmicos del municipio de Yotoco

| MUNICIPIO | ZONA DE AMENAZA SÍSMICA | Aa | Av | Ad | Ae |
|-----------|-------------------------|------|------|-----|------|
| Yotoco | Alta | 0.25 | 0.25 | 0.1 | 0.16 |

Fuente: El Autor

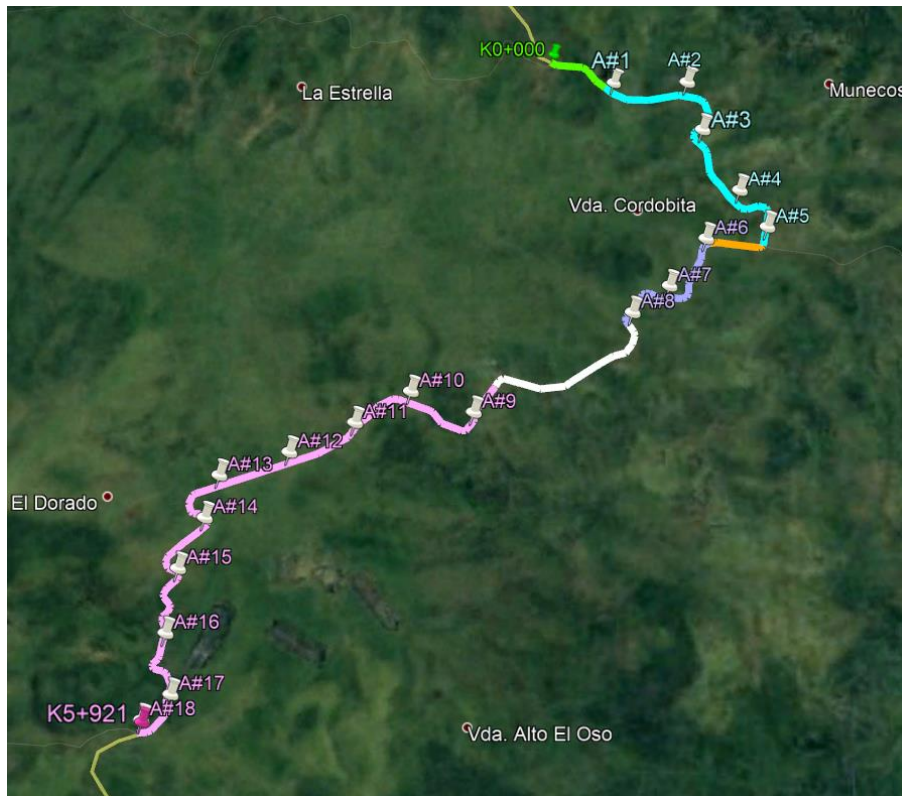
Lo anterior se especifica según la Norma de Diseño y Construcción Sismo Resistente para Colombia, en su aparte del Capítulo A.2.3 –Zona de Amenaza Sísmica y Movimientos Sísmicos de Diseño del NSR-10.

6.5.6 Trabajo de campo

Para efectos de auscultar el suelo de fundación, se programó la ejecución de dieciocho (18) apiques para los tres (3) tramos en estudio, separados cada 300 metros de tal manera que permitan corroborar la orientación y secuencia de la estratigrafía, además de los parámetros físico-mecánicos que definen las características del suelo de fundación y la verificación de la capacidad de soporte.

En todos los apiques realizados fue posible la obtención de muestras inalteradas, talladas in situ y ensayadas en el laboratorio mediante el ensayo de C.B.R. De igual manera se seleccionó y recolectó rotulando debidamente las muestras recuperadas a diferentes profundidades para efectos de elaborar los ensayos clasificatorios y de caracterización físico- mecánica de los materiales.

Todos los CBR se sumergieron durante cuatro (4) días, con el fin de ensayarlos en una condición más críticas, además de medir su grado de expansión.



Fuente: Plano: Google Earth, Ubicación: El Autor

6.5.7 ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre las muestras tomadas en campo se realizó la clasificación por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y AASHTO, además, se determinaron las características de resistencia mecánica del suelo, mediante la ejecución de los siguientes ensayos de laboratorio:

- Tamizado.
- Límites líquido y plástico.
- Determinación de humedad.
- Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR

6.5.8 Análisis detallado de la subrasante

A continuación, se muestra el análisis detallado de la subrasante:

6.5.8.1 TRAMO N°1 (K0+205.45 al K1+525)

- SUELO DE COLOR MARRÓN Y/O ROJIZO: Suelo fino limoso de alta compresibilidad (MH). Presenta valores de humedad natural entre 38-79%, límite líquido entre 36-121%, límite plástico entre 24-90% e índice de plasticidad entre 12-32%.

Tabla 15 Propiedades del suelo de color marrón y/o rojizo obtenido de los apiques realizados para el tramo N°1

| APIQUE N° | ABSCISA | PROF. (m) | W (%) | LL (%) | LP (%) | IP (%) | CLASIFICACIÓN (U.S.C) |
|----------------------------|---------|-----------|--------------|---------------|--------------|--------------|-----------------------|
| 1 | K0+300 | 0.60 | 37.5 | 35.5 | 23.9 | 11.6 | CL |
| 2 | K0+600 | 0.20 | 47.4 | 100.2 | 71 | 29.2 | MH |
| 3 | K0+900 | 0.20 | 51 | 88.6 | 60.4 | 28.2 | MH |
| 4 | K1+200 | 0.60 | 40.2 | 85.1 | 48.5 | 36.6 | MH |
| 5 | K1+500 | 0.65 | 78.7 | 120.9 | 89.6 | 31.3 | MH |
| Mínimo | | | 37.50 | 35.50 | 23.90 | 11.60 | MH |
| Máximo | | | 78.70 | 120.90 | 89.60 | 36.60 | |
| Promedio | | | 50.96 | 86.06 | 58.68 | 27.38 | |
| Desviación Estándar | | | 16.43 | 31.53 | 24.62 | 9.40 | |
| Percentil 85 | | | 62.08 | 108.48 | 78.44 | 33.42 | |
| Percentil 90 | | | 67.62 | 112.62 | 82.16 | 34.48 | |

Fuente: El Autor

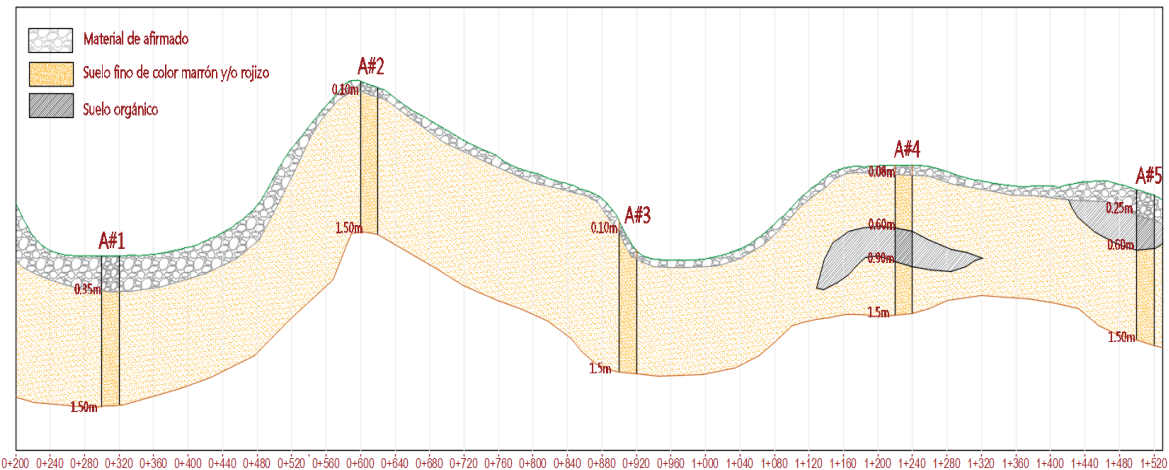
- SUELO DE COLOR CAFÉ OSCURO: Este estrato se encontró en el apique N°4 a una profundidad de 0.6 metros hasta los 0.9 metros y en el sondeo N°5 a una profundidad de 0.25 metros hasta los 0.60 metros. Este material se clasifica como un suelo limoso de alta compresibilidad (MH) contaminado con presencia de raíces, Presenta valores de humedad natural de 40%, límite líquido de 85%, límite plástico de 49% e índice de plasticidad de 37%.

Tabla 16 Propiedades del suelo de color café oscuro obtenido de los apiques N°4 y 5 realizados para el tramo N°1

| APIQUE N° | ABSCISA | PROF. (m) | W (%) | LL (%) | LP (%) | IP | CLASIFICACIÓN (U.S.C) |
|-----------|---------|-----------|-------|--------|--------|------|-----------------------|
| 4 | K1+200 | 0.60 | 40.2 | 85.1 | 48.5 | 36.6 | MH |

Fuente: El Autor

Ilustración 7 Perfil estratigráfico deducido del tramo N°1



Fuente: El Autor

6.5.8.2 TRAMO N°2 (K1+750 al K2+370)

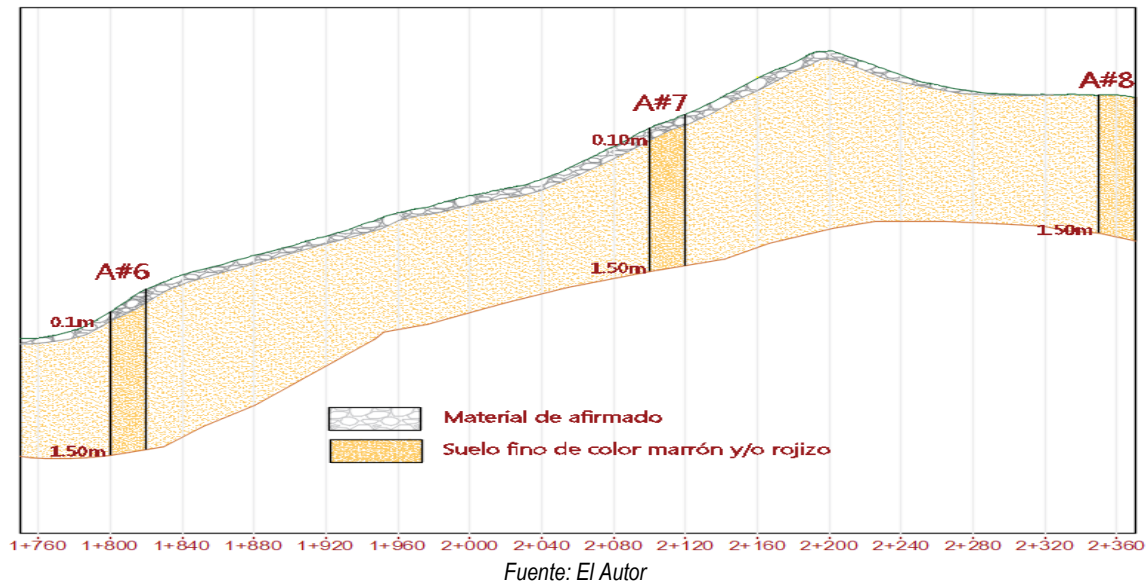
- **SUELO DE COLOR MARRÓN Y/O ROJIZO:** Suelo fino limoso de compresibilidad variable (MH, ML). Presenta valores de humedad natural entre 28-40%, limite líquido entre 34-60%, limite plástico entre 27-38% e índice de plasticidad entre 7-22%.

Tabla 17 Propiedades del suelo de color marrón y/o rojizo obtenido de los apiques realizados para el tramo N°2

| APIQUE N° | ABSCISA | PROF. (m) | W (%) | LL (%) | LP (%) | IP | CLASIFICACIÓN (U.S.C) |
|----------------------------|---------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
| 6 | K1+800 | 0.30 | 40.1 | 34.2 | 27.1 | 7.1 | ML |
| 7 | K2+300 | 0.20 | 29.3 | 42 | 32.4 | 9.6 | ML |
| 8 | K2+600 | 0.20 | 27.7 | 60.4 | 38.2 | 22.2 | MH |
| Mínimo | | | 27.70 | 34.20 | 27.10 | 7.10 | MH - ML |
| Máximo | | | 40.10 | 60.40 | 38.20 | 22.20 | |
| Promedio | | | 32.37 | 45.53 | 32.57 | 12.97 | |
| Desviación Estándar | | | 6.74 | 13.45 | 5.55 | 8.09 | |
| Percentil 85 | | | 36.86 | 54.88 | 36.46 | 18.42 | |
| Percentil 90 | | | 37.94 | 56.72 | 37.04 | 19.68 | |

Fuente: El Autor

Ilustración 8 Perfil estratigráfico deducido del tramo N°2



6.5.8.3 TRAMO N°3 (K3+090 al K5+921)

- **SUELO DE COLOR MARRÓN Y/O ROJIZO:** Suelo fino limoso de alta compresibilidad (MH). Presenta valores de humedad natural entre 35-94%, limite líquido entre 53-132%, limite plástico entre 30-95% e índice de plasticidad entre 17-38%.

Tabla 18 Propiedades del suelo de color marrón y/o rojizo obtenido de los apiques realizados para el tramo N°3

| APIQUE N° | ABSCISA | PROF. (m) | W (%) | LL (%) | LP (%) | IP | CLASIFICACIÓN (U.S.C) |
|---------------------|---------|-----------|-------|--------|--------|-------|-----------------------|
| 9 | K2+800 | 0.60 | 43.8 | 88.8 | 62.7 | 26.1 | MH |
| 10 | K3+600 | 0.80 | 37 | 53.2 | 30.2 | 22.9 | MH |
| 11 | K3+900 | 0.20 | 43 | 84.4 | 49.1 | 35.3 | MH |
| 13 | K4+500 | 0.30 | 93.6 | 128.6 | 90.9 | 37.7 | MH |
| 14 | K4+800 | 0.70 | 39.8 | 65.1 | 42.4 | 22.7 | MH |
| 15 | K5+100 | 0.60 | 46.9 | 69.3 | 52.2 | 17.1 | MH |
| 16 | K5+400 | 0.25 | 42.9 | 103.6 | 79.6 | 24 | MH |
| 17 | K5+700 | 0.20 | 39.2 | 77.4 | 44.5 | 32.9 | MH |
| 18 | K6+100 | 0.40 | 34.9 | 132.3 | 94.9 | 37.4 | MH |
| Mínimo | | | 34.90 | 53.20 | 30.20 | 17.10 | MH |
| Máximo | | | 93.60 | 132.30 | 94.90 | 37.70 | |
| Promedio | | | 46.79 | 89.19 | 60.72 | 28.46 | |
| Desviación Estándar | | | 17.93 | 27.51 | 22.85 | 7.50 | |
| Percentil 85 | | | 46.28 | 123.60 | 88.64 | 36.98 | |
| Percentil 90 | | | 56.24 | 129.34 | 91.70 | 37.46 | |

Fuente: El Autor

- **SUELO DE COLOR CAFÉ OSCURO:** Este estrato se encontró en los apiques N°12, 16 y 18 a una profundidad los 0.0 hasta cerca de los 0.2-0.4 metros. Este material se clasifica como un suelo limoso de alta compresibilidad (MH) contaminado con presencia de raíces, Presenta valores de humedad natural de 73%, limite líquido de 109%, limite plástico de 79% e índice de plasticidad de 30%.

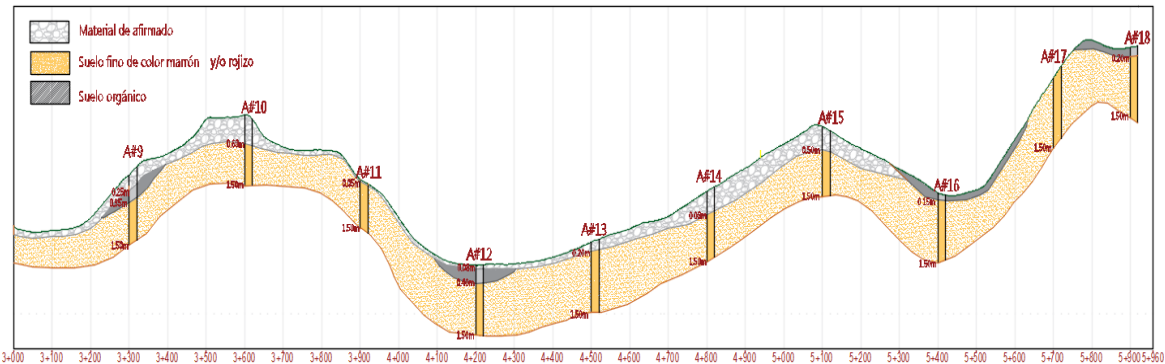
Tabla 19 Propiedades del suelo de color café oscuro obtenido de los apiques N°12, 16 y 18 realizados para el tramo N°3

| APIQUE N° | ABSCISA | PROF. (m) | W (%) | LL (%) | LP (%) | IP | CLASIFICACIÓN (U.S.C) |
|-----------|---------|-----------|-------|--------|--------|----|-----------------------|
| | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----|--------|------|------|-------|------|----|----|
| 12 | K4+200 | 0.40 | 72.6 | 108.5 | 78.5 | 30 | MH |
|----|--------|------|------|-------|------|----|----|

Fuente: El Autor

Ilustración 9 Perfil estratigráfico deducido del tramo N°3



Fuente: El Autor

Es posible afirmar que el suelo de subrasante de los tres (3) tramos, presenta homogeneidad en sus características físicas, incluida su clasificación, encontrándose variabilidad únicamente en algunos casos su diferencia en las tonalidades entre marrón y rojizo.

6.5.9 RESUMEN DEL CBR DE DISEÑO PARA CADA TRAMO

De acuerdo con los resultados de los tres métodos usados para la determinación del CBR de diseño, se concluye que el CBR de diseño adoptado para cada tramo será:

Tabla 20 Valor de CBR de diseño adoptado para cada tramo

| TRAMO N° | ABSCISA | | MÉTODO CBR DE DISEÑO (%) | | | CBR DISEÑO ADOPTADO (%) |
|----------|-----------|--------|--------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| | INICIAL | FINAL | Instituto del Asfalto | Criterio de la Media | Promedio Aritmético | |
| 1 | K0+205.45 | K1+525 | 2.3 | 1.9 | 2.2 | 2.1 |
| 2 | K1+750 | K2+370 | 6.4 | 6 | 10.43 | 7.6 |
| 3 | K3+090 | K5+921 | 1.7 | 1.3 | 2.29 | 1.8 |

Fuente: El Autor

6.5.10 MÓDULO RESILIENTE DE LA SUB-RASANTE (MR)

Existen diversas correlaciones que describen la relación entre el índice del suelo y las propiedades de resistencia que pueden ser usadas en la estimación del Mr. Los modelos usados por la PCA, para la estimación de Mr según el CBR es el siguiente:

$$Mr = 1500 * CBR \left(\frac{Lb}{\text{pulg}^2} \text{ o } \text{psi} \right)$$

Tabla 21 Módulo resiliente de la subrasante natural para cada tramo de vía

| TRAMO N° | ABSCISA | | CBR DISEÑO ADOPTADO (%) | Mr (Psi) |
|----------|---------|-------|-------------------------|----------|
| | INICIAL | FINAL | | |

| | | | | |
|---|-----------|--------|-----|-------|
| 1 | K0+205.45 | K1+525 | 2.1 | 3150 |
| 2 | K1+750 | K2+370 | 7.6 | 11400 |
| 3 | K3+090 | K5+921 | 1.8 | 2700 |

Fuente: El Autor

6.5.11 CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE

Para el diseño del pavimento, en el Manual de Diseño de pavimentos Rígidos se proponen cinco clases de fundación en función de la capacidad de soporte, evaluada mediante la Relación de soporte de California –CBR (Norma INV E148-07):

Tabla 22 Clasificación de la subrasante de acuerdo a su resistencia

| CLASE O TIPO | CBR (%) |
|--------------|---------|
| S1 | <2 |
| S2 | 2-5 |
| S3 | 5-10 |
| S4 | 10-20 |
| S5 | >20 |

Fuente: Tabla 2-13, Manual de diseño de pavimentos Rígidos

De acuerdo con la tabla anterior, el tramo N°1 (K0+205.45 al K1+525) se clasifica dentro de la clase S2, el tramo N°2 (K1+750 al K2+370) en el S3 y el tramo N°3 (K3+090 al K5+921) en el S1.

6.5.12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De acuerdo con la geología regional y a las perforaciones realizadas en el sector en el estudio se encontraron dos (2) unidades geológicas superficiales. Como primera capa se encontró entre los 8 y 35 centímetros un material antrópico tipo afirmado clasificado como clasto soportado de coloración marrón de consistencia compacta y seguidamente hasta los dos (2.0) metros de profundidad un observe un suelo fino limoso de alta compresibilidad (MH) de tonalidades marrón y/o rojizas de consistencia compacta.
- En el tramo de vía a intervenir se establecen tres (3) unidades de diseño debido a su homogeneidad en cuanto condiciones geológicas, geotécnicas, topográficas, drenaje y ambientales.

Tabla 23 Unidades de diseño del sector en estudio

| UNIDAD DE DISEÑO | ABSCISA INICIAL | ABSCISA FINAL |
|------------------|-----------------|---------------|
| 1 | K0+205.45 | K1+525 |
| 2 | K1+750 | K2+370 |
| 3 | K3+090 | K5+921 |

Fuente: El Autor

- De acuerdo con los métodos estadísticos usados para la determinación del CBR de diseño, se tiene para cada unidad el siguiente valor de CBR:

Tabla 24 Valor de CBR de diseño adoptado para cada unidad de diseño

| ABSCISA |
|---------|
| |

| UNIDAD DE DISEÑO N° | INICIAL | FINAL | CBR DISEÑO ADOPTADO (%) |
|---------------------|-----------|--------|-------------------------|
| 1 | K0+205.45 | K1+525 | 2.1 |
| 2 | K1+750 | K2+370 | 7.6 |
| 3 | K3+090 | K5+921 | 1.8 |

Fuente: El Autor

- Se recomienda que la expansión del suelo de la subrasante natural no sea superior al 2%.
- La subrasante natural presenta porcentajes de expansión lineal entre 0.12 y 0.78%.
- Se consideró la evaluación del CBR por medio de datos estadísticos descriptivos para cada una de las unidades de diseño.
- Debido a que el material de subrasante se clasifica como A-7-5 el cual varía su comportamiento como material de subrasante por cambios de humedad, se recomienda colocar una capa de material de sub-base o un espesor mayor de la capa de base para soportar adecuadamente las cargas del tránsito.
- La calidad y construcción de los materiales considerados en la estructura de pavimento, deberán cumplir a cabalidad con las Especificaciones para Construcción de Carreteras emitidas por el Instituto Nacional de Vías en el año 2013, artículo 300 capas de materiales granulares en especial, el artículo 320-13 material de sub base y 400-13 para pavimentos asfálticos.
- La construcción de los sistemas de drenaje y de contención (sumideros, bordillos, cunetas, filtros, entre otros) deberá avanzar paralelamente a la pavimentación, ya que la vida útil del pavimento está directamente ligada a la eficiencia y funcionamiento de estos.
- Este estudio de suelos es válido para el mejoramiento de la vía Alto del Oso- Crucero Buenos Aires- Alto del Chinche, en el municipio de Yotoco, departamento del Valle del Cauca.

Si durante la construcción se presentan condiciones diferentes a las aquí planteadas como típicas, o si el proyecto sufre variaciones, solicitamos informarnos a la mayor brevedad posible para resolver sobre las modificaciones o adiciones a que haya lugar. Cualquier decisión inconsulta nos exime de responsabilidad.

6.6 Volumen V Estudio Geotécnico para Diseño del Pavimento

En el presente informe se describe detalladamente el conjunto de actividades desarrolladas para llevar a cabo la pavimentación de estas vías las cuales serán modeladas a partir de teorías basadas en procesos mecanicistas de la PCA84, para la obtención de espesores de placa y granulares, según resultados de las pruebas de campo y laboratorio efectuadas al suelo de subrasante y el tránsito futuro esperado. Además, se brindará el diseño de un pavimento tipo placa huella como una segunda alternativa.

Para los tres (3) tramos de la vía que une a las veredas Alto El Oso- Crucero- Buenos Aires- Alto del Chinche en el municipio de Yotoco, se consideró un periodo de diseño de 20 años.

6.6.1 EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE

De acuerdo al Volumen IV “ESTUDIO DE SUELOS” para el mismo proyecto realizado por la firma CITEC LTDA Ingeniera y Geotecnia, se obtuvo las unidades de diseño y su respectivo CBR de diseño.

En el lugar en estudio se realizaron dieciocho (18) apiques para los tres (3) tramos, además, en cada uno de estos se tomó su respectiva muestra inalterada tipo CBR los cuales se ensayaron con cuatro (4) días de inmersión brindando los siguientes resultados.

Tabla 25 Valores de CBR con inmersión para cada tramo

| TRAMO N° | APIQUE N° | ABSCISA | PROFUNDIDAD (m) | CBR (%) CON INMERSIÓN | |
|----------|-----------|---------|-----------------|-----------------------|----------|
| | | | | 0.1 Pulg | 0.2 Pulg |
| 1 | 1 | K0+300 | 0.6 | 2.3 | 2.3 |
| | 2 | K0+600 | 0.2 | 2.3 | 3.9 |
| | 3 | K0+900 | 0.2 | 2.5 | 2.3 |
| | 4 | K1+200 | 0.6 | 2.4 | 2.9 |
| | 5 | K1+500 | 0.65 | 2 | 1.9 |
| 2 | 6 | K1+800 | 0.3 | 10.5 | 9.7 |
| | 7 | K2+100 | 0.2 | 6.5 | 6.4 |
| | 8 | K2+370 | 0.2 | 15.2 | 15.2 |
| 3 | 9 | K3+300 | 0.6 | 2.3 | 2.2 |
| | 10 | K3+600 | 0.8 | 4.5 | 4.5 |
| | 11 | K3+900 | 0.2 | 2.7 | 3 |
| | 12 | K4+200 | 0.4 | 2.3 | 2.2 |
| | 13 | K4+500 | 0.3 | 1.7 | 1 |
| | 14 | K4+800 | 0.7 | 1.7 | 1.8 |
| | 15 | K5+100 | 0.6 | 2.5 | 2.5 |
| | 16 | K5+400 | 0.25 | 1.3 | 1.3 |
| | 17 | K5+700 | 0.2 | 2.5 | 4.5 |
| | 18 | K5+920 | 0.4 | 2.5 | 2.3 |

Fuente: Elaboración propia

Para el proyecto objeto de intervención, se definieron tres (3) unidades de diseño, debido a la homogeneidad de las propiedades físico- mecánicas de los suelos, topografía y drenaje, por lo tanto, el CBR diseño para cada unidad es de:

Tabla 26 Valor de CBR de diseño adoptado para cada unidad de diseño

| UNIDAD DE DISEÑO N° | ABSCISA | | CBR DISEÑO ADOPTADO (%) |
|---------------------|-----------|--------|-------------------------|
| | INICIAL | FINAL | |
| 1 | K0+205.45 | K1+525 | 2.1 |
| 2 | K1+750 | K2+370 | 7.6 |
| 3 | K3+090 | K5+921 | 2.0 |

Fuente: El Autor

6.6.1.1 Determinación del módulo de reacción de la subrasante (K)

Tabla 27 Módulo de reacción K de la subrasante para cada tramo de vía

| UNIDAD DE DISEÑO N° | ABSCISA | | CBR DISEÑO ADOPTADO (%) | MÓDULO DE REACCIÓN K DE LA SUBRASANTE (MPa/m) |
|---------------------|-----------|--------|-------------------------|---|
| | INICIAL | FINAL | | |
| 1 | K0+205.45 | K1+525 | 2.1 | 22 |
| 2 | K1+750 | K2+370 | 7.6 | 48 |
| 3 | K3+090 | K5+921 | 2.0 | 22 |

Fuente: El Autor

6.6.2 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

La modelación de este tipo de estructuras se hará con el método de la PCA.

El método PCA, tiene como base el conocimiento de varias teorías de pavimentos como Westergaard, Picket y Ray así como de elementos finitos. También la experiencia en el comportamiento de varias pruebas e investigaciones como la Arlington Test y diversos proyectos de la misma PCA. Derivado de lo anterior se generó finalmente este método de diseño.

Parte del método fue desarrollado interpretando los resultados del modelo de elementos finitos basados en el comportamiento de una losa de espesor variable y dimensiones finitas (180 x 144 pulgadas) a la cual se le aplicaron cargas al centro, de borde y de esquina, considerando diferentes condiciones de apoyo y soporte.

El método de diseño de la PCA considera dos criterios de evaluación en el procedimiento de diseño, el criterio de erosión de la sub-base por debajo de las losas y la fatiga del pavimento de concreto.

El criterio de erosión reconoce que el pavimento puede fallar por un excesivo bombeo, erosión del terreno de soporte y diferencias de elevaciones en las juntas. El criterio del esfuerzo de fatiga reconoce que el pavimento pueda fallar, presentando agrietamiento derivado de excesivas repeticiones de carga.

A diferencia del método AASHTO el método de diseño PCA, consideró un valor fijo de módulo de elasticidad del Concreto (E_c) = 4'000,000 psi que no lo hizo variar en relación con la resistencia a la flexión del concreto (MR), así como tampoco varió el coeficiente de poisson de 0.15.

Este método considera algunas limitaciones en los valores de módulo de reacción K del suelo, en donde el rango de valores para los que el método fue desarrollado oscila entre los 50 y 700 pci.

Una ventaja que se debe reconocer en el método de la PCA es que toma el tráfico real que estima circulará sobre el pavimento, sin convertirlo a Ejes Sencillos Equivalentes

6.6.2.1 Espesor inicial del pavimento

La elección de un espesor adecuado en el diseño es consecuencia de muchos factores involucrados en la modelación como el efecto por fatiga, erosión, calidad y espesor de la sub base, si lleva o no sub base, el confinamiento lateral, la existencia de bermas o ausencia de estas, la forma y grado como se transfiere las cargas, el tipo de carga a la que se somete la losa, etc.

Se ha realizado una estimación del espesor mínimo de la placa de concreto que va desde 18 cm hasta 20 cm para las tres unidades homogéneas de diseño y con base en ello se sensibilizó el espesor para un módulo de rotura de 4.0 MPa, encontrando que se tiene una buena eficiencia para espesores de 19 cm.

6.6.2.2 Módulo de reacción de la subrasante y módulo combinado

Para determinar el módulo de reacción K de soporte, se tendrá en cuenta el conjunto sub rasante / sub-base granular seleccionada que proporcionara uniformidad al apoyo de las placas de pavimento (en el caso de pavimentos rígidos).

De esta manera conociendo el CBR de diseño, podemos inferir de este CBR el módulo de reacción K de la sub rasante y del conjunto establecido por la presencia de la sub base granular a colocar.

Bajo estas consideraciones y para manejo de la modelación y sensibilización hemos obtenido lo siguiente:

6.6.2.2.1 Con sub-base granular

6.6.2.2.1.1 TRAMO N°1 (K0+205.45 al K1+525) y el N°3 (K3+090 al K5+921)

Para el tramo N°1 y 3 se obtuvo un CBR de diseño del 5.2% con un material de mejoramiento de 40cm, pero por efectos técnico- económicos, únicamente se hará uso de un material de mejoramiento de 10 cm y de una geomalla biaxial PBX12 de Pavco, por lo tanto, para este valor de CBR el módulo de reacción K de la subrasante es de 42 MPa/m, pero, mediante la inclusión de un material de sub base granular de 20 cm, el K combinado de la sub rasante será de 54.91 MPa/m.

6.6.2.2.1.2 TRAMO N°2 (K3+090 al K5+921)

Para el tramo N°2 se obtuvo un CBR de diseño del 7.6%, para este valor de CBR el módulo de reacción K de la subrasante es de 48 MPa/m, pero, mediante la inclusión de un material de sub base granular de 20 cm, el K combinado de la sub rasante será de 60.39 MPa/m.

6.6.2.3 Transferencia de carga y soporte lateral

El prever y elegir el tipo de juntas y bermas, el módulo de rotura del concreto, el valor K del conjunto, la distribución de la carga y el número de repeticiones dentro del diseño, el análisis de la modelación donde se observa quien controla el diseño si el de fatiga o el de erosión, nos lleva a definir si usamos o no pasadores de carga. Por las condiciones geométricas del proyecto, y su reducida sección transversal, la construcción de bermas para proteger las losas, es casi imposible, partiendo de este hecho, la transferencia de carga se hará por medio de pasadores de carga y los espesores de los materiales de la estructura también se ven afectados.

6.6.2.4 Módulo de rotura del concreto (MR)

El módulo de rotura para las modelaciones se ha establecido en 4.0 MPa, una vez elegido el modulo con el cual se trabajara las losas, este se verificará mediante ensayos de resistencia a la flexión realizada sobre vigas estándar de sección 15 cm por 15 cm y 75 cm de longitud. Se realizará con tres o cuatro apoyos después de haber logrado su curado a 28 días.

6.6.3 CAPAS GRANULARES

6.6.3.1 SUB-BASE

Los agregados para la construcción de la sub base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en el aparte 320.2 *Materiales* del Artículo 320-13 *Sub-base granular*.

Los agregados para la construcción de la sub-base granular deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

Tabla 28 Requisitos de los agregados para sub-bases granulares

| CARACTERÍSTICA | NORMA DE ENSAYO INV | SUB-BASE GRANULAR | | |
|---|---------------------|-------------------|----------|----------|
| | | CLASE C | CLASE B | CLASE A |
| Dureza (O) | | | | |
| Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%) | E-218 | 50 | 50 | 50 |
| Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%) | E-238 | - | 35 | 30 |
| Durabilidad (O) | | | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio | E-220 | 12 18 | 12 18 | 12 18 |
| Limpieza (F) | | | | |
| Límite líquido, máximo (%) | E-125 | 25 | 25 | 25 |
| Índice de plasticidad, máximo (%) | E-125 y E-126 | 6 | 6 | 6 |
| Equivalente de arena, mínimo (%) | E-133 | 25 | 25 | 25 |
| Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%) | E-211 | 2 | 2 | 2 |
| Resistencia del material (F) | | | | |
| CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo. | E-148 | 30 | 30 | 40 |

Fuente: Artículo 320, Sub-base granular

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Tabla 29 Franjas granulométricas del material de sub-base granular

| TIPO DE GRADACIÓN | TAMIZ (mm / U.S. Standard) | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--|--|
| | 50.0 | 37.5 | 25.0 | 12.5 | 9.5 | 4.75 | 2.00 | 0.425 | 0.075 | | |
| | 2" | 1 1/2" | 1" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | | |
| % PASA | | | | | | | | | | | |
| SBG-50 | 100 | 70-95 | 60-90 | 45-75 | 40-70 | 25-55 | 15-40 | 6-25 | 2-15 | | |
| SBG-38 | - | 100 | 75-95 | 55-85 | 45-75 | 30-60 | 20-45 | 8-30 | 2-15 | | |
| Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±) | 0 % | 7 % | | | | 6 % | | | 3 % | | |

Fuente: Artículo 320, Sub-base granular

6.6.4 RESULTADOS DEL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

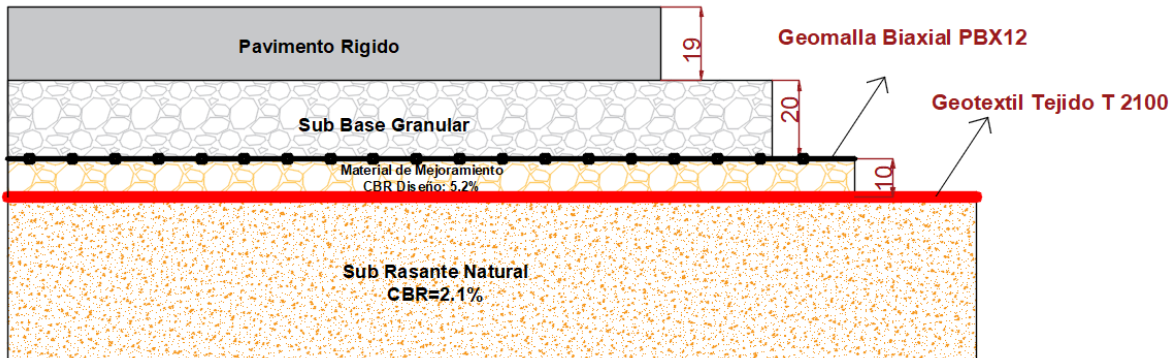
6.6.4.1 Método de la PCA: TRAMO N°1 (K0+205.45 al K1+525) y el N°3 (K3+090 al K5+921)

Para el tramo N°1 y 3 se recomienda un material de mejoramiento de 10 cm, una geomalla biaxial de referencia PBX12 y geotextil tejido T2100 con el fin de aumentar la capacidad de soporte. Para estas dos unidades se trabajará con un único diseño de pavimentos.

Tabla 30 Resultados de la modelación con MR-4.0 con bermas para los tramos N°1 y 3

| MODELACIÓN DEL TRAMO N° | 1 Y 3 |
|---|-------|
| CBR DE DISEÑO | 5.2% |
| SUB-BASE GRANULAR ESPESOR EN cm | 20 |
| MATERIAL DE MEJORAMIENTO EN cm | 10 |
| GEOMALLA PAVCO ref. PBX 12 | SI |
| GEOTEXTIL TEJIDO T2100 | SI |
| MODULO DE ROTURA MR DEL CONCRETO EN Mpa | 4.0 |
| K DE LA SUBRASANTE EN MPa | 42 |
| K DE APOYO O DE CONJUNTO EN MPa | 54.91 |
| TRANSITO TIPO | TOTAL |
| DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DEL TRANSITO | |
| ESPEOR DE LOSA EN cm | 19 |
| BERMAS | SI |
| PASADORES | SI |
| FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA | 1 |
| CONSUMO DE FATIGA EN % | 56 |
| CONSUMO DE EROSIÓN EN % | 46 |
| APROBACIÓN | SI |

Ilustración 10 Dimensionamiento de la estructura de pavimento rígido para los tramos N°1 y 3 (Dimensiones en cm)



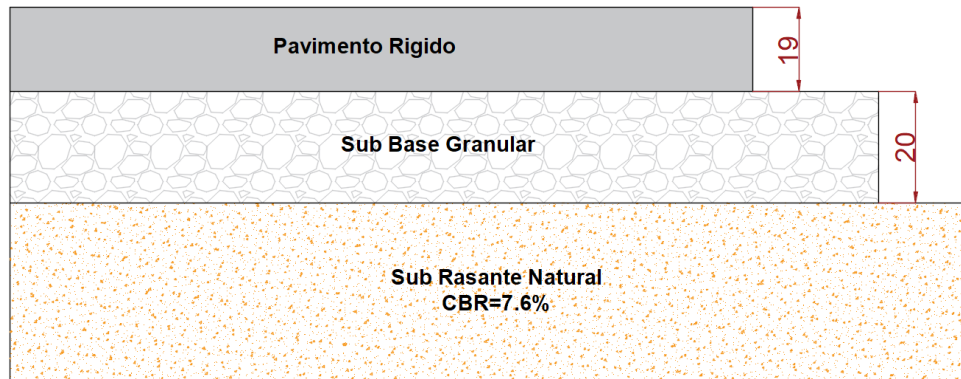
Los esfuerzos en la losa, con las dimensiones de corte recomendadas cumplen con los esfuerzos admisibles, por lo tanto se considera la modulación de las losas acertadas con una longitud de 3.20m, para ancho de calzada de 5.00 metros.

6.6.4.2 Método de la PCA: TRAMO N°2 (K1+750 al K2+370)

Tabla 31 Resultados de la modelación con MR-4.0 con bermas para el tramo N°2

| MODELACIÓN TRAMO N° | 2 |
|---|-------|
| CBR DE DISEÑO | 7.6% |
| SUB-BASE GRANULAR ESPESOR EN cm | 20 |
| GEOMALLA PAVCO ref. LBO 202 | NO |
| MEJORAMIENTO | NO |
| MODULO DE ROTURA MR DEL CONCRETO EN Mpa | 4.0 |
| K DE LA SUBRASANTE EN MPa | 48 |
| K DE APOYO O DE CONJUNTO EN MPa | 60.39 |
| TRANSITO TIPO | TOTAL |
| DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DEL TRANSITO | |
| ESPESOR DE LOSA EN cm | 19 |
| BERMAS | SI |
| PASADORES | SI |
| FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA | 1 |
| CONSUMO DE FATIGA EN % | 20 |
| CONSUMO DE EROSIÓN EN % | 32 |
| APROBACIÓN | SI |

Ilustración 11 Dimensionamiento de la estructura de pavimento rígido para el tramo N°2



Fuente: Elaboración propia

Los esfuerzos en la losa, con las dimensiones de corte recomendadas cumplen con los esfuerzos admisibles, por lo tanto se considera la modulación de las losas acertadas con una longitud de 3.2m, para ancho de calzada de 5.00metros

6.6.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Debido a que los tramos o unidades de diseño N°1 (K0+205.45 al K1+525) y N°3 (K3+090 al K5+921) presentan la capacidad de soporte del suelos de subrasante inferior al 3% (CBR<3%), se recomienda realizar mejoramientos de tipo mecánico y/o utilizar materiales geo-sintéticos para estabilizar y aumentar la resistencia de las condiciones naturales del suelo de apoyo. Para establecer el CBR de diseño y determinar el espesor de este material de mejoramiento se empleó el criterio de IVANOV, que considera un material granular de mejoramiento nuevo en función del suelo de fundación para determinar el espesor mínimo o la resistencia final obtenida en conjunto (suelo de subrasante-suelo de mejoramiento).
- De acuerdo con el método de Ivannov se recomienda emplear tanto para el tramo N°1 (K0+205.45 al K1+525) y el N°3 (K3+090 al K5+921) un espesor de material de mejoramiento con CBR >15% igual a 20 cm, el cual permitirá aumentar la capacidad de soporte actual de la subrasante de 2.1% y llevarlo a un CBR del orden de 5%. Además es importante realizar un análisis técnico- económico con una estructura reforzada y/o estabilizada con el uso de geomallas biaxiales tipo PBX12 y un geotextil tejido T2100 con el fin de reducir aún más el material de mejoramiento.
- Para cada uno de los tramos se brindan dos opciones de pavimentos, uno rígido y otro en tipo placa huella con la siguiente estructura:

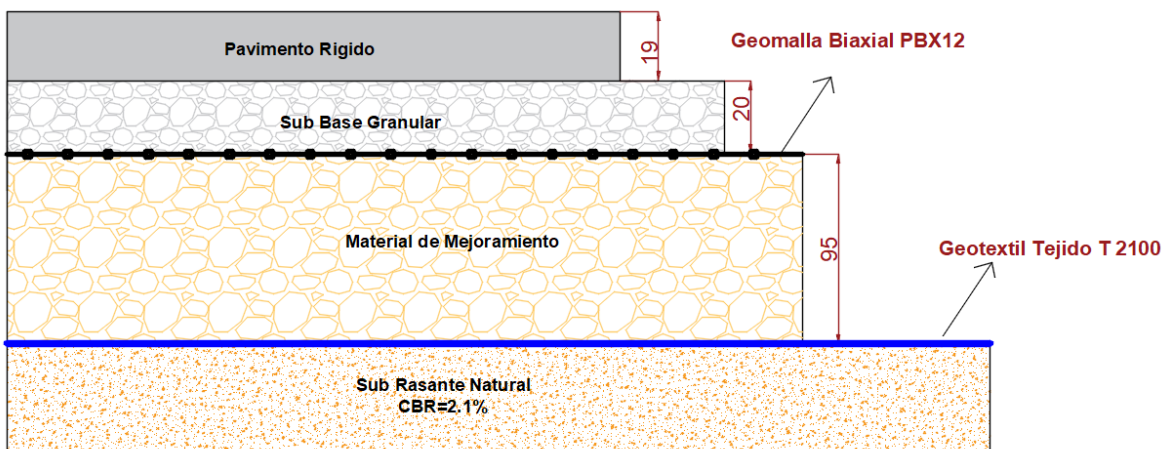
Tabla 32 Espesores de la estructura recomendada para cada tramo

| TRAMO | PAVIMENTO PLACA HUELLA $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ | | | | PAVIMENTO RÍGIDO NO CONVENCIONAL, Ancho=2.5m,Largo 3.2m, MR=4.0 Mpa | | | | | |
|------------------------|--|--------------------|-----------------|-----------------------|---|--------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|
| | ESPEJOR PLACA cm | ESPEJOR SUBBASE cm | MEJORAMIENTO cm | ESPEJOR ESTRUCTURA cm | ESPEJOR PLACA cm | ESPEJOR SUBBASE cm | MEJORAMIENTO cm | GEOMALLA PBX12 | GEOTEXTIL T2100 | ESPEJOR ESTRUCTURA cm |
| | N°1 (K0+205.45 al K1+525) | 15 | 15 | 40 | 70 | 19 | 20 | 10 | SI | SI |
| N°2 (K1+750 al K2+369) | 15 | 15 | 0 | 30 | 19 | 20 | 0 | NO | NO | 19 |
| N°3 (K3+090 al K5+921) | 15 | 15 | 40 | 70 | 19 | 20 | 10 | SI | SI | 49 |

Fuente: El Autor

- Debido a que en el sector comprendido entre el K4+100 y el K4+300 la comunidad reporta la posibilidad de inundaciones que pueden producir zonas anegadas en los laterales de la vía y en la calzada misma, es necesario subir la rasante respecto a la vía existente aproximadamente 0.85 metros e implementar canales que drenen paralelos a la vía y que desagüen en la obra que existe en el K4+200.
De conformidad a lo anterior, se recomienda que en el sector comprendido entre el K4+100 y el K4+300 se implemente de igual manera el uso de un geotextil tejido T2100 y la geomalla biaxial PBX12 que proporcionen muy buena adaptabilidad a los agentes climáticos e hidráulicos que se puedan presentar en el terreno, además, de que proteja las propiedades del material de mejoramiento que se usará para aumentar la capacidad de soporte de la subrasante natural y que permita muy buenas funciones de filtración y separación.

Ilustración 12 Recomendación de uso de geotextil para el K4+100 al K4+300



Fuente: Elaboración propia

- Para los tres tramos la estructura es la misma en cuanto al espesor de la losa y la sub base granular. Difiere el tramo N°2 del tramo N°1 y 3, en que estos últimos hay que reforzar mediante el uso de geotextiles y geomallas biaxiales, además de un material de mejoramiento de tan solo 10cm.
- El módulo de rotura del concreto será de 4.00 Mpa.
- Sub base granular tipo INVIAS con CBR preferiblemente >50%
- Material de mejoramiento con CBR = o > 15%
- Este material de mejoramiento es principalmente para garantizar un mejor trabajo de la geomalla biaxial, colocada entre estos dos materiales (sub base y mejoramiento).
- El geotextil es básicamente para aislar la sub rasante del material de mejoramiento y no permitir que se contaminen los granulares por migración de materiales finos, además de propiciar un ligero aporte a la capacidad de soporte de la sub rasante.
- En cuanto a drenaje se refiere a pesar de que el sector presenta temperaturas intermedias, debe tenerse en cuenta que en épocas de invierno la lluvia se presenta de manera fuerte incidiendo de manera importante en la consistencia de los suelos existentes. Además, los tramos presenta topografía plana a ondulada lo cual implica un proceso de drenaje dificultoso y volúmenes de agua acumulada en periodos de tiempo relativamente largos. De esta manera es conveniente se dé celeridad a su construcción, con programas de mejoramiento compactación y colocación de la estructura del pavimento. Se aconseja que una vez colocada, conformada y compactada el material de sub-base granular, se proteja esta con un riego de asfalto o

sencillamente cubrir esta con un material impermeable que permita tener la sub base granular en condición adecuada y plena para recibir así las losas de concreto.

- Para todos los tramos se recomienda la construcción de filtros sub-superficiales que permitan filtrar, captar conducir y evacuar controladamente los flujos de agua que lleguen a la vía o permanezcan en ella causando desperfectos en su estructura.
- El drenaje vial es fundamental en la vida del pavimento. Se localizará y diseñará las obras adecuadas tendientes a controlar el agua que pueda modificar las propiedades de cada una de las capas estructurales. De esta manera, es necesario inspeccionar y verificar el diseño de cunetas, alcantarillas, descoles, encoles existentes, con el fin de evacuar en forma rápida y eficiente toda el agua que podría interferir en el buen funcionamiento mecánico de la estructura del pavimento.
- Es importante que para un buen desempeño de la estructura del pavimento en general, se de garantía de que en los sitios donde se hayan designado excavaciones para construcción de alcantarillas y obras afines, los rellenos se hayan efectuado con la normatividad que rigen los procesos de compactación. Caso contrario, es de vital importancia que estos problemas se arreglen mejorando las condiciones de acomodo en cuanto a compactación se refiere.
- La calidad y construcción de los materiales considerados en la estructura de pavimento, deberán cumplir a cabalidad con las Especificaciones para Construcción de Carreteras emitidas por el Instituto Nacional de Vías en el año 2013, artículo 300.

6.6.5.1 Recomendaciones para pavimento rígido

- Para la construcción del pavimento es necesario preparar el terreno natural, la capa de sub-base y la preparación de la mezcla de concreto para lograr la capacidad estructural de acuerdo al diseño planteado. Para este tipo de pavimento en particular los requisitos pueden variar considerablemente dependiendo del tipo de suelo de la subrasante, de las condiciones ambientales y de la cantidad de tráfico pesado. Cualquiera que sea el caso, el objetivo deberá ser el poder obtener una condición de apoyo uniforme para el pavimento durante toda la vida útil de este.
- A continuación, se presentan sus principales pasos constructivos.
 - Preparación y acabado (conformación y compactación) de la subrasante natural e inclusión de un material de mejoramiento para suplir deficiencias en la sub rasante, ya sea por mala calidad de la misma o para cubrir deficiencias en procesos constructivos de alcantarillados y domiciliarias, donde con frecuencia se cambia de material de relleno y no se compacta de manera adecuada.
 - Proporcionar una capa de sub-base granular o sub base tratada con cemento si así lo requiere, de espesor indicado según el caso, conformada y compactada debidamente según normatividad INVIAS.
 - Colocación de formaletas.
 - Instalación de juntas, Para las juntas transversales de contracción y expansión, es necesario colocar pasadores de carga, estos deben ser de acero liso de diámetro igual a 1 pulgada, una longitud de 35.0 cm y espaciados centro a centro 30 cm. Se recomienda pasadores más largos para evitar fisuraciones de punta, aumentando en 30cm su longitud. Las barras usadas en las Juntas Longitudinales, deben ser de acero corrugado de ½ pulgada de diámetro, longitud 60cms y espaciadas aproximadamente cada 90 cm, y distantes del vértice de la placa en no menos de 0.40m.
 - Dosificación mediante diseño de mezclas de agregados, agua y cemento según módulo de rotura deseado.
 - Mezclado y colocación del concreto, el espesor de las losas proyectadas de acuerdo con el diseño de cada unidad señalado en las secciones transversales definitivas de las estructuras de pavimento obtenidas, con módulo de rotura mínimo de 4.0 Mpa.
 - Extendido, nivelado, texturizado y acabado del concreto.

- Programación de pre corte para inducción de la fisuración en y por la junta de expansión, y posterior sello de la junta.
- Para dar al servicio el pavimento rígido, se deben sellar las juntas y verificar que la resistencia del concreto esté cercana al módulo de rotura especificado, para evitar la fisuración después del proceso constructivo. Para lograr lo anterior se recomienda un buen curado del concreto y un programa de control de calidad.
- Para el buen desarrollo de la construcción del pavimento rígido, se ha de tener en cuenta las recomendaciones consignadas en las Normas Para Construcción de Carreteras en su aparte del Artículo 500-13.

6.7 Volumen VI Estudio de Hidráulica, Hidrología y Socavación

Para la elaboración del estudio del hidrología, hidráulica y socavación del tramo vial a intervenir fue necesario la recopilación de la información básica existente de la cartografía de la región teniendo en cuenta la plancha 280-I-A-2 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC y las imágenes satelitales de apoyo obtenidas de los portales del Ideam, el portal de la Nasa y Google Earth Pro.

Adicionalmente se cuenta con la información necesaria para el análisis hidrológico como son los registros de precipitaciones, caudales y parámetros climáticos de las estaciones pluviométricas, hidrológicas y meteorológicas existentes en la zona de interés operadas por el IDEAM o la CVC, con el objetivo de determinar los parámetros principales para el cálculo de los caudales de diseño de las obras a implementar.

El trabajo de campo consistió en las siguientes actividades:

- Reconocimiento visual del estado actual de la vía
- Inspección de las estructuras de drenaje existentes mediante la cual se determinan aspectos tales como: número de estructuras de drenaje, estado estructural, estado de funcionamiento hidráulico y se toman las medidas de los elementos estructurales como muros, aletas y longitud de ducto.
- Registro fotográfico de cada una de las obras
- Ubicación de drenajes existentes permanentes o intermitentes en el tramo de estudio, zonas de drenaje donde se puedan implementar estructuras de drenaje nuevas
- Aspectos importantes dentro de los tramos de intervención en los cuales se puedan encontrar redes de servicios públicos como: redes de distribución de agua potable, alcantarillados sanitarios o en su defecto vertimientos de aguas residuales en sectores de la vía o en sus estructuras de drenaje.

6.7.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico se basó en el análisis de la información hidrológica teniendo en cuenta la información extraída del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM en su enlace del Sistema de Información del Recurso Hídrico – SIRH; esta información corresponde a los registros de precipitación de las estaciones pluviométricas encontradas dentro de la zona de estudio o cercanas a ella, las cuales son operadas por el IDEAM o la CVC en la zona de influencia del proyecto. Dado el caso en el cual no se encuentre datos de las estaciones en las páginas Web de las entidades en Colombia se puede usar también los registros de la página Web de la Nasa¹.

A continuación, se presenta el análisis hidrológico, el cual permitirá encontrar los caudales máximos de diseño asociados a diferentes tiempos de retorno; adicionalmente se describen los elementos meteorológicos básicos requeridos por el estudio de acuerdo con el Manual de Drenaje para Carreteras INVIAS 2009; los cuales son precipitación total anual, número de días con lluvia, temperatura media anual y clasificación climática de la zona de estudio entre otros.

6.7.1.1 Estaciones pluviométricas

La identificación de las estaciones pluviométricas presentes en la zona de estudio se llevó a cabo mediante el Sistema de Información del Recurso Hídrico – SIRH del IDEAM; como se puede observar en la Tabla 33, existen

¹ NASA POWER – <https://power.larc.nasa.gov>

varias estaciones meteorológicas de tipo convencional y automática con telemetría en la zona de influencia del proyecto, sin embargo no todas cuentan con registros completos que tengan como mínimo un rango de 20 años como periodo básico de análisis. Por tanto, se procede al análisis de los datos de las estaciones que cumplan con esta característica.

Tabla 33 Estaciones pluviométricas e hidrológicas municipio del Yotoco, Departamento del Valle del Cauca

| Estadísticas Meteorológicas | | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------------|---------------|---------------------------|------------|
| Usted podrá consultar la información meteorológica de las estaciones de monitoreo IDEAM | | | | | |
| Área | Seleccione | Zona | Seleccione | Subzona | Seleccione |
| [Buscar] | | | | | |
| Departamento | VALLE DEL CAUCA | | Municipio | YOTOCO | |
| Opciones View [Detach] | | | | | |
| Id | Nombre | Categoría | Clase | Tipo | Municipio |
| 26085070 | BOSQUE YOTOCO [26085070] | Climatologica Ordinaria | Meteorologica | Convencional | YOTOCO |
| 26085140 | GARZONERO [26085140] | Climatologica Ordinaria | Meteorologica | Convencional | YOTOCO |
| 26080170 | GARZONERO [26080170] | Pluviometrica | Meteorologica | Convencional | YOTOCO |
| 26080190 | CANEY EL [26080190] | Pluviometrica | Meteorologica | Convencional | YOTOCO |
| 26080240 | BUENOS AIRES [26080240] | Pluviometrica | Meteorologica | Convencional | YOTOCO |
| 26080290 | MEDIACANOA-ALERTAS [2608... | Pluviometrica | Meteorologica | Convencional | YOTOCO |
| 26085180 | YOTOCO AUTOMATICA [2608... | Climatologica Principal | Meteorologica | Automatica con Telemetría | YOTOCO |
| 26315010 | BOSQUE DE YOTOCO - AUT | Climatologica Ordinaria | Meteorologica | Automatica con Telemetría | YOTOCO |
| 26310020 | EL CANEY - AUT | Pluviografica | Meteorologica | Automatica con Telemetría | YOTOCO |
| 26330050 | MEDIACANOA - AUT | Pluviografica | Meteorologica | Automatica con Telemetría | YOTOCO |

De acuerdo con las estaciones pluviométricas e hidrológicas existentes en el municipio de Yotoco, se descartan las siguientes estaciones debido a que no se tiene información; así:

Estaciones pluviométricas:

- Estación Bosque Yotoco [26085070]
- Estación Garzonero [26085140]
- Estación Yotoco Automática [26085180]
- Estación Bosque de Yotoco Automática [26315010]
- Estación El Caney – Automática [26310020]
- Estación Mediacanoa Automática [26330050]

Estaciones hidrológicas:

- Estación Garzonero Norte [26087160]
- Estación Los Chorros [26087020]
- Estación Los Chorros Automática [26317010]

6.7.1.2 Análisis de datos estaciones hidrológicas

Aunque en el sector se tienen estaciones hidrológicas, sin embargo, los registros de las mismas no son representativos del tramo de estudio, debido a que se encuentran ubicadas por debajo de la altura del tramo de diseño; adicionalmente los registros que se tienen no cuentan con el rango estipulado de 15 años como mínimo y tampoco tienen continuidad en el tiempo; por lo tanto para el cálculo de caudales máximos se utilizarán los métodos empíricos como el Método Racional o los Métodos Hidrológicos en los casos en que se requiera, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Drenaje para Carreteras INVIAS 2009.

6.7.1.3 Inventario de obras existentes

Dentro de los tres tramos de intervención se encontraron 15 obras de drenaje entre las que se tienen 13 obras tipo alcantarillas circular una de 36" de diámetro y los 12 restantes de 24" de diámetro en condiciones regulares de funcionamiento por el poco mantenimiento y se tienen 2 box culvert de 2.5x2.5 los cuales presentan un funcionamiento hidráulico bueno.

Tabla 34 Estructuras de drenaje en los tramos de intervención

| Tramo | Tipo de obra | Abscisa Geométrica | Dirección de drenaje | Longitud (m) | Diámetro (m) | Encole | | Descole | |
|-------|--------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------|--------|--------|---------|--------|
| | | | | | | Poceta | Aletas | Cabezal | Aletas |
| 1 | Alcantarilla | K0+245.84 | D-I | 7.70 | 0.90 | | X | | X |
| 1 | Alcantarilla | K0+941.03 | I-D | 7.57 | 0.60 | | X | | X |
| 1 | Alcantarilla | K1+200.68 | I-D | 4.50 | 0.60 | | X | | X |
| 1 | Alcantarilla | K1+440.68 | I-D | 5.00 | 0.60 | | | | X |
| 2 | Alcantarilla | K3+005.00 | I-D | 7.50 | 0.60 | | X | | X |
| 3 | Alcantarilla | K3+328.13 | I-D | 5.18 | 0.60 | | X | | X |
| 3 | Box 2.5x2.5 | K4+142.03 | I-D | 5.52 | | | | | |
| 3 | Box 2.5x2.5 | K4+275.00 | I-D | 4.00 | | | | | |
| 3 | Alcantarilla | K4+665.05 | D-I | 8.04 | 0.60 | | X | | X |
| 3 | Alcantarilla | K4+795.36 | D-I | 6.83 | 0.60 | | | | X |
| 3 | Alcantarilla | K4+908.06 | D-I | 4.41 | 0.60 | | | | X |
| 3 | Alcantarilla | K5+006.41 | D-I | 5.4 | 0.60 | | | | X |
| 3 | Alcantarilla | K5+425.39 | D-I | 7.40 | 0.60 | | X | | X |
| 3 | Alcantarilla | K5+526.20 | D-I | 13.65 | 0.60 | | X | | X |
| 3 | Alcantarilla | K5+893.78 | D-I | 13.3 | 0.60 | | X | | X |

6.7.2 Bombeo

Es una pendiente transversal en las entre tangencias horizontales de la vía, planteada en el diseño geométrico para direccionar las aguas de escorrentía provenientes de la precipitación. Esta pendiente ayuda a eliminar o reducir el hidropelaje que se presenta como consecuencia de un inadecuado control de las aguas superficiales sobre la rasante de una vía.

Figura 2 Sección transversal de vía - bombeo



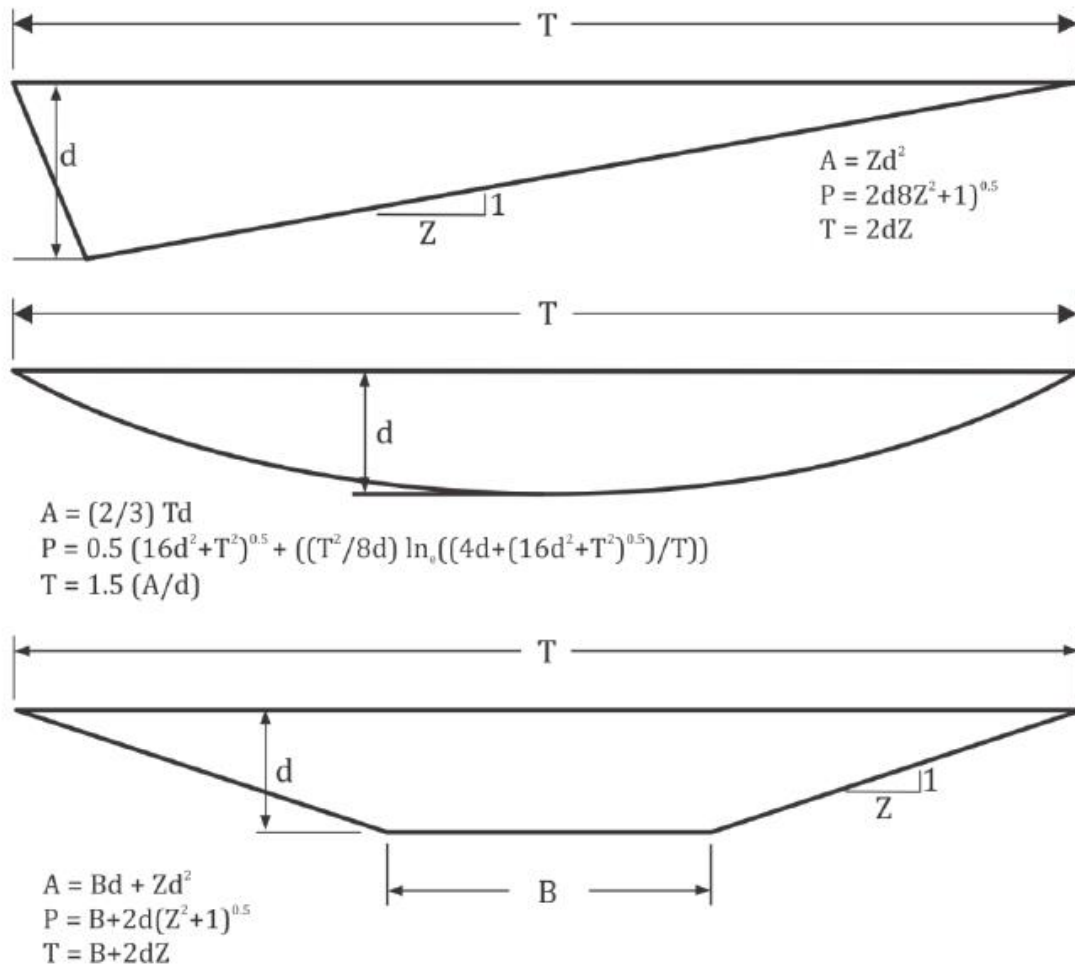
Donde:

m: porcentaje de bombeo ($2 < m < 4\%$ bombeo)

6.7.3 Cunetas

Las cunetas son zanjas con o sin revestimiento construidas paralelamente a las bermas y están diseñadas para facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera; las cunetas reciben el agua de escorrentía de la calzada y la direccionan hacia otras estructuras de drenaje como son los aliviaderos, alcantarillas o estructuras superiores. Su geometría puede variar según las condiciones de la vía y del área que drenan. En el Manual de Drenaje para Carreteras - Invias 2009, se recomiendan las secciones transversales típicas como son: parabólicas, triangulares y otras secciones; siendo las más usadas la sección triangular.

Figura 3 Secciones típicas de cunetas



Las cunetas construidas en zonas donde se tiene terraplén protegen el mismo de la erosión causada por el agua lluvia.

En cortes de la vía, el drenaje aferente será manejado por medio de drenajes superficiales tipo cunetas. Estas cunetas recogerán el agua de los taludes y la propia escorrentía superficial de la calzada direccionándolas hacia las cajas de inicio de alcantarillas o sus estructuras de salida dependiendo del caso. Teniendo en cuenta la topografía del terreno, el diseño geométrico establecido y las recomendaciones del Invias, se ha definido un tipo de sección de cuneta revestida en concreto a lo largo de tramo a intervenir, la cual se evaluará su capacidad de transportar adecuadamente los caudales máximos aferentes asociados al tiempo de retorno establecido. La forma y las dimensiones adoptadas para la berma cuneta se observan en la siguiente Figura 4 y el esquema en la Figura 5 se presenta la sección tipo. Sin embargo, para el presente diseño se tendrá en cuenta el chequeo de dos secciones más para ser tenidas en cuenta en el caso de las entradas a áreas de parqueo en viviendas y zonas de empalmes de vías.

Figura 4 Sección cuneta tipo 1

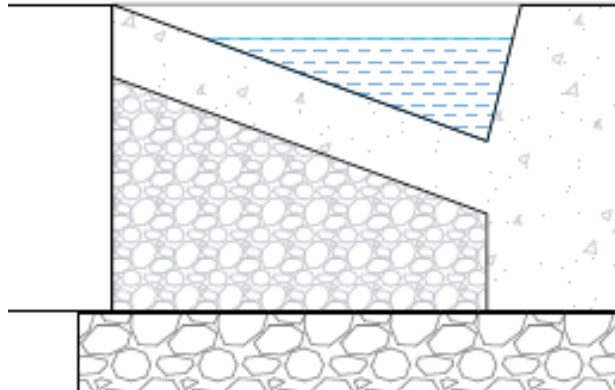
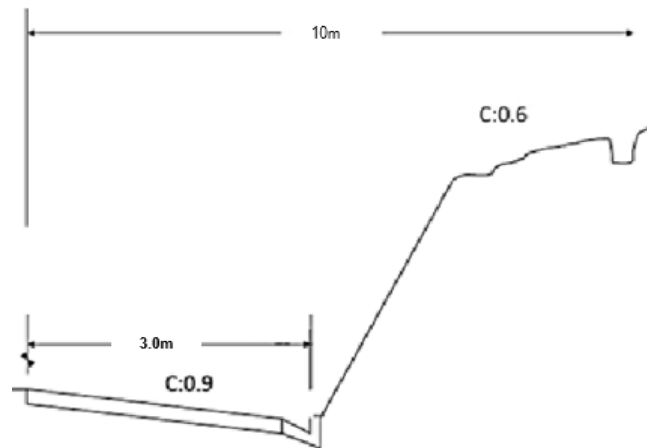


Figura 5 Sección tipo vía



Con el fin de considerar las velocidades de erosión para el concreto se tiene en cuenta en las ecuaciones esta velocidad máxima como de 3m/s (según los límites utilizados por varios tratadistas). Agregando esta restricción de velocidad se obtiene una segunda ecuación que también es función de la pendiente:

$$S_{crítica} = 3.6\%$$

6.7.4 Alcantarillas

Una alcantarilla es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un margen a otro. Incluye conductos que pueden tener varias secciones geométricas, en especial conductos circulares y alcantarillas de cajón de sección cuadrada o rectangular.

En su forma más elemental se tiene un ducto de dimensión mínima de 36" (0.90m), corresponde el elemento de drenaje transversal tipo poceta – aleta encargado de recolectar y evacuar a través de la estructura de vía la escorrentía de origen superficial y sub superficial aportante por las cunetas y/o filtros o en su configuración aleta – aleta que permite además recibir y evacuar los aportes anteriores a dar continuidad de cauces con flujos tipo intermitentes o efímeros, limitando su capacidad hidráulica hasta valores de caudales del orden 1.2m³/s bajo condiciones de pendiente del 2% la cual es usual en este tipo de estructuración. La vista en planta presenta

un ángulo de 45 grados para las aletas, este debe ser determinado para cada sitio puntual de acuerdo al estudio geotécnico, así como la altura final de las aletas.

El diseño de las alcantarillas consiste en determinar el diámetro más económico que permita pasar el caudal de diseño sin exceder la carga máxima a la entrada (Hw) atendiendo también criterios de arrastre de sedimentos y de facilidad de mantenimiento (Invias,2009).

Estructuras de entrada y estructuras de salida: De acuerdo con la topografía obtenida, con el fin de retener el material del terraplén, protegiéndolo de la erosión y acortando la longitud de la alcantarilla, además de dar estabilidad al extremo de la tubería al actuar como contrapeso ante posibles fuerzas de sub presión, se diseñan estructuras como aletas, cabezotes y soleras. Las alcantarillas diseñadas, tienen los elementos típicos de este tipo y así mismo se tienen también a la salida de cada alcantarilla cabezales de descarga con el propósito de no alterar drásticamente los patrones de flujo del canal receptor y/o no generar problemas de socavación.

En consecuencia, el diseño de alcantarillas se desarrolla teniendo en cuenta las consideraciones establecidas anteriormente; las cuales son: diámetro mínimo establecido 0.90m (36") el cual corresponde al diámetro mínimo permitido por el Instituto Nacional de Vías – Invias para este tipo de obras, con el fin de dar un adecuado mantenimiento y limpieza a estas estructuras.

Además de las velocidades máximas y mínimas, el criterio de velocidad máxima del agua para el caudal máximo instantáneo con el periodo de retorno seleccionado en alcantarillas circulares y box Couvert se determinan con base en valores de velocidades máximas no erosivas usualmente tomados para el concreto, teniendo en cuenta que con tales velocidades se remuevan los sedimentos presentes en las estructuras. Las velocidades mínimas pueden ocurrir para caudales máximos instantáneos con periodos de retorno menores al de diseño, pero siempre existirá una remoción de sedimentos depositados en las estructuras una vez se produce un aguacero de importancia.

Para el chequeo del diseño de alcantarillas se tomó como criterio lo recomendado en el Manual de Drenaje para Carreteras, en cuanto a velocidades máximas permisibles de acuerdo con los materiales de construcción, es así como en la *Tabla 35* se presentan dichos valores permisibles de velocidad:

Tabla 35 Velocidades Máximas permisibles de acuerdo con material de construcción

| Material | Velocidad Máxima (m/s) |
|---------------------------------|------------------------|
| Ladrillo Común | 3 |
| Ladrillo Vitricado | 5 |
| Arcilla Vitricada (gres) | 4 |
| Concreto 175 Kg/cm ² | 6 |
| Concreto 210 Kg/cm ² | 10 |
| Concreto 280 Kg/cm ² | 15 |
| Concreto 350 Kg/cm ² | 20 |

De acuerdo con el Manual de Drenaje Vial del Instituto Nacional de Vías – INVIAS, se especifica un diámetro mínimo de alcantarilla igual a 0.90m con el fin de dar un adecuado mantenimiento y limpieza a estas estructuras. Sin embargo, para economía de la obra se deberán seguir las siguientes premisas para definir si las obras con diámetros inferiores a 0.90m deberán ser reemplazadas:

- **Premisas:**

- ✓ Las obras con diámetros inferiores a 0.90m se reemplazarán el diámetro establecido por el INVIAS, cuando su estado estructural sea deficiente y comprometa la adecuada hidráulica del flujo.
- ✓ Las obras con diámetros inferiores a 0.90m se reemplazarán al diámetro establecido por el INVIAS, cuando sean insuficientes hidráulicamente según este estudio
- ✓ Las obras con diámetros inferiores a 0.90m se mantendrán con el mismo diámetro cuando se encuentren en buen estado y sean suficientes hidráulicamente.
- ✓ Cuando se requiera realizar prolongaciones de las obras existentes en el encole y/o descole por ensanchamiento de la banca y las obras posean diámetro inferior a 0.90m. se mantendrá el mismo diámetro solo si la alcantarilla cumple con lo requerido en el numeral 3.

6.7.4.1 Parámetros de diseño

De acuerdo con el Manual de Drenaje para Carreteras, para el diseño de alcantarillas circulares de diámetro 36" (0.90m) se utilizó la intensidad para un periodo de retorno 10 años asociado a un tiempo de concentración de 15 minutos; para el diseño de las cunetas se maneja un periodo de retorno de 5 años. En el anexo 4 se presentan los resultados de la aplicación del método racional. A continuación, en la Tabla 36 se presentan los parámetros básicos de cada uno de los drenajes existentes en los tramos de intervención.

Tabla 36 Parámetros básicos de diseño drenajes existentes

| abscisa | obra | coordenadas | | dirección drenaje | área (km2) | área (ha) | perímetro (km) | longitud cauce (km) | cota inf | cota sup | pendiente (m/m) |
|---------|--------|--------------|---------------|-------------------|------------|-----------|----------------|---------------------|----------|----------|-----------------|
| K0+246 | BOX 1 | 3°51'3.05"N | 76°26'36.83"O | D-I | 0.218 | 21.81 | 1.82 | 0.675 | 1517 | 1539 | 0.20 |
| K0+475 | ALC 1 | 3°51'0.40"N | 76°26'30.61"O | I-D | 0.107 | 10.71 | 1.43 | 0.662 | 1510 | 1534 | 0.22 |
| K0+725 | ALC 2 | 3°50'58.66"N | 76°26'23.05"O | I-D | 0.075 | 7.45 | 1.45 | 0.411 | 1518 | 1537 | 0.17 |
| K0+807 | ALC 3 | 3°50'59.05"N | 76°26'20.39"O | I-D | 0.022 | 2.21 | 0.93 | 0.361 | 1522 | 1541 | 0.17 |
| K0+941 | ALC 4 | 3°50'57.70"N | 76°26'16.75"O | I-D | 0.006 | 0.60 | 0.51 | 0.107 | 1525 | 1536 | 0.10 |
| K1+210 | ALC 5 | 3°50'50.29"N | 76°26'16.41"O | I-D | 0.236 | 23.55 | 2.20 | 0.907 | 1513 | 1608 | 0.87 |
| K1+765 | ALC 6 | 3°50'38.10"N | 76°26'9.26"O | I-D | 0.061 | 6.13 | 0.97 | 0.293 | 1517 | 1531 | 0.13 |
| K2+000 | ALC 7 | 3°50'38.32"N | 76°26'17.04"O | I-D | 0.089 | 8.91 | 1.20 | 0.492 | 1513 | 1530 | 0.16 |
| K2+290 | ALC 8 | 3°50'29.24"N | 76°26'26.68"O | I-D | 0.031 | 3.14 | 0.82 | 0.219 | 1536 | 1551 | 0.14 |
| K3+005 | ALC 9 | 3°50'19.13"N | 76°26'35.94"O | I-D | 0.112 | 11.25 | 1.56 | 0.723 | 1515 | 1564 | 0.45 |
| K3+110 | BOX 2 | 3°50'18.77"N | 76°26'39.06"O | I-D | 0.304 | 30.37 | 2.48 | 1.21 | 1515 | 1616 | 0.93 |
| K3+370 | ALC 10 | 3°50'17.86"N | 76°26'46.22"O | I-D | 0.029 | 2.89 | 0.77 | 0.257 | 1508 | 1530 | 0.20 |
| K3+736 | ALC 11 | 3°50'15.83"N | 76°26'54.12"O | I-D | 0.259 | 25.88 | 2.55 | 0.971 | 1513 | 1553 | 0.37 |
| K3+915 | ALC 12 | 3°50'17.06"N | 76°26'59.58"O | I-D | 0.008 | 0.83 | 0.34 | 0.0881 | 1523 | 1527 | 0.04 |
| K4+200 | BOX 3 | 3°50'11.38"N | 76°27'6.76"O | I-D | 0.131 | 13.15 | 1.62 | 0.571 | 1504 | 1518 | 0.13 |
| K4+665 | ALC 13 | 3°50'6.33"N | 76°27'20.84"O | I-D | 0.322 | 32.25 | 3.10 | 1.21 | 1499 | 1528 | 0.27 |
| K4+908 | ALC 14 | 3°50'2.14"N | 76°27'25.71"O | D-I | 0.070 | 6.99 | 1.14 | 0.533 | 1511 | 1560 | 0.45 |
| K5+220 | ALC 15 | 3°49'56.30"N | 76°27'28.76"O | D-I | 0.038 | 3.78 | 0.79 | 0.258 | 1532 | 1564 | 0.29 |
| K5+425 | ALC 16 | 3°49'50.98"N | 76°27'29.18"O | D-I | 0.049 | 4.95 | 1.16 | 0.45 | 1531 | 1560 | 0.27 |
| K5+526 | ALC 17 | 3°49'48.52"N | 76°27'29.22"O | D-I | 0.031 | 3.13 | 0.85 | 0.373 | 1524 | 1554 | 0.28 |
| K5+894 | ALC 18 | 3°49'38.55"N | 76°27'28.28"O | D-I | 0.362 | 36.15 | 2.82 | 1.29 | 1539 | 1625 | 0.79 |

6.7.4.2 Box 1 K0+245.84

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 2.0m
- Altura efectiva: 1.5 (Hw = 1.5m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 20 años
- Caudal a evacuar: 0.528m³/s

6.7.4.3 Alcantarilla 1 K0+475

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.229m³/s

6.7.4.4 Alcantarilla 2 K0+725

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.193m³/s

6.7.4.5 Alcantarilla 3 K0+807

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.057m³/s

6.7.4.6 Alcantarilla 4 K0+941

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.016m³/s

6.7.4.7 Alcantarilla 5 K1+210

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.504m³/s

6.7.4.8 Alcantarilla 6 K1+765

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013

- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.025m³/s

6.7.4.9 Alcantarilla 7 K2+000

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.221m³/s

6.7.4.10 Alcantarilla 8 K2+290

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.021m³/s

6.7.4.11 Alcantarilla 9 K3+005

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.036m³/s

6.7.4.12 Box 2 K3+110

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 3.0m
- Altura efectiva: 2.0 (Hw = 1.5m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 20 años
- Caudal a evacuar: 0.652m³/s

6.7.4.13 Alcantarilla 10 K3+370

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.075m³/s

6.7.4.14 Alcantarilla 11 K3+736

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.491m³/s

6.7.4.15 Alcantarilla 12 K3+915

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.021m³/s

6.7.4.16 Box 3 K4+200

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 3.0m
- Altura efectiva: 2.0 (Hw = 2.0m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 20 años
- Caudal a evacuar: 0.329m³/s

6.7.4.17 Alcantarilla 13 K4+665

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.0750m³/s

6.7.4.18 Alcantarilla 14 K4+908

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013

- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.181m³/s

6.7.4.19 Alcantarilla 15 K5+220

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.098m³/s

6.7.4.20 Alcantarilla 16 K5+425

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.128m³/s

6.7.4.21 Alcantarilla 17 K5+526

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.081m³/s

6.7.4.22 Alcantarilla 18 K5+894

Dadas las características del tramo de estudio es necesario evaluar la capacidad hidráulica de la obra con las siguientes particularidades:

- Luz efectiva: 0.90m
- Altura efectiva: 0.90 (Hw = 0.90m)
- Longitud: 5.0m
- Pendiente: 2% (S0 = 0.02)
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013
- Periodo de análisis: 10 años
- Caudal a evacuar: 0.098m³/s

6.7.5 Diseño cunetas

Las cunetas son estructuras de drenaje superficial que captan las aguas de escorrentía proveniente de los taludes y la calzada, conduciéndolas longitudinalmente hasta asegurar su adecuada disposición. Las cunetas construidas en zonas donde se tiene terraplén protegen el mismo de la erosión causada por el agua lluvia.

En cortes de la vía, el drenaje aferente será manejado por medio de drenajes superficiales tipo cunetas. Estas cunetas recogerán el agua de los taludes y la propia escorrentía superficial de la calzada direccionándolas hacia las cajas de inicio de alcantarillas o sus estructuras de salida dependiendo del caso. Teniendo en cuenta la topografía del terreno, el diseño geométrico establecido y las recomendaciones del Invias, se ha definido un tipo de sección de cuneta revestida en concreto a lo largo de tramo a intervenir, la cual se evaluará su capacidad de transportar adecuadamente los caudales máximos aferentes asociados al tiempo de retorno establecido.

Tabla 37. Tramos de cunetas a implementar

| TRAMO | LONGITUD (m) | IMPLUVIUM (m) | ÁREA (m ²) | ÁREA (HA) | C | I (mm/h) | n | Qe (m ³ /s) |
|--------|--------------|---------------|------------------------|-----------|------|----------|-------|------------------------|
| K0+246 | K0+475 | 229.16 | 5729 | 0.5729 | 0.60 | 210.33 | 0.014 | 0.020 |
| K0+475 | K0+725 | 250 | 6250 | 0.625 | | | | 0.022 |
| K0+725 | K0+807 | 82 | 2050 | 0.205 | | | | 0.007 |
| K0+807 | K0+941 | 134.03 | 3350.75 | 0.335075 | | | | 0.012 |
| K0+941 | K1+210 | 268.97 | 6724.25 | 0.672425 | | | | 0.024 |
| K1+210 | K1+765 | 555 | 13875 | 1.3875 | | | | 0.049 |
| K2+000 | K2+290 | 290 | 7250 | 0.725 | | | | 0.025 |
| K2+290 | K3+005 | 715 | 17875 | 1.7875 | | | | 0.063 |
| K3+005 | K3+110 | 105 | 2625 | 0.2625 | | | | 0.009 |
| K3+370 | K3+736 | 366 | 9150 | 0.915 | | | | 0.032 |
| K3+736 | K3+915 | 179 | 4475 | 0.4475 | | | | 0.016 |
| K3+915 | K4+200 | 285 | 7125 | 0.7125 | | | | 0.025 |
| K4+200 | K4+665 | 465.05 | 11626.25 | 1.162625 | | | | 0.041 |
| K4+665 | K4+908 | 243.01 | 6075.25 | 0.607525 | | | | 0.021 |
| K4+908 | K5+220 | 311.94 | 7798.5 | 0.77985 | | | | 0.027 |
| K5+220 | K5+425 | 205.39 | 5134.75 | 0.513475 | | | | 0.018 |
| K5+425 | K5+526 | 100.81 | 2520.25 | 0.252025 | | | | 0.009 |
| K5+526 | K5+894 | 367.58 | 9189.5 | 0.91895 | | | | 0.032 |

6.7.6 CONCLUSIONES

El proyecto objeto del presente diseño corresponde al mejoramiento y pavimentación la vía que comunica los corregimientos de Alto del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche, en el municipio de Yotoco, Valle del Cauca; este proyecto contempla la implementación de una estructura de pavimento tipo placa huella la cual busca mejorar las condiciones actuales de la vía dentro de los tres tramos contemplados como se resumen a continuación:

| TRAMO N° | ABSCISA INICIO | ABSCISA FINAL | LONGITUD (m) | ESTADO |
|----------|----------------|---------------|--------------|-------------|
| | K0+000 | K0+205 | 205 | Pavimentado |
| 1 | K0+205.45 | K1+525 | 1319.6 | Afirmado |

| | | | | |
|---|--------|--------|------|-------------|
| | K1+525 | K1+750 | 225 | Pavimentado |
| 2 | K1+750 | K2+370 | 619 | Afirmado |
| | K2+369 | K3+090 | 721 | Pavimentado |
| 3 | K3+090 | K5+921 | 2831 | Afirmado |

Durante el proceso de recolección de información en campo se evidenciaron 1 alcantarilla de 36" la cual debe ser reemplazada por una estructura tipo box culvert de 2x1.5, 12 alcantarillas de 24" de diámetro cuya capacidad hidráulica se encuentra disminuida debido a que se encuentran obstruidas parcial o totalmente; solo un porcentaje funcionan de manera regular; también se tienen 2 box culvert 2.5x2.5 cuya capacidad hidráulica es aceptable, sin embargo, en todos los casos es recomendable hacer el reemplazo de la obra existente por una estructura de mayor capacidad hidráulica que permita mejorar las condiciones de la calzada y solucionar los problemas de drenaje que se observan. También se identificaron los 3 puntos de drenaje en los cuales se recomendó la instalación de la estructura adecuada.

El trabajo de procesamiento de datos se encaminó a determinar las intensidades de diseño definidas por medio de las curvas IDF construidas para la estación de diseño asociadas. Para establecer esta caracterización del régimen de lluvias, se recopiló los registros de las estaciones localizadas en el área cercana al proyecto, teniendo como resultado que la estación más adecuada para el cálculo de caudales y otros parámetros hidrológicos e hidráulicos es la estación Buenos Aires la cual cuenta con las características de altura y climatológicas representativas de la zona de estudio, por lo tanto, se desarrolló el procesamiento de datos hasta obtener las curvas IDF características de la estación; se determinaron las respectivas áreas aferentes y se determinaron los caudales máximos de diseño para cada una de las estructuras de drenaje contempladas a implementar o reemplazar en el presente estudio.

Se estableció el diseño de dos tipos de cunetas con el objetivo de implementar las cunetas tipo 1 a lo largo de los tramos donde no se encuentren accesos a viviendas y las cunetas tipo 2 para los casos en que el tramo de intervención tenga que tener en cuenta los accesos a predios aledaños a la vía. También se determinó la implementación de filtros en los tramos definidos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, teniendo en cuenta que son sectores en los cuales se presenta un cambio de vegetación importante que indica que son zonas de recarga hídrica a pesar de que el estudio de suelos determinó que al nivel de los sondeos realizados no se encontró nivel freático.

Se recomienda realizar mantenimientos de las obras para evitar acumulación de material, vegetación y basuras para que no disminuyan la capacidad hidráulica de las estructuras planteadas; además en las cajas de entrada que se encuentren en el sector poblado deben hacerse tapas para evitar que algún niño por imprudencia sufra algún accidente.

6.8 Volumen VII Estudio y Diseño de Estructuras

En este capítulo, se describen las actividades llevadas a cabo para la determinación del diseño de detalle de las estructuras necesarias para la implementación del diseño vial.

Con fundamento en la recopilación de información existente, las recomendaciones de los estudios complementarios del a vía (geométrico, pavimentos e hidráulica), determinar la necesidad de estructuras especiales o convencionales para la construcción final de la vía

Se ha adelantado la revisión de la Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales - Programa Colombia Rural de 2019 emitido por el Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías.

Dados los requerimientos establecidos por el diseño, es necesario contar con el diseño de:

- Alcantarilla de diámetro 0.90m para el drenaje de la vía
- Alcantarilla Cajón (Box Culvert) de sección 2x2
- Alcantarilla Cajón (Box Culvert) de sección 2x2
- Muro de Contención hasta de 2m de altura para confinamiento

No son necesarias estructuras adicionales ni especiales.

Del citado documento:

Alcantarillas Circulares: En su forma más elemental de un tubo de dimensión mínima 0.90m, corresponde al elemento de drenaje transversal tipo poceta-aleta encargado de recolectar y evacuar a través de la estructura de la vía la escorrentía de origen superficial y subsuperficial aportante por las cunetas y/o filtros o en su configuración aleta-aleta que permite además recibir y evacuar los aportes anteriores a dar continuidad de cauces con flujos intermitentes o efímeros, limitando su capacidad hidráulica hasta valores de caudales del orden de 1.2 m³/seg bajo condiciones de pendiente del 2% la cual es usual en este tipo de estructuras.

La vista en planta presenta un ángulo de 45° para las aletas, este debe ser determinado para cada sitio puntual de acuerdo al estudio geotécnico, así como la altura final de las aletas.

La profundidad de instalación de tubería debe satisfacer los requerimientos geotécnicos de cimentación e hidráulicos.

Box Culvert: Se presenta el diseño de Box Culvert de sección cuadrada con dimensiones internas de 2.0x2.0m para la abscisa **0+245**, y 3.0x3.0 m para las abscisas **3+110 y 4+200**, las alternativas de ser construidos a nivel superficial de la vía o a una profundidad con un espesor máximo de relleno de 8.0 m, bajo el nivel de la vía para el caso de los Box Culvert simples

Muros de Contención: Los muros de contención tienen como finalidad resistir las presiones laterales y los empujes producidos por el material retenido detrás de ellos, su estabilidad la deben fundamentalmente al peso propio y al peso del material que está sobre su fundación.

El tipo de muro analizado corresponde a un muro de corona con relleno horizontal y sobrecarga viva y es utilizado para contener una determinada altura de relleno. Se trata de muros en voladizo de concreto reforzado, es decir que su comportamiento estructural actúa como un voladizo empotrado en su base.

Iniciativa presentada por:
AGROCOLSA S.A. SOCIEDAD CIVIL, NIT 805.021.816-3
AGRÍCOLA COLOMBIANA S.A., NIT 890.315.430-6
PRODUCTORA NACIONAL AVÍCOLA S.A., NIT 890.321.213-9
ALIANZA FIDUCIARIA, NIT 860.531.315-3

MEJORAMIENTO DE LA VÍA
ALTO DEL OSO - CRUCERO BUENOS AIRES - ALTO DEL
CHINCHE
YOTOCO, VALLE DEL CAUCA

6.9 Volumen VIII Estudio componentes ambiental y social

Dentro de la ejecución de obras civiles como lo es la construcción, mejoramiento y ampliación de un corredor vial en una determinada zona, se presentan condiciones especiales que pueden afectar las condiciones naturales del entorno e incidir en la calidad de vida de las personas. Dando cumplimiento a lo establecido en el pliego de condiciones del citado contrato, se desarrolla el presente **Plan de Adaptación a la Guía Ambiental (PAGA)**, el cual acoge lo establecido en las Guías de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura – Subsector Vial, para lo que se identifican las características del entorno físico, social y económico del sitio a intervenir y formula las acciones de manejo socio-ambiental a implementar para la protección y conservación de los recursos naturales y humanos existentes en la zona de influencia directa y que pueden llegar a verse afectados por el desarrollo de las obras objeto del contrato.

El alcance del documento Plan de Adaptación a la Guía Ambiental (PAGA), consiste en la identificación oportuna de los impactos ambientales y sociales que permitan adoptar las medidas y programas para su atención, adoptando las mejores prácticas previo al inicio de obra, durante la etapa constructiva y en la etapa de abandono que contribuyan a prevenir, mitigar o corregir los impactos ambientales durante la ejecución del contrato. Igualmente lograr que el desarrollo del proyecto se estructure integralmente para atender tanto las necesidades técnicas del mismo como de su entorno más próximo.

El presente Plan de Adaptación a la Guía Ambiental (PAGA), se hace para la ejecución de las obras de construcción que se proponen para el Proyecto ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ALTO DEL OSO – CRUCERO BUENOS AIRES – ALTO DEL CHINCHE YOTOCO, VALLE DEL CAUCA. Durante la etapa de pre construcción se deberá hacer una revisión al marco jurídico del momento, donde se deberá evaluar la necesidad de ampliar las medidas propuestas y si se detecta la necesidad de tramitar un permiso adicional se deberá ejecutar previamente al aprovechamiento del recurso requerido.

La elaboración del Plan de Adaptación a la Guía Ambiental (PAGA) contiene como mínimo: Descripción y análisis del proyecto; descripción del componente físico del entorno inmediato y del área de influencia (suelo y aire); componente agua; manejo de aguas residuales; descripción de la biota; descripción del paisaje urbano; descripción del componente socio-económico del entorno inmediato; programa de mitigación, minimización y compensación por los probables impactos del proyecto; plan de contingencias; recomendaciones respecto al manejo arbóreo y vegetación en el proyecto; programa de señalización y control de tránsito y legislación y normatividad ambiental.

6.9.1 MARCO NORMATIVO

6.9.1.1 Normas Constitucionales

Teniendo en cuenta la pirámide de Kelsen ²el régimen normativo ambiental tiene sus orígenes en la Constitución de 1991, donde se destaca principalmente el Artículo 80.- que dice: “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.” Además, se destacan los siguientes artículos:

² Forma en que se relacionan un conjunto de normas jurídicas y la principal forma de relación entre estas dentro de un sistema, es sobre la base del principio de jerarquía. Esto quiere decir que las normas o leyes que componen un sistema jurídico, se relacionan unas con otras según el principio de jerarquía, por lo que una ley que se encuentra por debajo no puede contradecirse con otra que esté por encima ya que la misma no tendría efecto jurídico o no debería tenerlos.

Artículo 8: Deber del Estado y de las personas proteger las riquezas naturales de la nación

Artículo 58: a la propiedad le es inherente una función ecológica.

Artículo 63: señala el carácter de inembargables, imprescriptibles e inalienables de los bienes de uso público y parques naturales

Artículo 79 Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.

Artículo 95 Es deber de todo ciudadano: Proteger los recursos naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano

Artículo 84: Alcance de la reglamentación general de un derecho o actividad económica

Artículo 333: La actividad económica y la iniciativa privada son libres dentro de los límites del bien común. Nadie podrá exigir permisos previos ni requisitos, sin autorización de la Ley.

Artículo 334: El Estado intervendrá por mandato de la ley en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, entre otros aspectos de la economía nacional.

6.9.1.2 Ley 99 de 1993

La Ley 99 de 1993, es una norma fundamental por la claridad que otorga sobre los FUNDAMENTOS DE LA POLÍTICA AMBIENTAL COLOMBIANA precisando que el proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo. También es muy importante tener en cuenta la definición específica dada en su artículo tercero sobre Desarrollo Sostenible y que vale la pena transcribir, así: “Del concepto de Desarrollo Sostenible. Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades”.

El Sistema Nacional Ambiental SINA se encuentra basado en los siguientes principios:

6.9.1.2.1 Principio de Rigor Subsidiario.

Art. 60 ley 99/93: “Las normas y medidas de policía ambiental, es decir, aquellas que las autoridades medioambientales expidan para la regulación del uso, manejo, aprovechamiento y movilización de los recursos naturales renovables, o para la preservación del medio ambiente natural, bien sea que limiten el ejercicio de derechos individuales y libertades públicas para la preservación o restauración del medio ambiente, o que exijan licencia o permiso para el ejercicio de determinada actividad por la misma causa, podrán hacerse sucesiva y respectivamente más rigurosas, pero no más flexibles”

6.9.1.2.2 Principio De Armonía Regional.

Las Entidades Territoriales, ejercerán sus competencias de manera coordinada y armónica, con sujeción a las normas de carácter superior ya las directrices de la Política Nacional Ambiental, con el fin de garantizar un manejo unificado, racional y coherente de los recursos naturales.

6.9.1.2.3 Principio de Gradación Normativa.

En materia normativa las reglas que dicten las entidades territoriales en relación con el medio ambiente y los recursos naturales renovables respetarán el carácter superior y la preeminencia jerárquica de las normas dictadas por autoridades y entes de superior jerarquía o de mayor ámbito en la comprensión territorial de sus competencias.

6.9.1.2.4 Principio de Precaución

En los casos en que no exista certeza científica sobre el peligro o daño grave e irreversible, no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente. Deben adaptarse las medidas necesarias (preventivas) para evitar que el daño se ocasione. Este principio lo materializa el Estado a través de las medidas preventivas diferentes a las sanciones.

6.9.1.2.5 Principio de Prevención

El derecho ambiental está encaminado a la prevención de los impactos ambientales en pro de reducir al máximo los daños ambientales. Lo anterior a través de autorizaciones, permisos, concesiones y estímulos.

6.9.1.2.6 Principio de Participación Comunitaria.

En materia ambiental se da una democratización de las decisiones ambientales con el objetivo del desarrollo sostenible adecuado.

La democratización se hace efectiva cuando la administración cumpla el deber de informar, consultar y hacer públicos sus decisiones de esa materia de establecer claro sistema de participación

6.9.1.2.7 Principio de Desarrollo Sostenible.

La política ambiental se encaminará a la promoción de la mejor calidad de vida, lo cual comprende:

6.9.1.2.8 Utilización adecuada de los recursos económicos

Promover el desarrollo social en aras de consolidar los valores culturales de la nación. La solidaridad social. Ordenación e interacción de las actividades económicas y sociales. Planeación de las actividades que generan impacto.

6.9.1.2.9 Principio de Responsabilidad Ambiental

Tiene su fundamento en que los agentes que intervienen en el ambiente asuman el daño que puedan realizar, en virtud de que el Estado debe fomentar la incorporación de los costos ambientales y uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos. De este principio se derivan otros como:

- El que contamina paga: El agente que causo un daño al ambiente debe pagar por la realización de esta conducta.

- Reparación del daño causado: Se materializa en medidas de restauración o compensación más no en el pago de las multas.

6.9.1.3 Licenciamiento Ambiental

Para una mejor comprensión del contenido y alcance de este Plan de Adaptación a la Guía Ambiental (PAGA), como excepción a la regla del licenciamiento ambiental, es necesario recordar que según el artículo 49 de la ley 99 de 1993 se consagró la obligatoriedad de la Licencia Ambiental para la ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales y/o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje. La ley vigente sobre este aspecto es la ley 99 de 1993 específicamente el artículo 52 y el decreto reglamentario 2041 de 2014 que derogó los Decretos 2820 de 2010, 1220 de 2005 y 500 de 2006.

En su Artículo 3°, define la licencia ambiental así: “*Concepto y alcance de la licencia ambiental. La Licencia Ambiental, es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorios al paisaje; la cual sujeta al beneficiario de esta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada. La Licencia Ambiental llevará implícitos todos los permisos, autorizaciones y/o concesiones para el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, que sean necesarios por el tiempo de vida útil del proyecto, obra o actividad.*”

En este sentido, como los proyectos, obras y actividades que no requieren licencia ambiental, no se encuentran listados en norma alguna, se debe interpretar que todos los que no se encuentren específicamente señalados en la ley y su reglamento sobre licencias, es decir la ley 99 de 1993 y su decreto reglamentario 2041 de 2014 o aquellos que lo modifiquen, no requieren de licencia ambiental, de lo cual se establece que el proyecto ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ALTO DEL OSO – CRUCERO BUENOS AIRES – ALTO DEL CHINCHE YOTOCO, VALLE DEL CAUCA. No es objeto de licenciamiento ambiental.

6.9.1.4 Normas relacionadas con agua

Las normas que rigen el proyecto en agua son:

| | |
|---------------------------|---------------------------------|
| Decreto Ley 2811 de 1974: | Código de recursos naturales |
| Decreto 1541 de 1978: | Aguas no marítimas |
| Ley 9 de 1979: | Código Sanitario Nacional |
| Decreto 3100 de 2003: | Tasas retributivas |
| Ley 373 de 1997: | Uso eficiente y ahorro del agua |
| Decreto 155 de 2004: | Tasas por uso del agua |
| (Decreto 4742 de 2005) | |

Decreto 1900 de 2006: Inversión del 1%

Decreto 3930 de 2010: Usos del Recurso y vertimientos a suelo y alcantarillado

Sin embargo, se debe aclarar que no se solicitarán concesiones de agua, permisos de vertimientos, por tanto, no habrá pago de tasas retributivas, ni tasas de uso. Por otra parte, no habrá inversión del 1% ya que esta solo aplica para proyectos objeto de licenciamiento ambiental.

6.9.1.5 Normas Relacionadas con Aire

Las normas que rigen el proyecto en aire son:

Decreto - Ley 2811 de 1974: General

Ley 9 de 1979: General

Ley 29 de 1992: Aprueba Protocolo Montreal

Decreto 948 de 1995: Contaminación atmosférica

Resolución 898 de 1995: Calidad de combustibles

(Res 447/03, Res 1565 /04, Res 68/01.)

Resolución 619 de 1997: Permiso de emisiones

Resolución 415 de 1998: Incineración aceites

Decreto 979 de 2006: Calidad de aire

Resolución 601 de 2006: Calidad de aire y nivel inmisión

Resolución 909 de 2008: Parámetros de medición.

En el proyecto no se contempla solicitar permiso de emisiones atmosféricas ya que los materiales pétreos serán comprados a proveedores y no se contempla tener plantas de trituración de materiales.

6.9.1.6 Aprovechamiento forestal

Las principales normas son:

Ley Forestal

Decreto-Ley 2811 de 1974. Código de Recursos Naturales

Decreto 1791 de 1.996 y norma local "Por medio del cual se establece el Régimen de Aprovechamiento Forestal"

Resolución 58 de 2011

Registro de plantaciones forestales

6.9.1.7 Transporte, manejo y disposición de escombros y residuos sólidos

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expidió la resolución 472 del 28 de febrero de 2017 que reglamenta la gestión integral de los residuos de construcción y demolición o escombros en el país, para disminuir a las afectaciones generadas en el ambiente tales como la contaminación del aire, el agua, el suelo y el paisaje.

La Resolución 472 del 28 de febrero de 2017 aplica a todas las personas naturales y jurídicas que generen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen y dispongan RCD de las obras civiles o de otras actividades conexas en el territorio nacional.

La norma establece un instrumento denominado Programa de manejo ambiental de RCD para seguimiento al cumplimiento por parte de las autoridades ambientales, el cual instaura obligaciones específicas para el gran generador de estos residuos que contempla acciones orientadas a la prevención de la generación de RCD, el aprovechamiento y disposición final,

Decreto 1713 de 2002, modificado por el Decreto 838 de 2005 – Sobre recolección doméstica de residuos. De ser posible la disposición de residuos ordinarios a través de la empresa de recolección los mismos deben identificarse correctamente y entregarse acorde con sus horarios de recolección y cancelarse la tarifa que se haya establecido para el efecto.

Decreto 4741 de 2005 – Sobre el Manejo de Residuos Peligrosos. Se debe realizar la correlación e identificación de los residuos que se generen en una obra civil frente a los elementos y características de los anexos I, II y III del Decreto, para establecer o no su peligrosidad de acuerdo conl mismo y en caso positivo proceder acorde con el mismo

6.9.1.8 Intervención de cauces

La intervención de cauces o depósitos de agua, puede ser de tipo temporal o definitivo. Temporal: Cuando se requiera adelantar obras o actividades no permanentes, necesarias para la ejecución de las definitivas, por ejemplo, vadeos que permitan la ejecución de las obras. Definitivo: Para la construcción de puentes o viaductos con pilas o estribos dentro del cauce. Para el presente proyecto no se presentan afectación al recurso hídrico por la ejecución del proyecto.

6.9.1.9 Normas Territoriales

El ordenamiento territorial se encuentra determinado conforme al decreto N° 067 del 15 de octubre de 2014, el Alcalde Municipal de Yotoco adopta el Esquema de Ordenamiento Territorial de segunda generación, donde se define los parámetros de uso, aprovechamiento, habitabilidad, área mínima, cesiones de uso público, vías, etc., para la zona de interés del presente estudio. El proyecto se ubica en el suelo rural del municipio.

6.9.2 LÍNEA BASE AMBIENTAL

6.9.2.1 Área de Influencia Indirecta All

De acuerdo con la naturaleza del proyecto y de la localización del mismo descrita anteriormente se define con Área de Influencia Indirecta la zona rural del municipio de Yotoco dentro de las veredas Muñecos y Corregimiento El Dorado aledaña a la vía Alto del oso - Crucero Buenos Aires - Alto del Chinche, Yotoco, Valle del Cauca

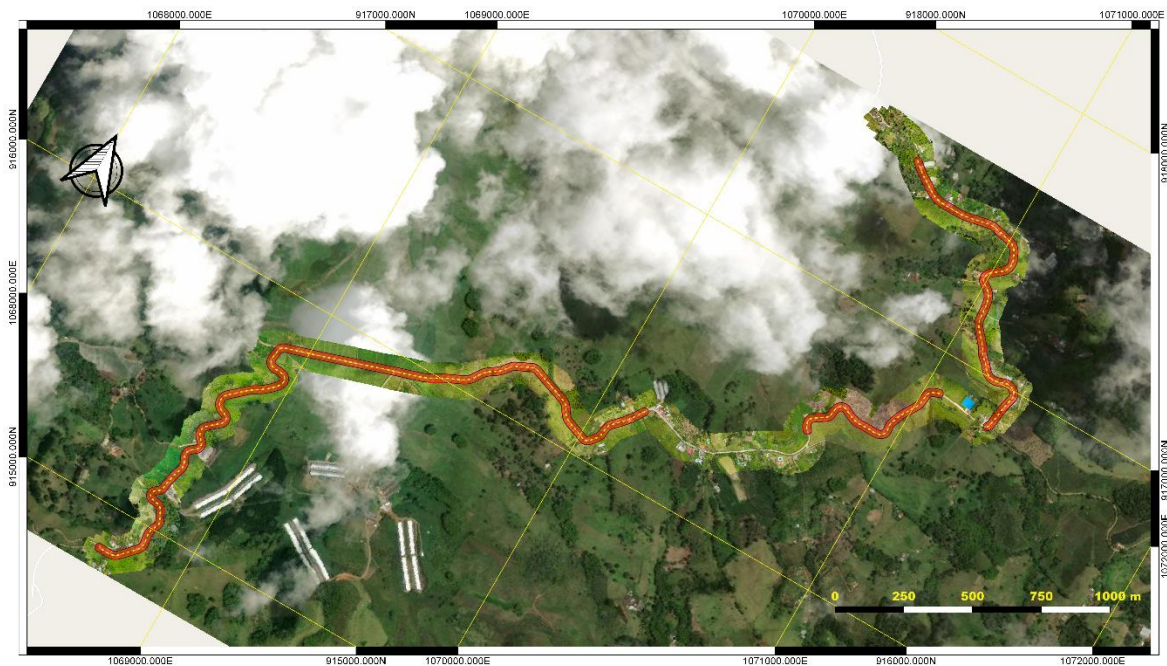
6.9.2.2 Área de influencia directa

Se define como Área de Influencia el corredor a intervenir tiene una longitud de 4781 m, dividido en tres tramos definidos por los inicios y finales de placa huella existente en el corredor así:

- Tramo 1: K0+205 – K1+525 Longitud 1320 m
- Tramo 2: K1+740 – K2+370 Longitud 630 m
- Tramo 3: K3+090 – K5+921 Longitud 2831 m

De igual manera teniendo en cuenta lo establecido en la Ley 1228 de 2008 se incluyó dentro del AID la zona de vía o derecho de vía que para este caso corresponde una faja de 30m, medidos 15m a cada lado del eje, teniendo en cuenta que el proyecto se desarrolla en una vía terciaria, puesto que comunica el municipio con sus veredas así:

Figura 6 AID



6.9.2.2.1 Componente Abiótico

6.9.2.2.1.1 Climatología

En Yotoco, durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 19 °C a 29 °C y rara vez baja a menos de 18 °C o sube a más de 32 °C. El sector donde se desarrolla el proyecto tiene una altura promedio de 1.500 metros sobre el nivel del mar

La estación más cercana es la denominada BUENOS AIRES identificada con código [26080240] que tiene la siguiente información:

Tabla 38 Estación Pluviométrica

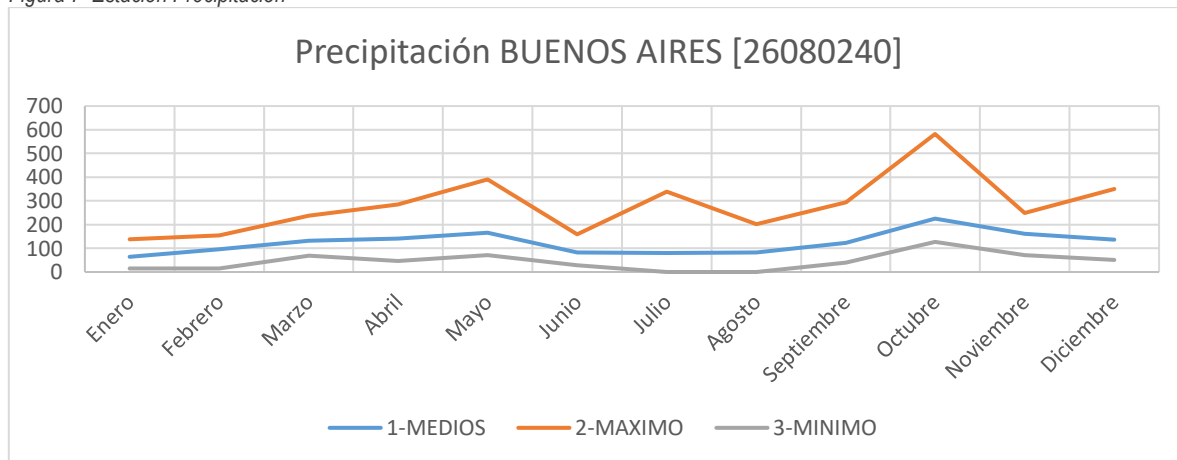


SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL - SIA
 SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

| Observatorio Observatorio Aguas Superficiales Estaciones Meteorológicas Series de Estación : BUENOS AIRES [26080240] | | | | | | |
|--|-------------------------|-----------------------|---------------|----------|-----------------------------|--------|
| Series de la estación para Precipitación Transporte Mensual | | | | | | |
| * Serie de datos Precipitación Transporte Mensual | | | | | Año 2019 | Buscar |
| Datos estación | | | | | | |
| Nombre: | BUENOS AIRES [26080240] | Código Catalogo: | 26080240 | Escala: | LOC | |
| Categoría: | Pluviométrica | Clase: | Meteorológica | Tipo: | Convencional | |
| Area: | PACIFICO | Zona: | San Juan | Subzona: | Ríos Calima y Bajo San Juan | |
| Corriente: | YOTOCO | Estado: | Activa | | | |
| Altitud: | 1566.0 | Altura de Referencia: | 0.0 | | | |
| Latitud: | 3.0° 52.0' 0.0" | | | | | |
| Longitud: | 76.0° 26.0' 0.0" | | | | | |

Precipitación: De acuerdo con la información reportada en la estación más cercana se puede establecer que el AID presenta una precipitación promedio de 124 mm mensuales y 1490 mm anuales, de igual manera se presenta un comportamiento bimodal con presencia de dos períodos húmedos: el primero en los meses de abril y mayo, y el segundo corresponde a los meses de septiembre y octubre, noviembre siendo octubre el más lluvioso con precipitaciones así:

Figura 7 Estación Precipitación

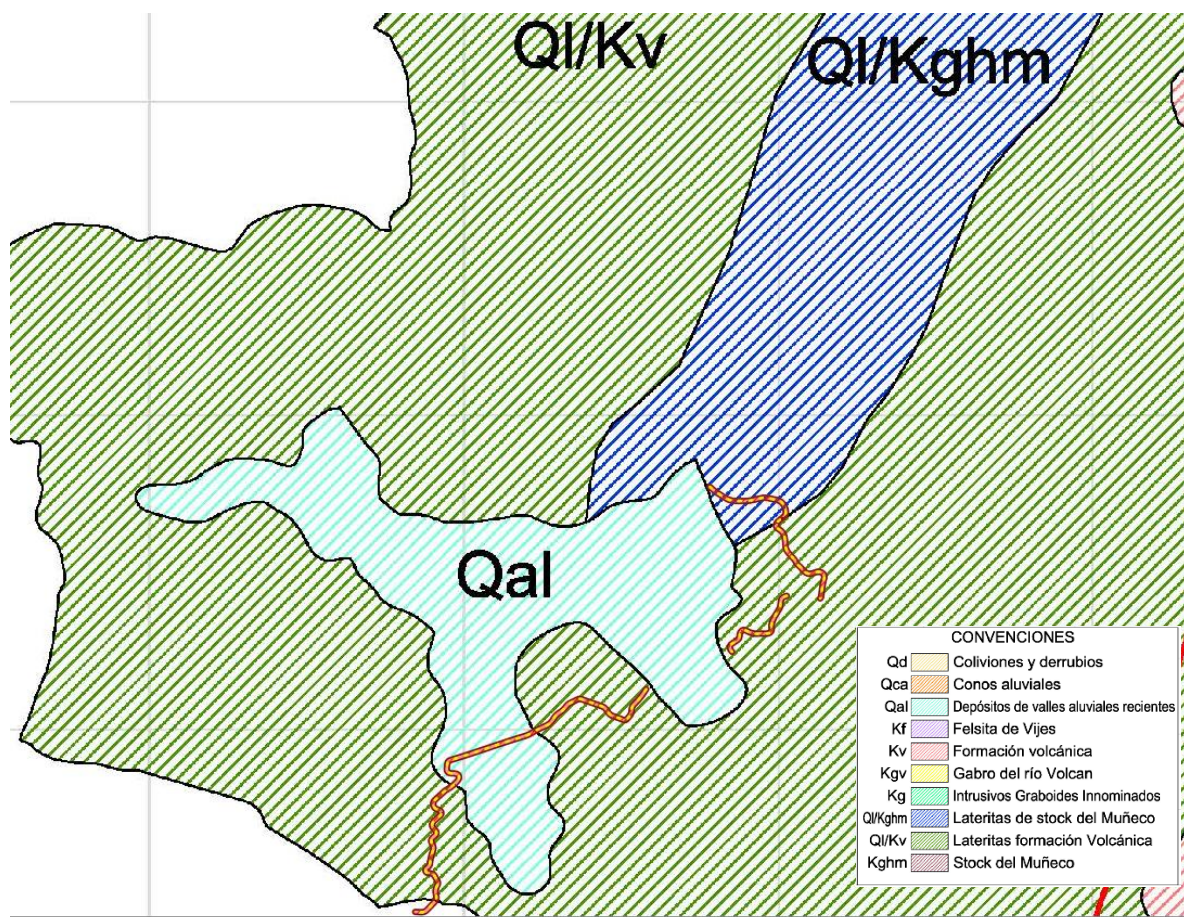


De acuerdo con la cartografía del EOT del municipio de Yotoco el AID se encuentra en el rango de precipitaciones entre 1200 mm – 1400 mm.

El AID se encuentra a una altura aproximada de 1500 msnm y de acuerdo con su precipitación se puede clasificar según el sistema de Holdrige como una zona de vida de Bosque Húmedo (bh-PM), que comprende elevaciones entre 1.000 y 2.000 m.s.n.m. presenta climas cálidos moderados con temperaturas que fluctúan entre 18 - 24° C, precipitaciones entre 1.000 y 2.000 mm anuales. Esta precipitación no es excesiva y se puede contar con suficiente humedad para las plantas durante el año. La formación bosque húmedo pre montano, reúne condiciones climáticas altamente favorables para el establecimiento del hombre. La lluvia regularmente distribuida y la agradable temperatura han sido factores esenciales en su poblamiento.

6.9.2.2.1.2 Geología y geomorfología

Figura 8 Geología PBOT



Ql/Kghm Lateritas de stock del muñeco

Qal: Depositos de valles aluviales recientes

Ql/Kv: Lateritas formación volcánica

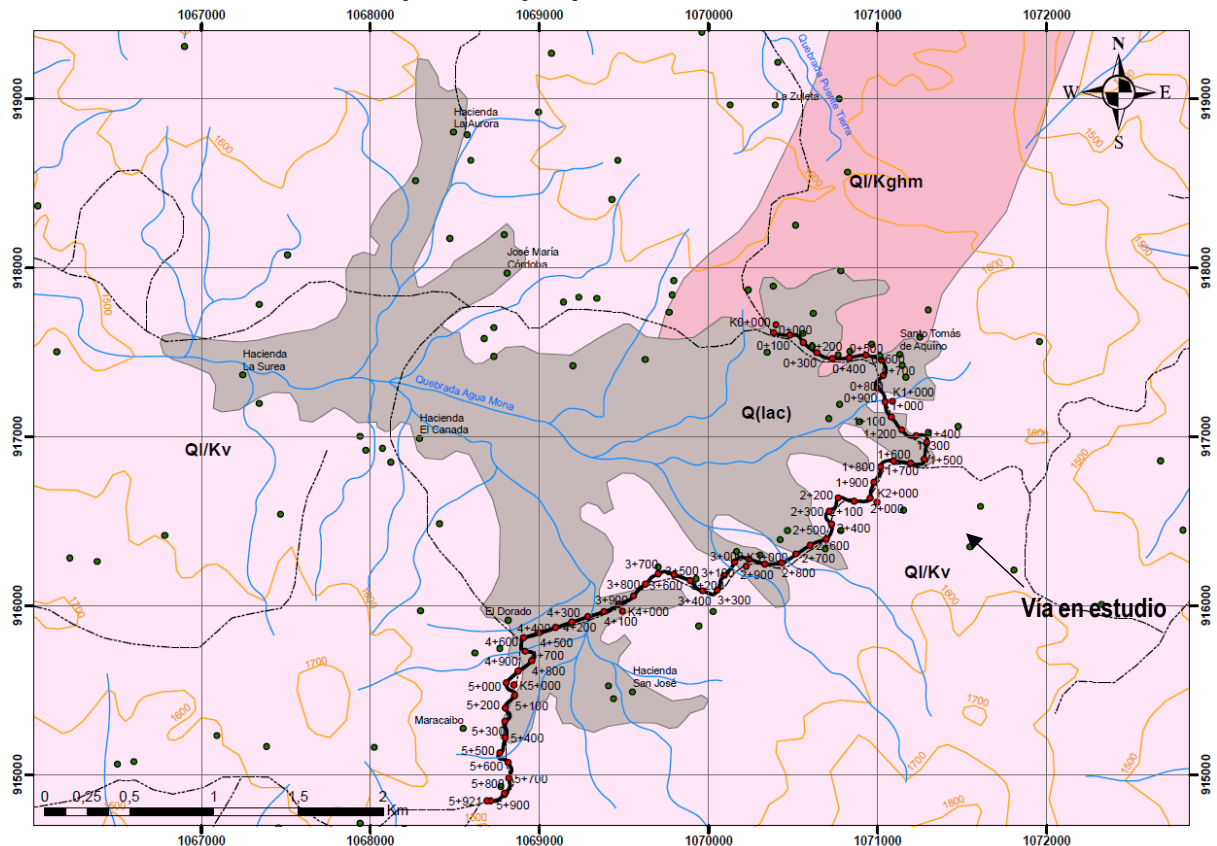
6.9.2.2.1.3 Geología Regional

La geología regional del área de estudio se encuentra parcialmente documentada y representada en la geología de la plancha 280 de Palmira, INGEOMINAS (1984); y su memoria explicativa, Reseña explicativa del mapa geológico preliminar plancha 280 Palmira., INGEOMINAS (1985). Esta zona comprende rocas ígneas intrusivas y rocas sedimentarias, todas estas de diferentes tipos, con edades estimadas en el Cretácico y Cuaternario.

Entrando a un contexto más local en el sector en estudio, predominan unidades del Cretácico y Cenozoico. Entre estas se encuentra el Stock de El Muñeco (Kghm), la Formación volcánica (Kv) y depósitos aluviales o lacustres (Q/lac).

A continuación se realiza una descripción general de las unidades litoestratigráficas que están más asociadas al proyecto, entre estas (Teniendo en cuenta el alcance del proyecto) se consideró importante hacer énfasis en las formaciones anteriormente mencionadas.

Figura 9 Geología regional del sector en estudio



Fuente: Tomado y adaptado por Kelly Aguirre de la geología de la plancha 320 (Ingeominas 1985). Estudio de Geología Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca

6.9.2.2.1.3.1 Estratigrafía

La estratigrafía describe las características y la disposición espacio-temporal de las rocas sedimentarias y estratos rocosos, además de analizar sedimentos inconsolidados y los procesos y ambientes que les dieron

lugar, por ello el objetivo de este subcapítulo es explicar brevemente de base a techo la secuencia estratigráfica regional asociada al municipio de Yotoco.

Tabla 39 Unidades litoestratigráficas asociadas al sector en estudio

| ERA | PERIODO | ÉPOCA | LEYENDA Y COLOR | NOMBRE |
|-----------|-------------|----------|-----------------|---------------------|
| Cenozoico | Cuaternario | Holoceno | Q(lac) | Depósitos lacustres |
| Mesozoico | Cretácico | Superior | Kv | Formación volcánica |
| | | | Ql/Kghm | Stock de El Muñeco |

Fuente: Basado en la geología de la plancha 280 (Ingeominas 1984) Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

6.9.2.2.1.3.2 Rocas intrusivas

En el sector en estudio se observan Gabros Kghm los cuales se caracterizan por ser gabros piroxenico y hornbléndico que intruyen las rocas de las Formación Volcánica (Kv) con la cual se cree que están genéticamente relacionados.

6.9.2.2.1.3.3 Rocas Paleozoicas

6.9.2.2.1.3.4 Formación Volcánica (Kv)

Esta unidad aflora en una franja con dirección N30°E presentándose intercalada con bloques fallados de las formaciones Cisneros y Espinal. Se constituye de una secuencia de lavas basálticas macizas, lavas almohadilladas, silos de diabasa pegmatítica y en algunos sectores lentes de cherts, shales y areniscas.

6.9.2.2.1.3.5 Rocas Cenozoicas

6.9.2.2.1.3.6 Depósitos cuaternarios

En el sector en estudio se observan depósitos aluviales que están compuestos de limos y arcillas moteadas de rojas a marrones que probablemente representan depósitos lacustres (Q(Lac)).

6.9.2.2.1.4 Geología Estructural

En el sector en estudio se encuentran algunas estructuras sobresalientes como sistemas complejos de fallas y discordancias encontradas en las formaciones cenozoicas y algunos pliegues mayores en las formaciones cretácicas y terciarias de la Cordillera Occidental.

El rasgo estructural más prominente dentro del área es la presencia de tres sistemas regionales de fallas orientadas aproximadamente N-S, E-W y NW SE.

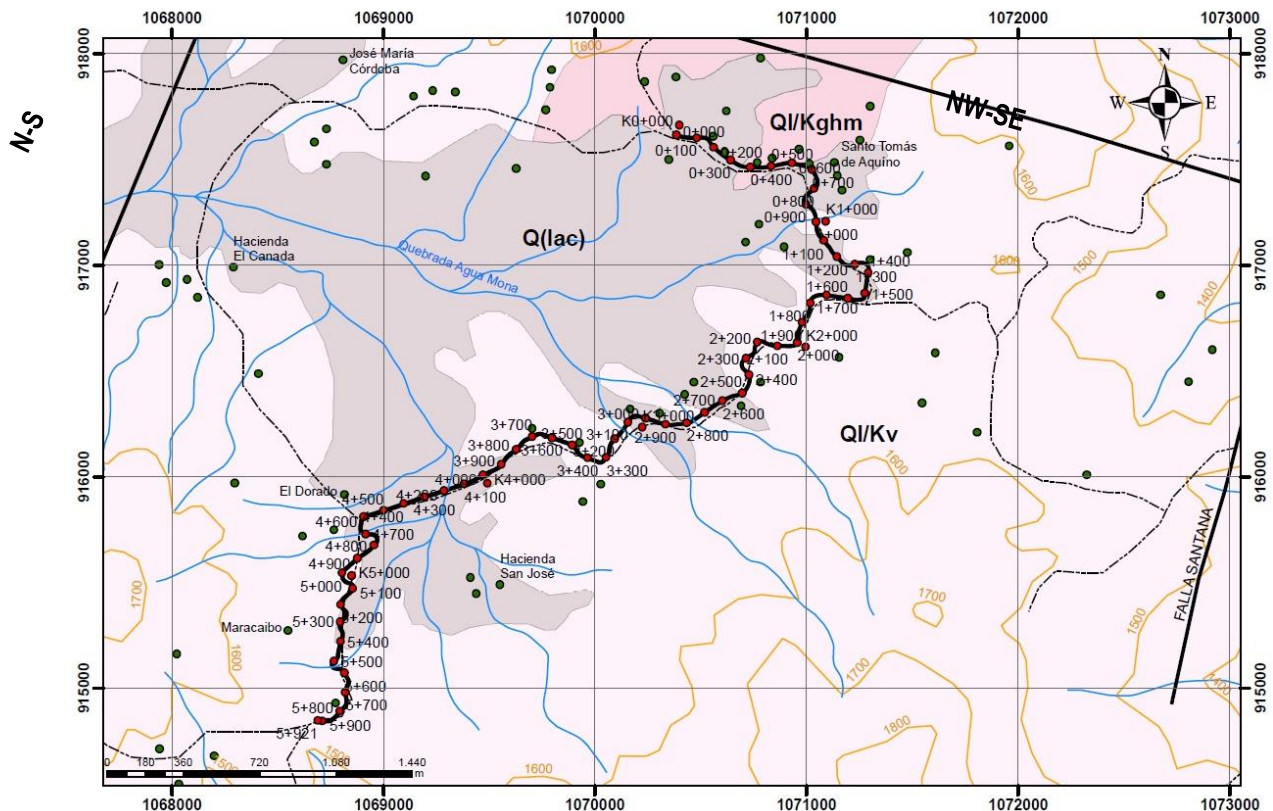
Las fallas N-S predominan en ambas cordilleras y también en la cuenca sedimentaria del Valle del Cauca (sensu stricto). En la Cordillera Central la mayoría son fallas reversas de ángulo alto, sin embargo, algunas de estas fallas se han movido como fallas de rumbo (strike slip) por lo menos una vez durante su evolución. En comparación las fallas principales del sistema del Cauca a lo largo el flanco oriental de la Cordillera Occidental y las fallas normales. Las posteriores fallas influyeron en las cuencas de depositación de los sedimentos terciarios (EVANS et al, 1984).

Las fallas de rumbo aproximado E-W se encuentran como zonas regionales de cizallamiento, los movimientos horizontales son en general en el sentido derecho (Dextral Wrench Faults) restringidos a la Cordillera Central.

Estas zonas están interpretadas como estructuras relacionadas con el movimiento principal del Sistema de la Falla Romeral como fallas de rumbo (Strike-slipfault) en el Terciario inferior.

Las fallas más jóvenes son las fallas con rumbo NW-SE que en la Cordillera Occidental se encuentran afectando los sedimentos marinos de la Formación Vijes.

Figura 10 Principales estructuras del corredor vial en estudio



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

Como se puede apreciar en la figura anterior, localmente el corredor vial en estudio no se encuentra bajo la influencia de ningún tipo de trazado de falla.

6.9.2.2.1.5 Unidades de Geología Para Ingeniería

Teniendo clara la información de la geología Regional, se procedió a realizar el análisis de resultados obtenidos en la visita técnica de campo. A fin de comparar y corroborar si dicha información corresponde a las unidades representadas y descritas en estos mapas, y así aclarar puntualmente a una escala más detallada qué Unidades de Geología para Ingeniería (UGI) corresponden a los tramos de la vía que une las veredas Alto del Oso-Crucero Buenos Aires- Alto del Chinche en el municipio de Yotoco.

Las unidades de geología para ingeniería se basan en un principio en las unidades geológicas superficiales definidas por Hermelín (1985) y Salazar (1995), los cuales definen las unidades geológicas superficiales como el conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros, y se propone que dichos materiales deben ser clasificados según su origen, ya sean estos suelos transportados o residuales, rocas o suelos antrópicos, a fin de delimitar el área de estudio en zonas que representen un alto grado de homogeneidad de los materiales respecto a sus propiedades.

Las Unidades de geología para ingeniería (UGI) al igual que las unidades geológicas superficiales (UGS) en un principio clasifican el tipo de material según su origen, incluyendo rocas con diferentes grados de meteorización, suelos y depósitos inconsolidados; pero a diferencia, las unidades de geología para ingeniería, tiene en cuenta el espesor de dichas unidades e incluye también las propiedades mecánicas (Clasificación S.U.C.S, humedad, plasticidad, índice de consistencia, cohesión, ángulo de fricción, entre otras).

Estas unidades de geología para ingeniería se consideran formaciones correlativas de los procesos morfodinámicos, debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre. Se consideran unidades cartografiables y uno de los productos básicos de la geología aplicada a la Ingeniería constituyendo así una herramienta básica adecuada para compilar, interpretar y presentar la información temática de utilidad en las fases de prefactibilidad, factibilidad, diseño, construcción, operación y el mantenimiento de obras de ingeniería; así como otros aspectos de los proyectos dentro de los que están el planeamiento del uso del suelo para el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y el desarrollo minero; igualmente en los campos de mitigación, prevención y control de los riesgos geológicos, al igual que en los impactos ambientales resultantes del desarrollo de diferentes proyectos.

Para llevar a cabo la caracterización de unidades de geología para ingeniería, se tienen en cuenta las descripciones de perfiles del suelo, ya sean laderas naturales, cortes antrópicos, o afloramientos rocosos, la exploración del subsuelo, muestreo de suelos y rocas, ensayos in situ y análisis de laboratorio. Dependiendo de el origen y tipo de material caracterizado se hace su respectiva definición y descripción, con el objetivo de conocer como es la distribución espacial de los materiales en el terreno y como varían sus propiedades en profundidad y lateralmente.

Para realizar su clasificación se basó en la guía metodológica para estudios de amenaza vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano (2015). La nomenclatura indica a manera de acrónimo el origen tipo y nombre de cada unidad.

Según lo anterior se procede a describir las unidades de geología para ingeniería para cada uno de los tramos que se están evaluando de la vía que une las veredas Alto del Oso- Crucero Buenos Aires- Alto del Chinche en el Municipio de Yotoco, de acuerdo a él origen y tipo de unidad.

6.9.2.2.1.6 Unidades de Geología para Ingeniería y Diagnostico Geotécnico del Corredor Vial

En los tres (3) tramos que se están evaluando de la vía que une las veredas Alto del Oso- Crucero Buenos Aires- Alto del Chinche en el Municipio de Yotoco se encontraron unidades de depósitos antrópicos, suelos transportados y suelos residuales. Los suelos antrópicos observados corresponden al material de recebo para la vía, los suelos transportados son depósitos originados por la acción del agua y/o gravedad y los suelos residuales son derivados de la Formación Volcánica. Es decir, existe una capa superficial entre 8 a 60 cm de material de recebo para la vía, al cual se le denomino “suelo antrópico gravo arenoso de recebo para la vía (Sagarv)”. Debajo, inmediatamente después del material de afirmado, se encuentra el suelo natural subrasante, el cual, de acuerdo a las características observadas en el terreno se considera como un “suelo transportado de

depósito aluvial (Stda)”, con un horizonte IB según el perfil de meteorización Deere y Patton y subyacente a este se halla un suelo residual cohesivo de la Formación Volcánica (Srcfv) el cual presenta un perfil de meteorización IC e IB según el perfil de meteorización Deere y Patton.

La tabla a continuación presenta la clasificación de unidades de geología para ingeniería donde se clasifica y especifica el origen, tipo, nombre y acrónimo de las unidades establecidas. El acrónimo indica con la primera letra el origen y las demás son las iniciales del nombre, el cual contiene las características particulares o más relevantes del tipo de material.

Tabla 40 Unidades de geología para ingeniería

| TIPO DE MATERIAL | ORIGEN | TIPO DE UGS | NOMBRE | NOMENCLATURA |
|------------------|--------------|--------------------|---|---------------|
| Suelos | Transportado | Deposito Antrópico | Suelo antrópico gravo arenoso de recebo para la vía | Sagarv |
| | | Deposito aluvial | Suelo transportado de depósito aluvial | Stdal |

Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

A continuación se presenta a manera la descripción de cada unidad de acuerdo al origen y tipo de unidad.

6.9.2.2.1.6.1 Unidades de origen depósitos antrópicos (Sa)

Los depósitos antrópicos son materiales transportados y depositados por la acción del ser humano, por ejemplo, los llenos, rellenos sanitarios o de basuras, rellenos de excavaciones, de escombros y llenos mixtos, también materiales de recebo o afirmado para las vías. La descripción de estos se hace a partir de sus componentes como sus clastos y la matriz.

6.9.2.2.1.6.2 Material de recebo (Sagarv)

Este suelo es matriz soportado (55% matriz, 45% clastos) de color marrón claro a oscuro, de una textura granular. Constituido por una matriz fino arenosa con alta plasticidad y con bastantes clastos embebidos. Entre los clastos se presentan una buena cantidad de gravas que van desde gránulos a guijarros de fragmentos líticos, de formas angulares bajamente meteorizados de tonalidades gris claro a gris oscuro. Este suelo ha sido seleccionado de manera rustica para ser extendido sobre una vía, con el fin de homogeneizar el terreno natural presenta densidad compacta y cuenta con espesores entre 8 a 60 centímetros.

Foto 2 Suelo antrópico gravo arenoso de recebo para la vía



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

Foto 3 Material de recebo usado para mejoramiento de los tramos de vía



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

6.9.2.2.1.6.3 Unidades de origen derivadas de suelo transportado (St)

Los suelos transportados son depósitos originados por la acumulación del material arrastrado o transportado por acción del agua, hielo, viento, erupciones volcánicas o por efecto de la gravedad. Se componen de partículas sólidas y pueden tener materia orgánica, son de carácter granular heterogéneo, no cohesivos y no consolidados.

6.9.2.2.1.6.4 Suelo transportado de depósito aluvial (Stda)

Estos materiales están dispersos sobre toda el área de estudio, dispuestos generalmente en las cimas o cuestas del relieve, suavizando el paisaje. Solo se identificaron en las zonas que presentan mayores espesores por lo general de 2 m.

El material de subrasante se encontró inmediatamente bajo los materiales antrópicos de recebo para la vía, son depósitos aluviales muy antiguos originados por la acción del agua que probablemente representan depósitos lacustres, con un grado de meteorización alto con un horizonte IB según el perfil de meteorización Deere y

Iniciativa presentada por:
AGROCOLSA S.A. SOCIEDAD CIVIL, NIT 805.021.816-3
AGRÍCOLA COLOMBIANA S.A., NIT 890.315.430-6
PRODUCTORA NACIONAL AVÍCOLA S.A., NIT 890.321.213-9
ALIANZA FIDUCIARIA, NIT 860.531.315-3

MEJORAMIENTO DE LA VÍA
ALTO DEL OSO - CRUCERO BUENOS AIRES - ALTO DEL
CHINCHE
YOTOCO, VALLE DEL CAUCA

Patton; el mayor espesor medido en campo para esta unidad es de 3 m. Es de textura limo- arcillosa, densidad compacta, con alta plasticidad, humedad media, con permeabilidad de baja, colores rojas a marrones.

Foto 4 Suelo transportado de depósito aluvial observado en los taludes del sector en estudio



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

Foto 5 Suelo transportado de depósito aluvial observado como subrasante natural de la vía objeto de estudio.



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

De acuerdo con los resultados promedio de los ensayos de laboratorio realizados para las muestras de los tres (3) tramos, esta unidad se clasifica como un suelo fino limoso de alta plasticidad (MH) y se caracteriza por presentar valores de humedad entre 28-94%, límites líquido entre 34-60%, límite plástico entre 24-95, índices de plasticidad entre 12-38 y valores de CBR entre 1.8-7.6%.

Tabla 41 Tabla de resumen de propiedades de la unidad geología para ingeniería Stda del tramo N°1

| APIQUE N° | ABSCISA | PROF. (m) | W (%) | LL (%) | LP (%) | IP (%) | CBR (%) | CLASIFICACIÓN (U.S.C) |
|-----------------|---------|-----------|--------------|---------------|--------------|--------------|------------|-----------------------|
| 1 | K0+300 | 0.60 | 37.5 | 35.5 | 23.9 | 11.6 | 2.3 | CL |
| 2 | K0+600 | 0.20 | 47.4 | 100.2 | 71 | 29.2 | 2.3 | MH |
| 3 | K0+900 | 0.20 | 51 | 88.6 | 60.4 | 28.2 | 2.3 | MH |
| 4 | K1+200 | 0.60 | 40.2 | 85.1 | 48.5 | 36.6 | 2.4 | MH |
| 5 | K1+500 | 0.65 | 78.7 | 120.9 | 89.6 | 31.3 | 1.9 | MH |
| Mínimo | | | 37.50 | 35.50 | 23.90 | 11.60 | 2.1 | MH |
| Máximo | | | 78.70 | 120.90 | 89.60 | 36.60 | | |
| Promedio | | | 50.96 | 86.06 | 58.68 | 27.38 | | |

| APIQUE N° | ABSCISA | PROF. (m) | W (%) | LL (%) | LP (%) | IP (%) | CBR (%) | CLASIFICACIÓN (U.S.C) |
|----------------------------|---------|-----------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------|-----------------------|
| Desviación Estándar | | | 16.43 | 31.53 | 24.62 | 9.40 | | |
| Percentil 85 | | | 62.08 | 108.48 | 78.44 | 33.42 | | |
| Percentil 90 | | | 67.62 | 112.62 | 82.16 | 34.48 | | |

Fuente: Información: Citec Ltda, Tabla: Elaboración propia

Tabla 42 Tabla de resumen de propiedades de la unidad geología para ingeniería Stda del tramo N°2

| APIQUE N° | ABSCISA | PROF. (m) | W (%) | LL (%) | LP (%) | IP | CBR (%) | CLASIFICACIÓN (U.S.C) |
|----------------------------|---------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|-----------------------|
| 6 | K1+800 | 0.30 | 40.1 | 34.2 | 27.1 | 7.1 | 9.7 | ML |
| 7 | K2+300 | 0.20 | 29.3 | 42 | 32.4 | 9.6 | 6.4 | ML |
| 8 | K2+600 | 0.20 | 27.7 | 60.4 | 38.2 | 22.2 | 15.2 | MH |
| Mínimo | | | 27.70 | 34.20 | 27.10 | 7.10 | 7.6 | MH - ML |
| Máximo | | | 40.10 | 60.40 | 38.20 | 22.20 | | |
| Promedio | | | 32.37 | 45.53 | 32.57 | 12.97 | | |
| Desviación Estándar | | | 6.74 | 13.45 | 5.55 | 8.09 | | |
| Percentil 85 | | | 36.86 | 54.88 | 36.46 | 18.42 | | |
| Percentil 90 | | | 37.94 | 56.72 | 37.04 | 19.68 | | |

Fuente: Información: Citec Ltda, Tabla: Elaboración propia

Tabla 43 Tabla de resumen de propiedades de la unidad geología para ingeniería Stda del tramo N°3

| APIQUE N° | ABSCISA | PROF. (m) | W (%) | LL (%) | LP (%) | IP | CBR (%) | CLASIFICACIÓN (U.S.C) |
|----------------------------|---------|-----------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------|-----------------------|
| 9 | K2+800 | 0.6 | 43.8 | 88.8 | 62.7 | 26.1 | 2.2 | MH |
| 10 | K3+600 | 0.8 | 37 | 53.2 | 30.2 | 22.9 | 4.5 | MH |
| 11 | K3+900 | 0.2 | 43 | 84.4 | 49.1 | 35.3 | 2.7 | MH |
| 12 | K4+200 | 0.4 | 72.6 | 108.5 | 78.5 | 30 | 2.2 | MH |
| 13 | K4+500 | 0.3 | 93.6 | 128.6 | 90.9 | 37.7 | 1.0 | MH |
| 14 | K4+800 | 0.7 | 39.8 | 65.1 | 42.4 | 22.7 | 1.7 | MH |
| 15 | K5+100 | 0.6 | 46.9 | 69.3 | 52.2 | 17.1 | 2.5 | MH |
| 16 | K5+400 | 0.25 | 42.9 | 103.6 | 79.6 | 24 | 1.3 | MH |
| 17 | K5+700 | 0.2 | 39.2 | 77.4 | 44.5 | 32.9 | 2.5 | MH |
| 18 | K6+100 | 0.4 | 34.9 | 132.3 | 94.9 | 37.4 | 2.3 | MH |
| Mínimo | | | 34.9 | 53.2 | 30.2 | 17.1 | 1.8 | MH |
| Máximo | | | 93.6 | 132.3 | 94.9 | 37.7 | | |
| Promedio | | | 49.37 | 91.12 | 62.5 | 28.61 | | |
| Desviación Estándar | | | 18.78 | 26.64 | 22.27 | 7.09 | | |
| Percentil 85 | | | 63.61 | 121.57 | 86.95 | 36.67 | | |
| Percentil 90 | | | 74.7 | 128.97 | 91.3 | 37.43 | | |

Fuente: Información: Citec Ltda, Tabla: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

Debajo de la unidad geológica superficial “Suelo transportado de depósito aluvial” se presenta un suelo residual de la Formación Volcánica (Kv), la cual se meteoriza dando como resultado un horizonte IC e IB según el perfil de meteorización Deere y Patton (transición de saprolito a suelo), donde la matriz fina está altamente meteorizada.

6.9.2.2.1.7 Geomorfología Local

La geomorfología es la ciencia de la tierra que estudia la relación entre las formas de la superficie terrestre, los materiales naturales, su disposición estructural y los procesos que las originaron (Carvajal., 2004). El elemento geomorfológico corresponde al máximo nivel de detalle de una unidad geomorfológica, definida por los rasgos de relieve, por la morfometría detallada del terreno y por los micro-relieves asociados (Carvajal, 2012).

Para llevar a cabo la caracterización Geomorfológica, parámetro indispensable para poder interpretar y diagnosticar el comportamiento del terreno, en relación con los diferentes procesos que le dan forma al relieve y modelado al paisaje, se usó: La Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia por Carvajal (2011); la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano (2015). Además del glosario de unidades y subunidades geomorfológicas (SGC, 2014). Todo lo anterior con el fin de generar el plano e informe de geomorfología local del corredor vial.

A continuación, se describen amenera de subcapítulo, cada uno de los parámetros que hacen parte de la caracterización de elementos geomorfológicos.

6.9.2.2.1.8 Morfología y morfometría

La morfología describe cualitativamente la forma del relieve. Por otro lado, la Morfometría presenta cuantitativamente las medidas de la pendiente, longitud, área y forma de las laderas comparando sus relaciones geométricas y espaciales (CARVAJAL 2011). La descripción de la morfología se hace a partir de las observaciones de la forma del terreno en el sitio de trabajo.

Para la realización del mapa de pendiente del sector se hizo uso del programa ArcGis donde se generó un modelo de elevación digital (MDE) a partir de las curvas de nivel y luego se derivó a un raster de pendientes.

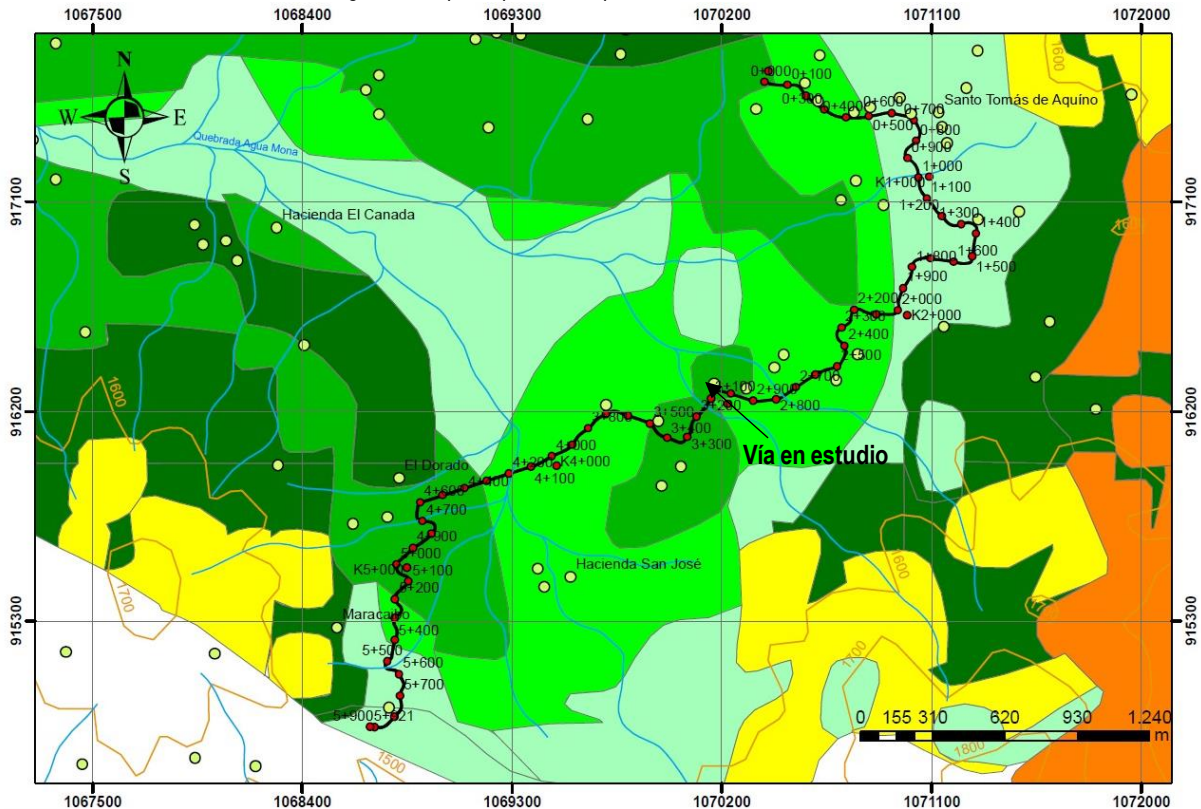
De acuerdo con la información secundaria y de campo, se categorizo el área de estudio en siete tipos de pendiente:

Tabla 44 Rangos de pendientes establecidos

| RANGO | PORCENTAJES (%) | GRADOS (°) | DESCRIPCIÓN |
|-------|-----------------|------------|-----------------------|
| | <3 | <1.72 | Plano |
| | 3-7 | 1.72-4.0 | Ligeramente inclinado |
| | 7-12 | 4.0-6.8 | Inclinado |
| | 12-25 | 6.8-14 | Fuertemente inclinado |
| | 25-50 | 14-26.6 | Fuertemente quebrado |
| | 50-75 | 26.6-36.9 | Escarpado |
| | >75 | >36 | Muy escarpado |

Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

Figura 11 Mapa de pendientes para la vía, escala 1:50000



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

TRAMO N°1: Este tramo inicia en la abscisa K0+205.45 y finaliza en la abscisa K1+525. La topografía del sector se caracteriza por ser plana a ondulada con pendientes entre 2-8%, con relieves tipo montículos (0-49m), inclinaciones de ladera suavemente inclinadas a inclinadas (5-10°), índice de contraste de relieve muy bajo (<29m), longitudes de ladera muy cortas (<50m) y formas de ladera cóncavas y convexas.

TRAMO N°2: Este tramo inicia en la abscisa K1+750 y finaliza en la abscisa K2+370. La topografía del sector se caracteriza por ser ondulada con pendientes entre el 5-8%, con relieves tipo montículos (0-49m), inclinaciones de ladera suavemente inclinadas (<5°), índice de contraste de relieve muy bajo (<29m), longitudes de ladera muy cortas (<50m) y formas de ladera cóncavas y convexas.

TRAMO N°3: Este tramo inicia en la abscisa K3+090 y finaliza en la abscisa K5+921. Este tramo inicia con topografía ondulada con pendientes entre el 2-8%, con relieves tipo montículos (0-49m), inclinaciones de ladera suavemente inclinadas (<5°), índice de contraste de relieve muy bajo (<29m), longitudes de ladera muy cortas (<50m) y formas de ladera cóncavas y convexas hasta cerca de la abscisa K4+020.

Seguidamente desde aproximadamente la abscisa K4+020 hasta el K4+562 se observa una topografía plana en donde las pendiente son menores al 2%. Y finalmente desde la abscisa K4+562 al K5+921 se vuelve a observa topografía ondulada conformada por un releve tipo montículo.

6.9.2.2.1.8.1 Morfogénesis

La morfogénesis estudia la evolución de las formas del terreno (CARVAJAL 2011). Para establecer los elementos geomorfológicos nos basamos en la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano (2015), la cual se realiza clasificando los elementos geomorfológicos de acuerdo al origen o ambiente morfogenético.

A continuación se presenta la clasificación de los elementos geomorfológicos del corredor vial en estudio, presentando su origen (ambiente morfogenético), nombre y acrónimo. Este último indica con la primera letra el ambiente, y las demás letras indican las iniciales del nombre establecido para cada una de estas.

Tabla 45 Elementos geomorfológicos del corredor vial

| ORIGEN (AMBIENTE MORFOGENÉTICO) | NOMBRE | NOMENCLATURA |
|---------------------------------|------------------------------------|--------------|
| Volcánico- Denudacional | Lomeríos bajos | Vlb |
| | Lomeríos redondeados | Vir |
| | Superficie plana o sub- horizontal | Vspl |
| Antropogénico | Corte vertical de ladera | Acvl |
| | Laderas explanadas | Ale |

Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

De acuerdo con lo anterior y las características del sitio en cuanto la morfología y Morfometría, en el sector del corredor vial se establecieron un total de cinco (5) elementos geomorfológicos, tres (3) asociados a un ambiente volcánico- denudacional y otros dos (2) a un ambiente antropogénico, tal como se describe a continuación.

6.9.2.2.1.8.2 Elementos geomorfológicos de origen volcánico- denudacional (V)

Geoformas generadas por volcanismo los cuales han sufrido en diverso grado los efectos de la denudación, pero que aún conservan rasgos definidos de sus formas iniciales que los hace identificables.

6.9.2.2.1.8.3 Lomeríos bajos (Vlb)

Los lomeríos bajos son geoformas de relieves alomados y disectados, desarrollados sobre materiales volcánicos, los cuales pueden ser inclinados o sub-horizontales. Exhiben distribución areal orientada, formando un patrón de drenaje sub-paralelo, poco entallado con valles en V. Presentan un índice de relieve muy bajo (< 50 m), con formas elongadas de longitudes muy cortas (< 50m) e inclinación moderada (2° - 5°), con laderas convexas de cimas redondeadas. No se presentan deslizamientos en estas geoformas.

Foto 6 Lomeríos bajos



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

6.9.2.2.1.8.4 Lomeríos redondeados (Vlr)

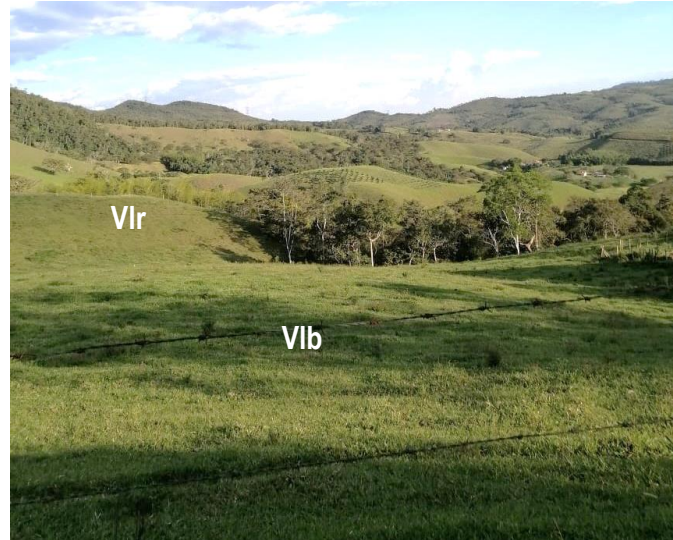
Los lomeríos redondeados son geoformas alomadas, elongadas, desarrolladas sobre materiales volcánicos, las cuales han sido disectadas formando un patrón de drenaje sub-paralelo. Los lomos presentan laderas cortas (50-250 m) a moderadas (250-500 m), de inclinación moderada (5° a 8°), convexas y con cimas redondeadas. La erosión que se observa en estas geoformas comúnmente es de terracetas. No se presentan deslizamientos en estas geoformas.

Foto 7 Lomerío redondeado (Vlr)



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

Foto 8 Lomeríos redondeados y lomeríos bajos



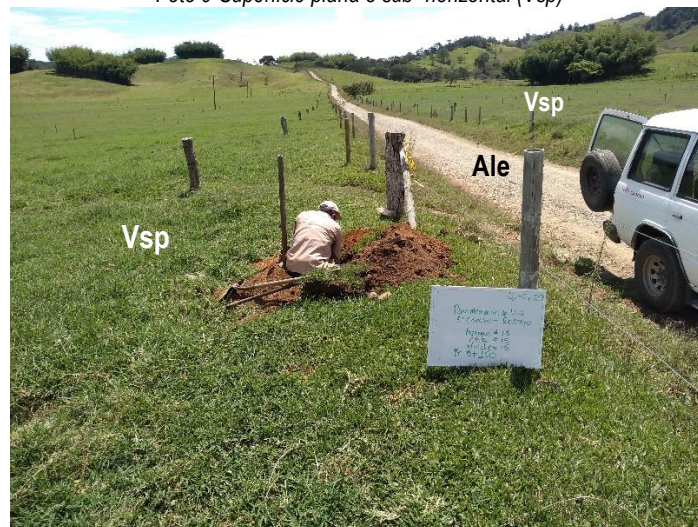
Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

6.9.2.2.1.8.5 Superficie plana o sub- horizontal (Vsp)

Una superficie plana a sub – horizontal natural presenta inclinación menor a 2°, por lo general cubiertas con delgadas capas de sedimentos producto de erosión de las laderas, en ocasiones formando zonas encharcadas pantanosas.

Se consideran como zonas estables debido a su baja pendiente y sin presencia de movimientos en masa.

Foto 9 Superficie plana o sub- horizontal (Vsp)



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

6.9.2.2.1.8.6 Elementos geomorfológicos de origen antropogénico (A)

Corresponden a geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de casos para realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías.

6.9.2.2.1.8.7 Corte vertical de ladera (Acvl)

Taludes que han sido cortados por la acción humana, en forma vertical o casi vertical, en especial para adaptar el terreno al trazado de vías u otro tipo de infraestructura como viviendas entre otras.

En el área de estudio se identificaron diferentes sectores donde se han realizado cortes verticales a las laderas para adaptar el terreno para la construcción de vías y viviendas. Estos cortes de ladera se han realizado en suelos limosos de la coloración rojiza o marrón.

Presentan un relieve local muy bajo, con una morfología de pendientes ligeramente inclinados a inclinados, de formas rectas y de longitudes muy cortas de máximo unos 3 m de altura.

Foto 10 Corte vertical de ladera (Acvl)



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

6.9.2.2.1.8.8 Laderas explanadas (Ale)

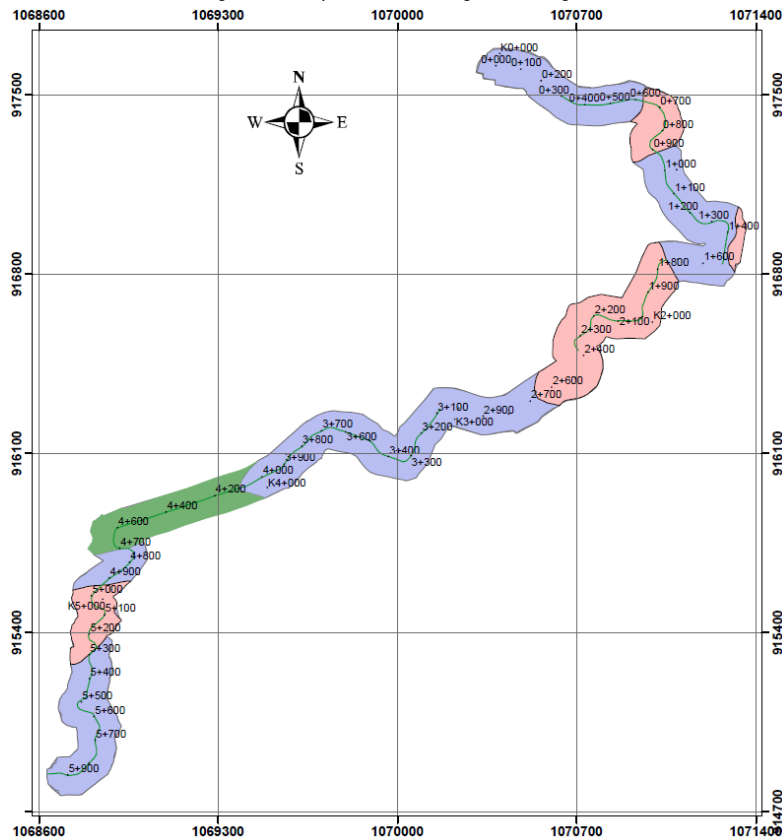
Se les conoce como laderas explanadas a los cortes de ladera para disminuir la pendiente del terreno con el fin de adaptar el sitio para la construcción de vivienda, vías y obras de infraestructura. Este elemento geomorfológico se asignó a las laderas de pendientes planas a inclinadas que hacen parte la superficie del trazado de la vía y a las laderas que se han adaptado para la construcción de viviendas al margen de la vía. Estas laderas presentan un relieve muy bajo de forma recta a ondulada, con pendientes entre (0% – 10%), sus longitudes cortas a muy cortas.

Foto 11 Ladera explanada (Ale)



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

Figura 12 Mapa de unidades geomorfologías



Fuente: Estudio de Geología, Estudios y Diseños para el Mejoramiento de la Vía Alto Del Oso – Crucero Buenos Aires – Alto del Chinche Yotoco, Valle del Cauca, Kelly Aguirre

6.9.2.2.1.9 Hidrografía

Quebrada Aguamona

Figura 13 Hidrología IGAC

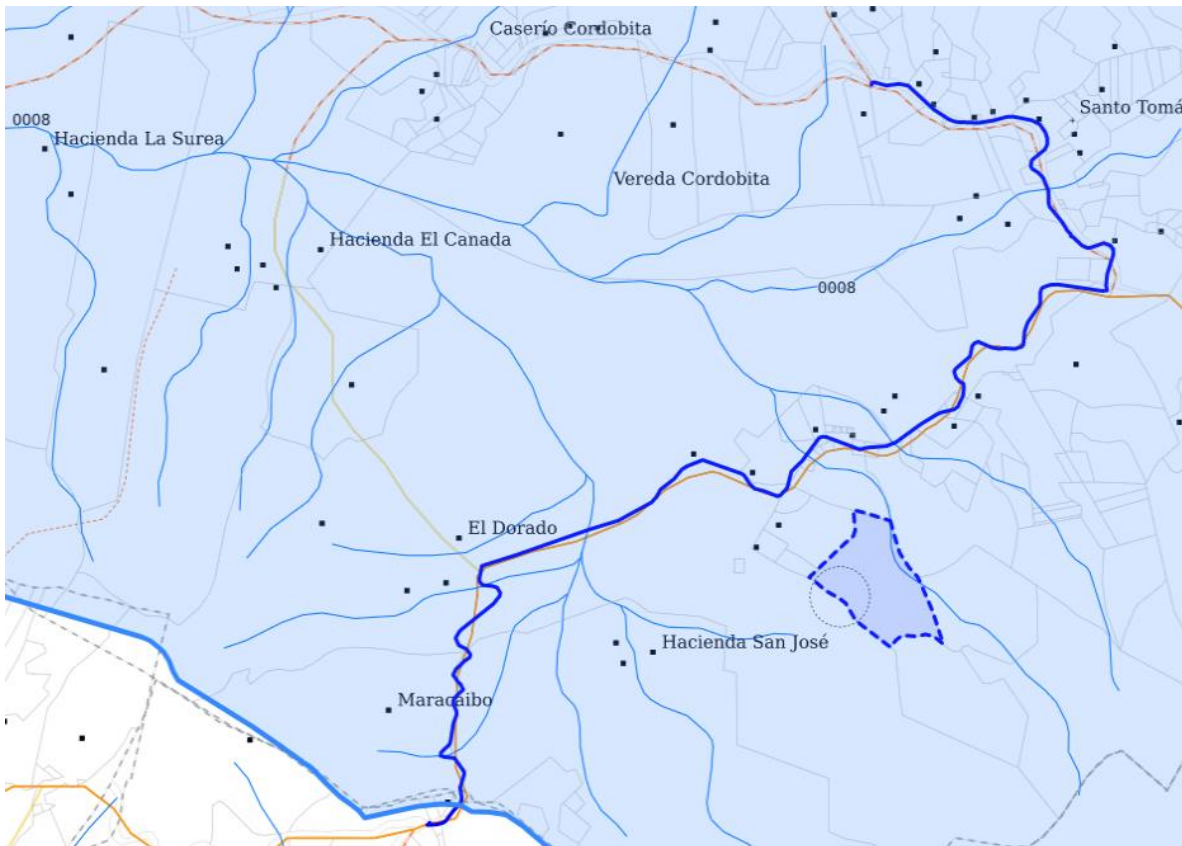
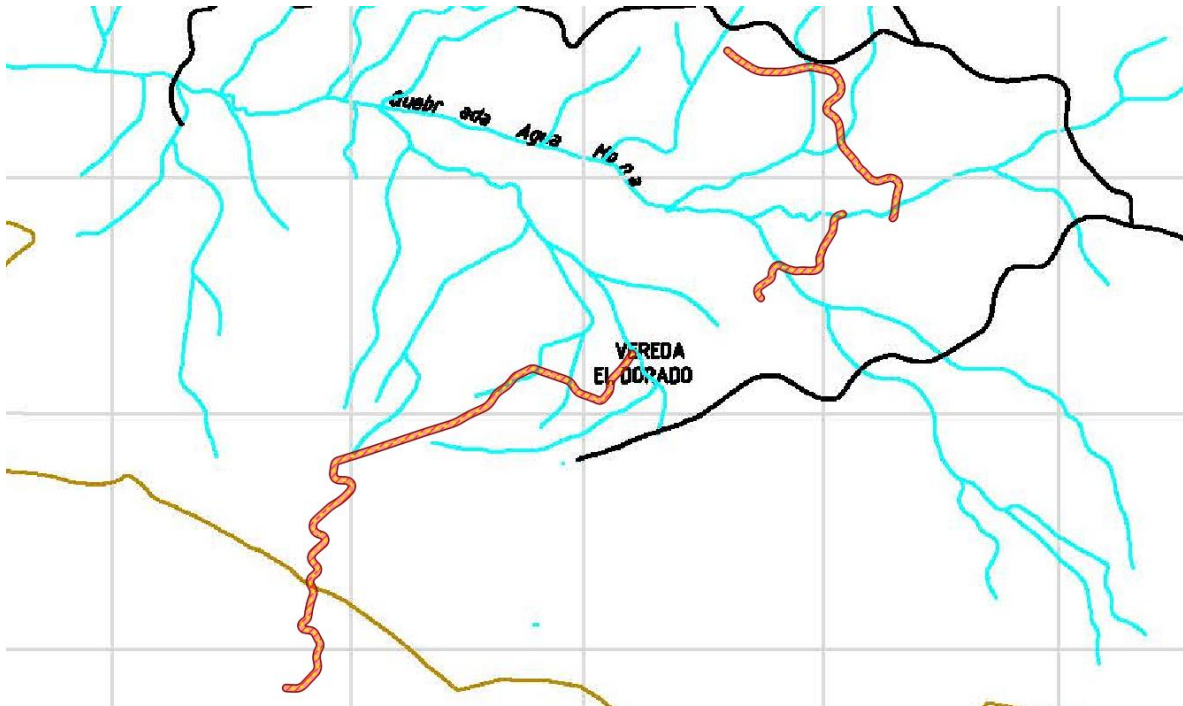


Figura 14 Hidrología PBOT

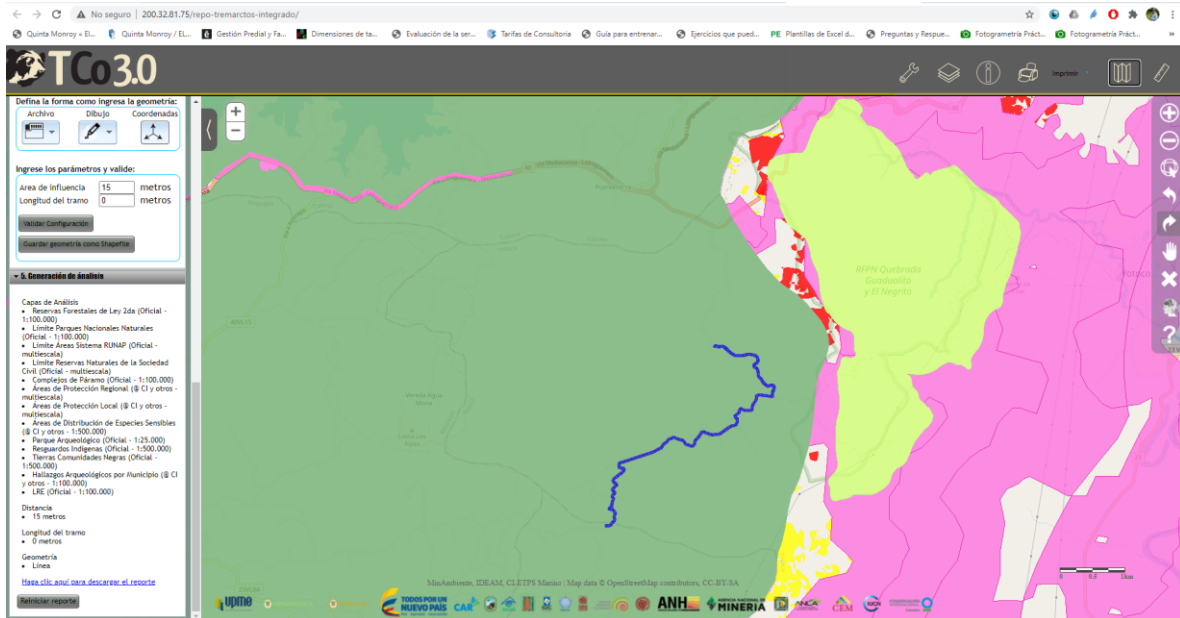


6.9.2.2.2 Componente Biótico

De acuerdo con los recorridos realizados en el AID del proyecto se pudo evidenciar que el sector corresponde a un área intervenida antrópicamente y todas las actividades se desarrollan estrictamente dentro del corredor existente y en algunos casos con viviendas a lado y lado del corredor.

Para este fin se realizó la evaluación en el sistema de alerta tempranas Tremarctos disponible en: <http://www.tremarctoscolombia.org/>

Figura 15 Consulta tremarctos.org



El reporte resultado de esta consulta mostró que el proyecto tiene una Afectación Crítica, que está determinada porque el AID se sobrepone con la capa de Áreas de Distribución de Especies Sensibles (@ CI y otros - 1:500.000) y con área de reserva forestal establecida mediante ley 2° de 1959 donde se establece que se presentan las siguientes especies de fauna en el sector:

Tabla 46 Especies de fauna en el sector.

| Clase | Genero | Especie | Categoria | Amenaza | Endemica | Migratoria |
|-------------|--------------|--------------|-----------|---------|----------|------------|
| Aves | Actitis | macularius | | | 0 | 1 |
| Aves | Anas | cyanoptera | | EN | 0 | 1 |
| Aves | Anas | discors | | | 0 | 1 |
| Aves | Calidris | melanotos | | | 0 | 1 |
| Aves | Cathartes | aura | | | 0 | 1 |
| Aves | Chlorochrysa | nitidissima | VU | VU | 1 | 0 |
| Aves | Dendroica | cerulea | VU | | 0 | 1 |
| Aves | Dendroica | fusca | | | 0 | 1 |
| Aves | Egretta | caerulea | | | 0 | 1 |
| Aves | Empidonax | virescens | | | 0 | 1 |
| Aves | Gallinula | chloropus | | | 0 | 1 |
| Aves | Habia | cristata | | | 1 | 0 |
| Aves | Limnodromus | griseus | | | 0 | 1 |
| Aves | Myiarchus | apicalis | | | 1 | 0 |
| Aves | Myiodynastes | maculatus | | | 0 | 1 |
| Aves | Oporornis | philadelphia | | | 0 | 1 |
| Aves | Picumnus | granadensis | | | 1 | 0 |

| Clase | Genero | Especie | Categoria | Amenaza | Endemica | Migratoria |
|-----------------|-----------------|-------------|-----------|---------|----------|------------|
| Aves | Progne | chalybea | | | 0 | 1 |
| Aves | Tringa | flavipes | | | 0 | 1 |
| Aves | Tringa | melanoleuca | | | 0 | 1 |
| Aves | Tyrannus | savana | | | 0 | 1 |
| Aves | Vermivora | peregrina | | | 0 | 1 |
| Aves | Wilsonia | canadensis | | | 0 | 1 |
| Reptilia | Ameiva | anomala | | | 1 | 0 |
| Reptilia | Anolis | calimae | | | 1 | 0 |
| Reptilia | Anolis | notopholis | | | 1 | 0 |
| Reptilia | Anolis | propinquus | | | 1 | 0 |
| Reptilia | Lepidoblepharis | duolepis | | | 1 | 0 |
| Reptilia | Ptychoglossus | vallensis | | | 1 | 0 |

Se debe tener en cuenta que de conformidad con la naturaleza del proyecto y sus características técnicas las cuales corresponden a un mejoramiento sobre el trazado existente y que no se van a realizar ajustes al trazado existente y por ende no se ejecutan ampliaciones de banca, no se profundiza sobre el componente biótico. (Anexo 2)

Dentro de los recorridos de campo se identificaron los siguientes arboles que forman parte de los cercos o se encuentran por fuera de ellos, es importante mencionar que no corresponde a un inventario forestal, sino que pretende describir la flora del AID y estimar los posibles requerimientos de aprovechamiento forestal:

Tabla 47 Especies de flora en el sector.

| ARBOLES | | | |
|--------------|----------|----------|---------|
| Nombre común | Cantidad | DAP (cm) | Abscisa |
| Nacedero | 3 | 25 | K0+250 |
| Guayabos | 3 | 15 | K0+660 |
| Nacedero | 4 | 15 | K1+175 |
| Cafeto | 2 | 20 | K1+450 |
| Cucharo | 1 | 20 | K1+475 |
| Nacedero | 1 | 15 | K1+500 |
| Maderable | 1 | 90 | K1+770 |
| Nacedero | 9 | 25 | K2+250 |
| Nacedero | 6 | 20 | K3+275 |
| Nacedero | 4 | 12 | K3+325 |
| Arrayan | 3 | 14 | K3+425 |
| Yarumo | 1 | 15 | K3+460 |
| Nacedero | 3 | 15 | K3+460 |
| Nacedero | 3 | 12 | K3+825 |
| Ceiba | 1 | 12 | K4+060 |

| ARBOLES | | | |
|-----------------------|-----------|----------|---------|
| Nombre común | Cantidad | DAP (cm) | Abscisa |
| Yarumo | 7 | 12 | K5+050 |
| Yarumo | 3 | 12 | K5+125 |
| Carbonero | 1 | 12 | K5+515 |
| Yarumo | 3 | 25 | K5+075 |
| Guayacan de manizales | 9 | 40 | K5+250 |
| Ceiba | 1 | 90 | K5+475 |
| Maderable | 4 | 25 | K5+650 |
| Nacedero | 2 | 20 | K5+825 |
| Nacedero | 4 | 12 | K5+850 |
| Aguacate | 1 | 15 | K5+851 |
| Palmas ornamentales | 7 | 10 | K5+900 |
| TOTAL | 87 | | |

Existen tres sectores donde hay guaduales por fuera del cerco dentro del espacio de la vía, K0+825, K5+222, K5+518.

Tabla 48 Presencia de guadua en el sector.

| GUADUA | | | |
|--------------|------------|----------|---------|
| Nombre común | Cantidad | DAP (cm) | Abscisa |
| Guadua | 20 | 10 | K0+825 |
| Guadua | 40 | 10 | K5+222 |
| Guadua | 40 | 10 | K5+518 |
| TOTAL | 100 | | |

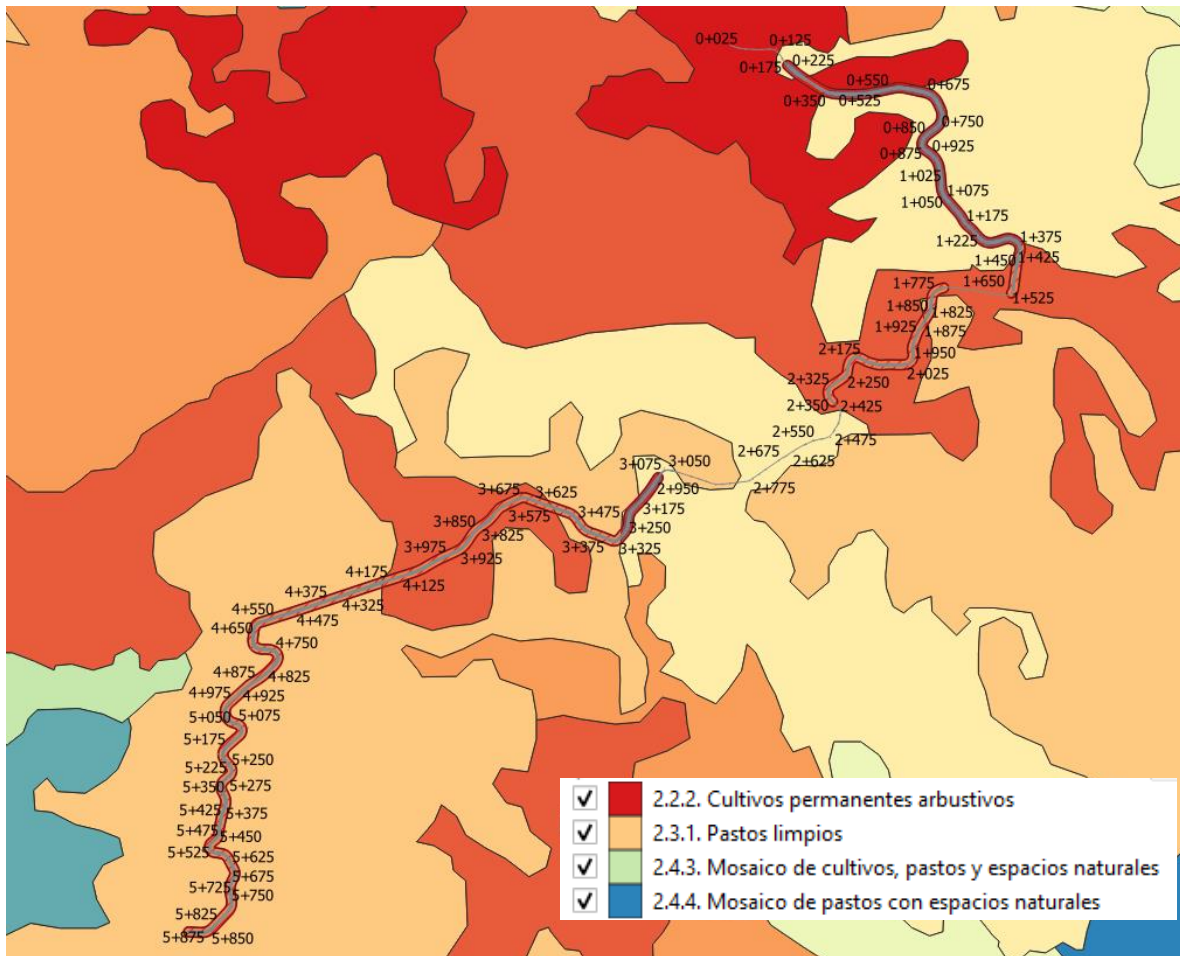
6.9.2.2.3 Zona de vida

El AID se encuentra a una altura aproximada de 1500 msnm y de acuerdo con su precipitación se puede clasificar según el sistema de Holdrige como una zona de vida de Bosque Húmedo (bh-PM), que comprende elevaciones entre 1.000 y 2.000 m.s.n.m. presenta climas cálidos moderados con temperaturas que fluctúan entre 18 - 24° C, precipitaciones entre 1.000 y 2.000 mm anuales. Esta precipitación no es excesiva y se puede contar con suficiente humedad para las plantas durante el año. La formación bosque húmedo pre montano, reúne condiciones climáticas altamente favorables para el establecimiento del hombre. La lluvia regularmente distribuida y la agradable temperatura han sido factores esenciales en su poblamiento.

6.9.2.2.4 Coberturas

De conformidad con la cartografía temática del cambio en la superficie de bosque natural en Colombia para los periodos de análisis, en este caso corresponde a la capa de cobertura de la tierra 2012.

Figura 16 Coberturas sobre el AID



Dentro del AID la mayor cobertura que se presenta es 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con 42.92%, le sigue 2.3.1. Pastos limpios con 27.86%, 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales con 26.72% y 2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos 2.52%.

6.9.2.2.5 Componente Social

De acuerdo con la naturaleza del proyecto y de la localización del mismo descrita anteriormente se define con Área de Influencia Indirecta la zona rural del municipio de Yotoco dentro de las veredas Muñecos y Corregimiento El Dorado aledaña a la vía Alto del oso - Crucero Buenos Aires - Alto del Chinche, Yotoco, Valle del Cauca

Figura 17 Veredas del AID



6.9.2.2.5.1 Población

De acuerdo con lo consignado en el EOT del municipio en el corregimiento El Dorado hay 99 viviendas.

6.9.2.2.5.2 Economía

En el sector del AID del proyecto se presenta una fuerte influencia por las agroindustrias que desarrollan sus actividades agropecuarias, especialmente las granjas avícolas y haciendas ganaderas productoras de leche, de igual manera también se presentan economías de pequeña escala y productos agrícolas que normalmente corresponden a pan coger de las familias que habitan el sector.

6.9.2.2.5.3 Servicio de aseo

El sector no cuenta con un servicio de recolección de residuos sólidos, los residuos son dispuestos por cada familia y en el caso de las actividades agropecuarias ellos gestionan de forma autónoma sus residuos.

6.9.2.2.5.4 Salud

Dentro del AID se presenta el Puesto de Salud El Dorado en el K2+975, de igual manera en el K0+575 hay un desvío hacia el Puesto de Salud Muñecos y la Escuela Muñecos.

6.9.2.2.5.5 Educación

En el corredor hay dos instituciones educativas, la Sede Santo Tomas de Aquino y la Sede Manuela Beltrán, las cuales tienen atención para aproximadamente 12 niños cada una para los grados entre 0 y 9.

6.9.2.2.5.6 Acueducto y alcantarillado

En el sector se presta el servicio de acueducto a través de acueductos veredales o rurales, que corresponden al acueducto veredal de muñecos y valle del dorado. El sector no cuenta con servicio de alcantarillado, las aguas servidas de las viviendas se disponen a las fuentes hídricas y en el casos de granjas agropecuarias cuentan con sus correspondientes sistemas de tratamiento de aguas residuales.

6.9.2.2.6 *ÁREAS DE ESPECIAL SIGNIFICACIÓN AMBIENTAL.*

Estas zonas de especial significación ambiental delimitan los sistemas cuya estructura no ha sido seriamente degradada y que prestan servicios ecológicos vitales. El concepto de servicios ecológicos incluye todos los mecanismos de estabilización dinámica de los ecosistemas, tales como evapotranspiración, e interceptación del escurrimiento en el ciclo hidrológico, así como las funciones relacionadas con los procesos de evaluación que conduce a la diversidad biológica.

De acuerdo con la revisión del ordenamiento territorial, fuentes de información secundaria, análisis de alertas tempranas Tremarctos (Anexo 2) y especialmente el recorrido en campo se pudo establecer que en el AID no hay ecosistemas estratégicos que deban tener medidas de manejo especial.

6.10 Volumen IX Gestión Predial

La planificación y el desarrollo de proyectos de infraestructura vial tienen, entre sus condiciones iniciales, la efectiva y oportuna disponibilidad física y jurídica de las áreas requeridas para las obras. El proceso para la obtención de estas áreas que se adquieren para mejoramiento y expansión de la red vial conlleva variables de tipo ambiental, social, técnico, jurídico, económico y cultural, que solo se evidencian en el momento en que se está analizando y materializando en terreno, con el diseño definitivo del proyecto basado en las especificaciones técnicas de construcción, el alcance de las obras a desarrollar y las necesidades de espacio físico para la obra.

Para efectos de los estudios y diseños se tendrá en cuenta el conjunto de medidas y acciones que serán aplicadas con la finalidad de prevenir, mitigar y controlar los impactos negativos generados por el desarrollo de la obra, respondiendo a las necesidades de incorporar los requerimientos normativos y contractuales de carácter predial.

6.10.1 Objetivos

6.10.1.1 Objetivo General

Elaborar el estudio de Gestión Predial para el Proyecto ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ALTO DEL OSO – CRUCERO BUENOS AIRES – ALTO DEL CHINCHE YOTOCO, VALLE DEL CAUCA., el cual permita describir, identificar, diseñar, interpretar y evaluar las interacciones de las actividades del proyecto con el entorno social existente, con el fin de obtener una predicción real de las consecuencias que puedan ser ocasionadas al mismo.

6.10.1.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar una investigación catastral, predio por predio para calcular la proyección de áreas afectadas de terreno, construcciones y cultivos por el proyecto de infraestructura vial.
- Adquirir a través de las Oficinas de Registro de Instrumentos Públicos, Departamentos de Catastro, IGAC, Archivo General de la Nación, despachos judiciales, notarias y demás entidades, la información catastral y de titularidad de los predios a afectar.
- Identificar y evaluar las inconsistencias entre los documentos legales y la información física real de los predios afectados para prever las controversias y procedimientos a cursarse durante posteriores etapas de avalúo, negociación y adquisición de los predios.
- Suministrar un inventario organizado de la información catastral, técnica y jurídica de cada predio afectado por el proyecto de infraestructura vial como insumo para las etapas posteriores de adquisición predial.

6.10.2 Alcance

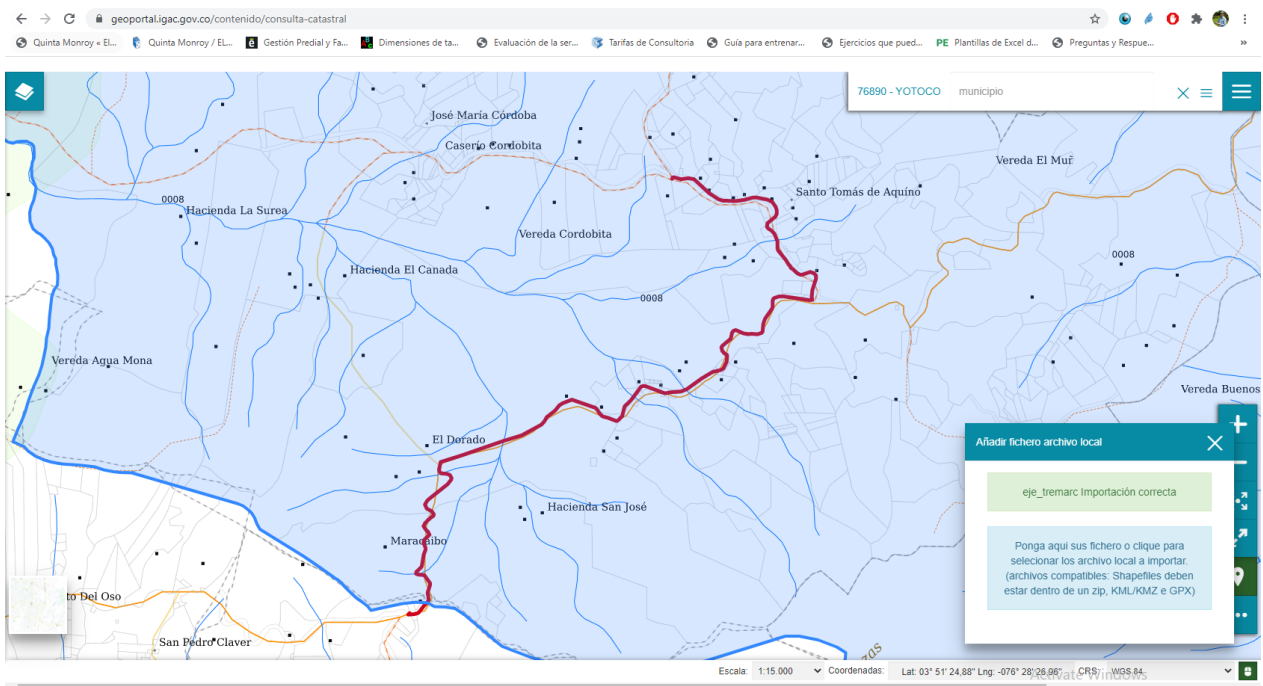
El alcance corresponde al estudio de diagnóstico predial en factibilidad o DPOP Diagnostico predial de obra pública permite determinar, a través de una investigación catastral y jurídica, el área de afectación de predios por la construcción del proyecto vial, así como la correspondencia entre la afectación física y la titularidad de los predios afectados para posibilitar las actividades a desarrollar en Fase III de identificación, Adquisición y recuperación de predios. Para este caso serán aquellos predios que se vean afectados por el mejoramiento de

las especificaciones del corredor en algunos sectores. Por tanto, el presente volumen se limitará a identificar los posibles predios que serán afectados la alternativa en estudio.

6.10.3 Identificación predial

6.10.3.1 Consulta geoportail igac

Teniendo en cuenta que el alcance del presente estudio se enfoca en desarrollar una investigación catastral, predio por predio para calcular la proyección de áreas afectadas de terreno, construcciones y cultivos por el proyecto de infraestructura vial, se realizó consulta al geo portal del IGAC en el módulo de consulta catastral así:



Con base en la ubicación del eje de la vía se pudo establecer los predios que se encuentran a lado y lado del corredor vial así:

| fid | codigo | codigo anterior |
|-----|--------------------------------|----------------------|
| 1 | 768900001000000080043000000000 | 76890000100080043000 |
| 2 | 768900001000000080044000000000 | 76890000100080044000 |
| 3 | 768900001000000080045000000000 | 76890000100080045000 |
| 4 | 768900001000000080046000000000 | 76890000100080046000 |
| 5 | 768900001000000080058000000000 | 76890000100080058000 |
| 6 | 768900001000000080059000000000 | 76890000100080059000 |
| 7 | 768900001000000080109000000000 | 76890000100080109000 |
| 8 | 768900001000000080110000000000 | 76890000100080110000 |
| 9 | 768900001000000080111000000000 | 76890000100080111000 |
| 10 | 768900001000000080118000000000 | 76890000100080118000 |

| | | |
|----|--------------------------------|----------------------|
| 11 | 768900001000000080152000000000 | 76890000100080152000 |
| 12 | 768900001000000080164000000000 | 76890000100080164000 |
| 13 | 768900001000000080176000000000 | 76890000100080176000 |
| 14 | 768900001000000080177000000000 | 76890000100080177000 |
| 15 | 768900001000000080247000000000 | 76890000100080247000 |
| 16 | 768900001000000080250000000000 | 76890000100080250000 |
| 17 | 768900001000000080253000000000 | 76890000100080253000 |
| 18 | 768900001000000080254000000000 | 76890000100080254000 |
| 19 | 768900001000000080255000000000 | 76890000100080255000 |
| 20 | 768900001000000080262000000000 | 76890000100080262000 |
| 21 | 768900001000000080306000000000 | 76890000100080306000 |
| 22 | 768900001000000080307000000000 | 76890000100080307000 |
| 23 | 768900001000000080353000000000 | 76890000100080353000 |
| 24 | 768900001000000080354000000000 | 76890000100080354000 |
| 25 | 768900001000000080083000000000 | 76890000100080083000 |
| 26 | 768900001000000080084000000000 | 76890000100080084000 |
| 27 | 768900001000000080105000000000 | 76890000100080105000 |
| 28 | 768900001000000080103000000000 | 76890000100080103000 |
| 29 | 768900001000000080104000000000 | 76890000100080104000 |
| 30 | 768900001000000080081000000000 | 76890000100080081000 |
| 31 | 768900001000000080171000000000 | 76890000100080171000 |
| 32 | 768900001000000080174000000000 | 76890000100080174000 |
| 33 | 768900001000000080106000000000 | 76890000100080106000 |
| 34 | 768690000000000080008000000000 | 76869000000080008000 |
| 35 | 768690000000000080009000000000 | 76869000000080009000 |
| 36 | 768690000000000080126000000000 | 76869000000080126000 |
| 37 | 768690000000000080173000000000 | 76869000000080173000 |
| 38 | 768690000000000080212000000000 | 76869000000080212000 |

De acuerdo con la identificación catastral realizada anteriormente y una vez revisada la topografía del proyecto se pudo establecer que el proyecto se realiza sobre el corredor vial existente, sin tener afectación a viviendas, donde las ampliaciones y obras se realizan sobre el derecho de vías existente que según lo dispuesto por la Ley 1228 de 2008, que teniendo en cuenta que la vía es de tercer orden las fajas de protección es de treinta metros (30 m), medidos quince metros (15 m) a lado y lado de la vía, por esta razón no se contempla la compra de predios o viviendas.

Se debe tener en cuenta que en materia predial se deberá implementar como instrumento los permisos de obra sobre antejardines o cercos y se deberán diligenciar actas de vecindad previa intervención del constructor, las cuales deberán ser cerradas al finalizar el proyecto y se dejara constancia de afectaciones o reparaciones.

6.10.4 Conclusiones

- De acuerdo con la investigación catastral en el proyecto se presentan 38 predios según la cartografía oficial del IGAC, los cuales pueden agrupar más de una vivienda o predio que presenta más de un poseedor.

- Según la revisión de la topografía y la línea de chaflán del diseño geométrico no se presenta requerimiento predial de terreno por fuera del derecho de vía o de viviendas, el diseño del eje vial se ha ajustado estrictamente al trazado existente.
- Se presenta requerimiento de reposición de cercos, entrada a predios y reposición de antejardín, los cuales se encuentran ubicados dentro del derecho de vía existente, según lo dispuesto por la Ley 1228 de 2008, que teniendo en cuenta que la vía es de tercer orden las fajas de protección es de treinta metros (30 m), medidos quince metros (15 m) a lado y lado de la vía.
- Se han identificado 32 construcciones en el corredor, las cuales deberán ser identificadas a través de actas de vecindad, que corresponde al documento que deberá elaborar el Constructor, el cual será suscrito entre los Propietarios, el Constructor y el Interventor, con el fin de establecer las condiciones físicas originales de cada uno ellos, como base para determinar las variaciones ambientales, sociales y/o prediales según sea el caso que se den en el tiempo por efectos del Proyecto.

Para la ejecución de obras de ampliación dentro del derecho de vía se deberán formalizar los permisos de obra con la comunidad, especialmente donde se requiere de reposición de cercos, intervención de antejardines y restitución de accesos a los predios vecinos

6.11 Volumen X Estudio de Análisis y Gestión del Riesgo y Sostenibilidad

El análisis de riesgo trata de resumir por un lado la descripción general frente al proyecto, la identificación de amenazas con el diagnóstico de los eventos registrados en la zona de influencia según su intensidad y frecuencia, la formulación que incluye el análisis de vulnerabilidad junto a la estimación del riesgo y las posibles medidas de reducción y la evaluación que incluye el análisis de la sensibilidad y la evaluación del riesgo acompañado de las medidas contingencia les generales a tener en cuenta antes, durante y después de la ejecución del proyecto, en los términos de la guía para la incorporación del riesgo de la comisión rectora del SGR.

En cuanto al análisis de riesgos a realizar, es preciso anotar que de acuerdo al PMBOK (Project Management Institute, 2013) el riesgo de un proyecto es un evento o condición incierta para la cual es necesario estar preparado y en caso de que cualquier evento se produzca, pueden presentarse efectos positivos o negativos en uno o varios objetivos del proyecto.

El Acuerdo 038 de 2016 (DNP, 2016) de la comisión rectora del sistema general de regalías establece en sus artículos 5 y 6 como uno de los requisitos para proyectos de inversión que se presenten en fase II y fase III, el análisis de riesgo de desastres con el nivel de detalle acorde a la complejidad y naturaleza del proyecto, lo cual debe estar conforme con el artículo 38 de la Ley 1523 de 2012 (Congreso de la Republica de Colombia, 2012), considerando los posibles efectos de eventos naturales sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia, así como los que se deriven de su operación. Con base en dicho análisis se diseñará e implementarán las medidas de reducción del riesgo y si es necesario, los planes de emergencia y contingencia que serán de su obligatorio cumplimiento.

6.11.1 Diagnóstico de Amenazas

El sector de la construcción en Colombia enfrenta todo tipo de riesgos, por lo tanto, requiere la implementación de sistemas que permitan manejar el riesgo de manera integral, es decir: tener la clara identificación de los factores que afectarán el proyecto a lo largo de su ciclo y, generar estrategias de apoyo para enfrentar los riesgos en la ejecución del proyecto. Con lo anterior, la reacción y respuestas simples y efectivas frente al riesgo pueden desarrollarse e implementarse tan pronto el riesgo es identificado.

La construcción de vías, y en general de obras de infraestructura vial implica riesgos de tipo natural, físico y antrópico, que requieren de la adopción de una política de gestión del riesgo, para minimizar de forma general, la probabilidad de ocurrencia de situaciones que de no manejarse y/o controlarse, pueden originar adversas consecuencias humanas y/o ambientales.

| Identificación y valoración de amenazas | Valoración de la vulnerabilidad del sistema | Calificación del riesgo específico |
|--|---|--|
| <p><i>Remoción en masa:</i> La probabilidad de ocurrencia de dicho escenario es alta debido al aumento de la escorrentía superficial en todo el municipio. En el Departamento del Cauca este fenómeno se presentó por la fuerte ola invernal causada por el fenómeno de la niña, hubo desbordamientos de los diferentes drenajes, en 22</p> | <p><i>Remoción en masa:</i> Pueden colocar en peligro a los trabajadores, además del retraso en la ejecución del proyecto. Escenario de riesgo por remoción en masa ligado considerablemente al relieve y a las altas pendientes con amenaza alta. Debido a la diversidad litológica, el fuerte relieve, las variaciones</p> | <p><i>Riesgo medio:</i> Desestabilización estructural que podría generar destrucción parcial de los componentes de la infraestructura como pérdida total o parcial de banca o taponamiento de vías que retrasen actividades del proyecto.</p> |

| | | |
|---|---|---|
| <p>municipios del Departamento, donde Argelia y Balboa no estuvieron exentos y se presentaron afectaciones a infraestructuras, cultivos y vías. Las altas pendientes y los suelos desprovistos de una cobertura de vegetación protectora son algunos de los factores generadores del desprendimiento de material no consolidado.</p> | <p>climáticas y la deforestación, se pueden presentar numerosos movimientos en masa de diferente tamaño que causan dificultad en la estabilidad de la obra.</p> | |
| <p><i>Identificación y valoración de amenazas</i></p> | <p><i>Valoración de la vulnerabilidad del sistema</i></p> | <p><i>Calificación del riesgo específico</i></p> |
| <p><i>Inundaciones- lluvias torrenciales</i></p> | <p><i>La posibilidad de ocurrencia de lluvias torrenciales y el desencadenamiento de inundaciones, se genera por los altos niveles de precipitación y la presencia de redes de drenaje naturales como ríos, quebradas o similares.</i></p> | <p><i>Riesgo bajo en la ejecución del proyecto, según previsión en diseños.</i></p> |
| <p><i>Incendios forestales</i> <i>Los incendios no son recurrentes en la zona, sin embargo, pueden presentarse especialmente en épocas de verano y son causados principalmente por acción antrópica. Esta actividad se realiza sin ningún tipo de control, provocando serios daños en áreas de importancia ecológica.</i></p> | <p><i>Incendios forestales</i> <i>Se registran eventos periódicos que predicen una situación negativa en zona de influencia del proyecto por posibles afectaciones a personal, maquinaria y equipos.</i></p> | <p><i>Riesgo medio. Aunque no depende del proyecto la posibilidad de generación de incendios de tipo forestal, a partir de las quemadas no controladas que se ejecutan para usos agrícolas pueden afectarlo.</i></p> |
| <p><i>Incendios estructurales, explosiones o derrames</i> <i>Durante la segunda fase de construcción del proyecto, se requiere la utilización de maquinarias, equipos y, por consiguiente, la necesidad de disponer de volúmenes de combustibles y con ello, la posibilidad de ocurrencia de derrames, incendios y explosiones, generados por los combustibles almacenados o por accidentes de la maquinaria pesada. En la medida que exista almacenamiento y operaciones con combustibles para la</i></p> | <p><i>Incendios estructurales, explosiones o derrames</i> <i>Esta posibilidad es alterada en la medida que las condiciones de trabajo, representadas en procedimientos de operaciones cotidianas, disponibilidad de equipos de control, incluyan o desconozcan procedimientos adecuados.</i></p> | <p><i>Riesgo medio: Puede ocasionar quemaduras, pérdida de equipos, materiales, por derrames de combustibles a fuentes de agua o a suelo que ocasionan contaminación. Esta ocurrencia tiene gran aplicabilidad en el almacenamiento de combustibles o ante posibles derrames de otros materiales.</i></p> |

| | | |
|---|---|---|
| <i>operación de los equipos y maquinaria, existirá probabilidad de ocurrencia de estos eventos.</i> | | |
| <i>Incendios estructurales, explosiones o derrames En la medida que exista almacenamiento y operaciones con combustibles para la operación de los equipos y maquinaria, existirá probabilidad de ocurrencia de estos eventos.</i> | <i>Incendios estructurales, explosiones o derrames Esta posibilidad es alterada en la medida que las condiciones de trabajo, representadas en procedimientos de operaciones cotidianas, disponibilidad de equipos de control, incluyan o desconozcan estos procedimientos</i> | <i>Riesgo medio: Perdida de equipos, materiales, derrames a fuentes de agua que ocasionan contaminación. Esta ocurrencia tiene gran aplicabilidad en el almacenamiento de combustibles o ante posibles derrames de otros materiales. Según el PAGA, se estima que se presenten con muy baja frecuencia y baja gravedad en la etapa de construcción.</i> |
| <i>Accidentalidad La accidentalidad asociada a la construcción del proyecto se presentaría en trabajadores de la construcción.</i> | <i>La construcción del proyecto requiere la utilización de maquinaria y equipos, almacenamiento de combustibles y demás actividades, que aumenta la probabilidad de ocurrencia de accidentes para los trabajadores.</i> | <i>Riesgo medio. Que aumenta si la obra mantiene personal no capacitado para trabajo en alturas, en caliente.</i> |
| <i>Se estima la ocurrencia de accidentes es de baja frecuencia</i> | <i>Las actividades que pueden aumentar el grado de vulnerabilidad en el proyecto son: excavaciones, conformación, instalación de estructura mecánica.</i> | |

6.11.2 Resultados de la Valoración del Nivel de Riesgo del Proyecto

| | | | |
|------------------------------|-------------------|------------------------|--------------|
| | Fragilidad | Resiliencia | Total |
| Total susceptibilidad | 0 | 1 | 1 |
| | Exposición | Susceptibilidad | Total |
| Total vulnerabilidad | 0 | 1 | 1 |
| | Amenaza | Vulnerabilidad | Total |
| Índice de riesgo | 5 | 1 | 5 |

| | | |
|------------------------|--------------------------------|---|
| Nivel de riesgo | Valoración de la escala | Interpretación |
| Bajo | 3,68 | El proyecto no presenta riesgos significativos en su ejecución. |

| NIVEL DE RIESGO | VALORACIÓN DE LA ESCALA | RESULTADO | OBSERVACIONES FINALES |
|-----------------|-------------------------|-----------|---|
| Bajo | < = 33 | 13,24 | El proyecto no presenta riesgos significativos en su ejecución, por tanto, es sostenible y no presenta condiciones de riesgo que lo hagan vulnerable. |

6.11.3 Medidas de Intervención Asociadas a cada Escenario de Riesgo

En general, todo accidente, evento, incidentes e imprevistos que se presenten durante la construcción del proyecto será responsabilidad del contratista, quien indexará seguros convencionales al contrato de obra, siempre que sean propios de la indebida planificación de actividades del proyecto y de acuerdo al tipo de emergencia y entidad responsable.

Es necesario mantener una dotación básica para atención de primeros auxilios, en caso de accidentes e incidentes con el personal de la obra y realizar capacitaciones en: Manejo de residuos generados en obra, uso adecuado del agua, manejo de escombros, protección de flora y fauna, prevención de contaminación de fuentes hídricas, salud ocupacional, manejo de maquinaria y equipos, seguridad industrial, entre otros.

6.11.3.1 Riesgo asociado con fenómenos de origen tecnológico

- Mantener el cumplimiento del plan de contingencia que hace parte del Programa de Adaptación a la Guía Ambiental PAGA del proyecto.
- Realizar inspecciones en las instalaciones eléctricas del o los campamentos para evitar incendios por cortocircuitos.
- Capacitar e integrar a un grupo de seguridad industrial que tenga a su cargo la implementación de sistemas de alertas tempranas para el manejo operativo del proyecto en construcción.
- En caso de presentarse un derrame accidental de combustibles o aceites a las fuentes hídricas informar a la autoridad competente para el tratamiento respectivo.
- Realizar Control al almacenamiento y manipulación de combustibles y a las actividades que generen calor.
- Mantener disponibilidad de equipos contra incendios, sistemas de comunicación, maquinaria adecuada para remoción de tierra y brigadas de emergencia dotadas.

6.11.3.2 Riesgo asociado con fenómenos de origen meteorológico (avenidas torrenciales, vendavales)

- Implementar planes de manejo de materiales y usar dotación de seguridad industrial por el personal dentro de la obra.
- Realizar actividades de prevención en obras aledañas a los cauces de los ríos, para disminuir el impacto que pueda causar una avenida torrencial y evitar que se interrumpa la operación del proyecto, con lo cual se mantiene el flujo de servicios y se ahorran los costos de rehabilitación y/o reconstrucción.

- Disponer de sitios de acopio para materiales adecuados y con los permisos ambientales respectivos.
- Construir canales de drenaje en zona de campamentos y según necesidad a lo largo de la obra y realizar mantenimiento continuo a obras de arte en la construcción y operación.
- Revisar periódicamente la estabilidad de las cubiertas de campamentos y en general para evitar su colapso en caso de vendavales.

6.11.3.3 Riesgo asociado con vertimientos o derrames

- Realizar mantenimiento preventivo a estructuras, accesorios, redes, maquinaria y equipos.
- Se tendrá un estricto control de acceso de personas obligando al personal autorizado el uso de implementos de seguridad básicos como cascos, guantes, cuerdas y botas industriales entre otros.
- Utilizar los elementos de protección personal, que son materia de regulación por la normatividad colombiana, para cada cargo específico desempeñado.
- En caso de un accidente, se tendrá un listado de los números de teléfonos de urgencias a la mano como: Hospital, Bomberos, defensa civil, policía, ambulancia, entre otros. Se tendrá en cuenta la disponibilidad de medicamentos y elementos necesarios para la atención de accidentes y eventualidades (ver tabla 4).
- Como acciones de mitigación y corrección de impactos generados por los escombros, el responsable de la obra realizará la coordinación para el retiro de los mismos, garantizando el cumplimiento legal en cuanto al manejo integral de los escombros por remover.

6.11.4 Preparación para la respuesta

6.11.4.1 Generalidades - protocolos de emergencia y contingencia

Los protocolos de Emergencia y Contingencia describen procedimientos y medidas frente a eventos que pudieran acontecer durante las etapas de construcción y operación, con el objetivo de tener una repuesta inmediata cumpliendo con la normatividad vigente.

En este aparte se esquematizan las acciones a implementar durante eventos que no puedan ser controlados por las medidas de prevención y mitigación planteadas anteriormente y que pueden interferir con el normal desarrollo del proyecto constituyendo riesgos potenciales a los trabajadores y/o población del área de influencia del proyecto.

6.11.4.1.1 La Activación de la estructura organizacional para la respuesta.

El Establecimiento de los niveles de respuesta (Interna y Externa) planos específicos de emergencia, responsabilidades, nivel de entrenamiento y ejercicios, información al público, auditoria y mediciones, informe y desactivación.

Los mecanismos para acceder a instrumentos de apoyo. Sistema de seguridad, procedimientos e instrucciones (Documentación, disponibilidad, control del proceso de modificaciones, introducción de nuevos procesos, instrucciones de operación, ficha de información de datos de seguridad)

Los medios para la movilización de recursos y previsiones.

6.11.5 Articulación con los planes de emergencia municipal y sector de servicios públicos

Activación de estructura organizacional de respuesta a Emergencias: Las estructuras que trabajaran a la hora de una emergencia se diferencian entre las etapas de construcción y operación del proyecto, estas estructuras se ven a continuación:

6.11.5.1 Responsabilidades

La responsabilidad de la atención oportuna de una emergencia recae sobre el ingeniero residente o sobre contratante ejecutor operativo cuando dicha emergencia es generada por el desarrollo de las actividades del proyecto y de los órganos de apoyo externo institucional en caso de requerirse su intervención y cuando la emergencia sea generada por un evento externo al proyecto.

6.11.5.2 Niveles de respuesta

Es necesario que el ingeniero residente o quien haga sus veces en la fase constructiva, conforme una brigada de emergencia conformada por trabajadores a su cargo que tendrán como tarea prestar el primer apoyo en el sitio y crear el enlace con los órganos de apoyo externo de acuerdo al caso requerido de la siguiente forma:

- Si la emergencia es posible controlarla mediante el apoyo directo al personal a cargo, no se requerirá apoyo de organismos externos.
- Si la emergencia incluye vertimientos o derrames directos a las fuentes hídricas es necesario reportar inmediatamente la situación a la CVC para seguimiento y apoyo con personal especializado.
- Si la emergencia presenta heridos o lesionados debe informarse a Defensa civil, aseguradora y hospitales locales
- Si la emergencia incluye incendio estructural o forestal debe informarse al Cuerpo de Bomberos, defensa Civil, aseguradora y Hospitales locales.
- Si la emergencia incluye víctimas fatales debe informarse al Cuerpo de Bomberos, defensa Civil, Policía, aseguradora y Hospital local.

6.11.5.3 Equipos

Para garantizar la efectividad del Plan de emergencias, el sitio de obra deberá contar con suficientes equipos, de acuerdo con los niveles de riesgo inherentes a la operación. Se considera que como mínimo, debe existir un paquete de limpieza adecuado para operaciones de riesgo menor, equipo de extinción de incendios, etc. La evaluación respectiva se hará teniendo en cuenta la clase y cantidad de equipo disponible en las instalaciones y su eficiencia ante las emergencias.

6.11.5.4 Entrenamiento y ejercicios

El personal que trabaje en la obra (propio y externo) recibirá una capacitación básica ambiental, en el marco del PAGA y en materia de seguridad, salud ocupacional, calidad y procedimientos establecidos. Todos los eventos de capacitación ejecutados serán registrados en un libro o registro dedicado para ello.

6.11.5.5 Información al público

Es deber del ejecutor del proyecto, o quien haga sus veces, informar a la comunidad en general acerca de la existencia de protocolos de emergencia dentro existentes.

6.11.5.6 Articulación con planes de emergencia municipal y sector de servicios públicos

Al presentarse una emergencia, la brigada de atención de emergencias, inicia la comunicación con los órganos de apoyo y la entidad de administración municipal, la cual se deberá encargar de activar el plan de emergencia del municipio de acuerdo a la magnitud del incidente. Por su parte residente de obra y/o ejecutor del proyecto, deberá estar atento a todo incidente ocurrido en la obra desde su etapa de emplazamiento hasta la etapa de terminación y abandono e informar a las autoridades competentes para el apoyo con personal especializado.

6.12 Volumen XII Estudio de cantidades de obra, costos y presupuesto

El documento describe el estudio de cantidades de obra, análisis de precios unitarios y presupuesto para la estructuración del pliego de condiciones. Este estudio consta de presentar el presupuesto detallado con las actividades necesarias para lograr los productos esperados que se financiaran en el proyecto de inversión presentado, acompañado del análisis de precios unitarios.

6.12.1 Objetivos Generales

Determinar el valor monetario del proyecto “MEJORAMIENTO DE LA VÍA: ALTO DEL OSO – CRUCERO BUENOS AIRES – ALTO DEL CHINCHE, YOTOCO, VALLE DEL CAUCA” en un sector definido por tres tramos viales entre las abscisas K0+000 Y K5+923, haciendo un análisis de los precios unitarios de los ítems que este incluya y un estudio de las cantidades de obra para que el valor estimado sea el correspondiente a la ejecución del proyecto, esto sin que se generen errores por defecto que puedan generar una interrupción en el normal desarrollo de la ejecución, o por exceso que pueden ocasionar un desaprovecho de los recursos públicos.

6.12.2 Objetivos Específicos

- Presentar documento básico para la contratación de los trabajos de construcción, con las características generales y particulares de la zona de influencia del corredor y del proyecto mismo.
- Elaborar los listados de cantidades de obra, teniendo en cuenta los límites del proyecto y los diseños de cada área a intervenir en el proyecto.
- Elaborar los Análisis de Precios Unitarios (APU) en base a las especificaciones técnicas, donde se realiza la descripción de los procedimientos a seguir en los diferentes sistemas de construcción.
- Presentar especificaciones generales y particulares cuando así lo requieran los diseños.
- Elaborar el ajuste de cantidades basados en el alcance del contrato, en las consultas a los especialistas y los supuestos constructivos al momento de desarrollar las obras

6.12.3 METODOLOGÍA

6.12.3.1 Revisión de estudios e información primaria

Se consultaron los estudios desarrollados para el proyecto: tránsito, geométrico, hidráulico, geotécnico, pavimentos, estructuras, etc. con el fin de seguir sus recomendaciones y lograr con ello el presupuesto según los requerimientos.

6.12.3.2 Definición de actividades y fuentes de material

En este aparte se establecen las características y actividades del proceso constructivo de la ejecución del proyecto en el corredor, de acuerdo con la información actualizada dada por los estudios topográficos, hidráulicos, geotécnicos, geométricos, con el fin de definir fuentes de materiales y depósitos de sobrantes.

Todas las fuentes de materiales para el proyecto deben cumplir con todos los permisos ambientales y mineros, cumpliendo con la legislación colombiana en materia de extracción de materiales para construcción. Se reportan las fuentes de materiales legalmente constituidas más cercanas, y que sirve de **referencia**, así:

Iniciativa presentada por:
 AGROCOLSA S.A. SOCIEDAD CIVIL, NIT 805.021.816-3
 AGRÍCOLA COLOMBIANA S.A., NIT 890.315.430-6
 PRODUCTORA NACIONAL AVÍCOLA S.A., NIT 890.321.213-9
 ALIANZA FIDUCIARIA, NIT 860.531.315-3

MEJORAMIENTO DE LA VÍA
 ALTO DEL OSO – CRUCERO BUENOS AIRES – ALTO DEL
 CHINCHE
 YOTOCO, VALLE DEL CAUCA

Tabla 49 Fuentes de materiales

| Expediente Minero | Propietario | Licencia Ambiental | Ubicación |
|-------------------|-----------------------|---|--|
| FD1-091 | MORALTRA MINERA S.A.S | RESOLUCIÓN 0100 NO 0150- 0713 DE 2017 DE LA CVC | CRUCERO DE LA VÍA MEDIA CANOA BUGA CON LA TRONCAL DEL A RIO FRIO |
| | CANTERA RUMANÍA | | EN PROXIMIDAD A LA GLORIETA DE MEDIACANOA |

Figura 18 Ubicación de la planta de Cachibi en Cali 72 km

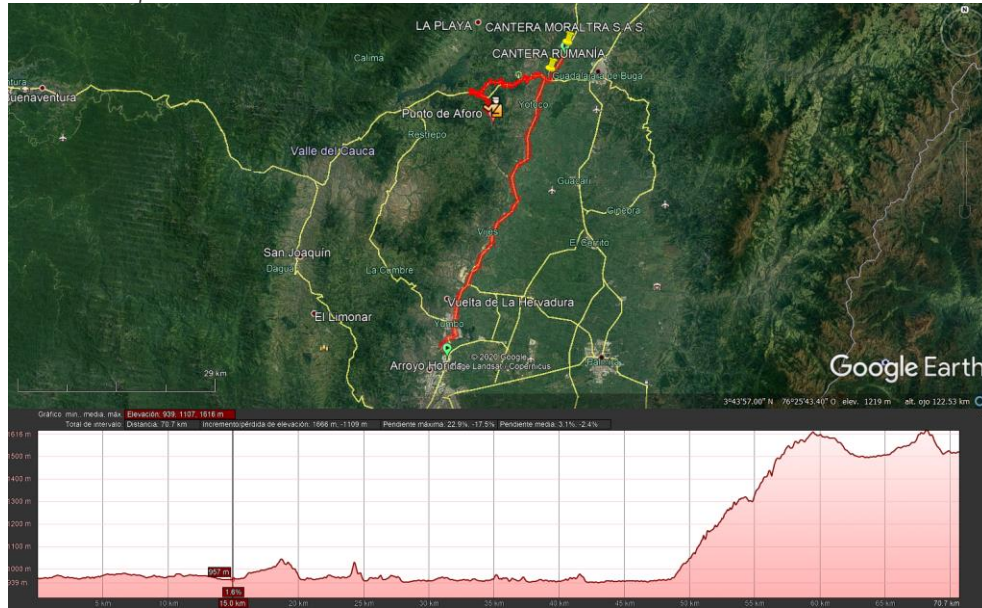


Figura 19 Ubicación de la Cantera Moraltra Minera SAS 31 km

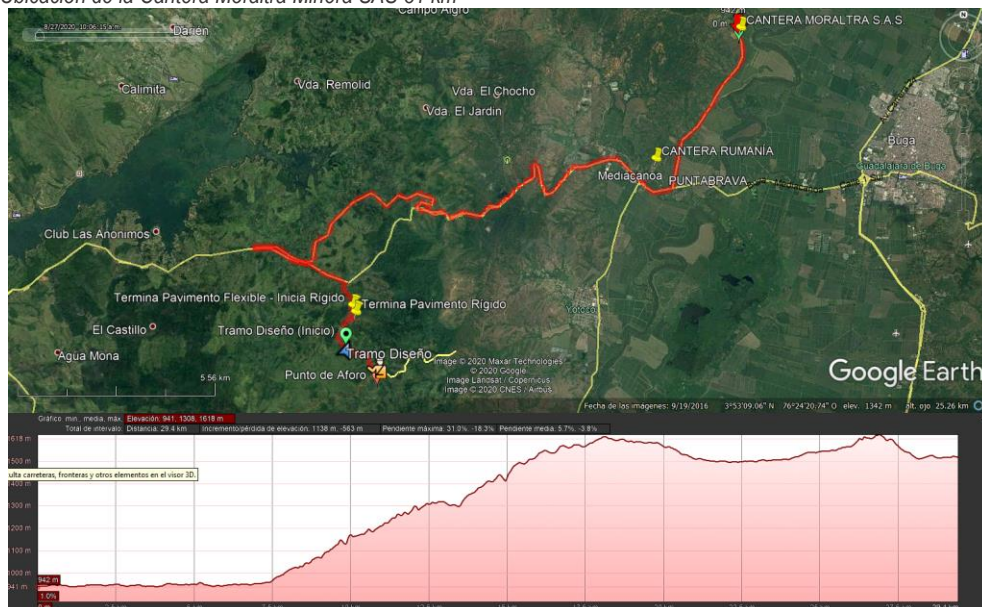
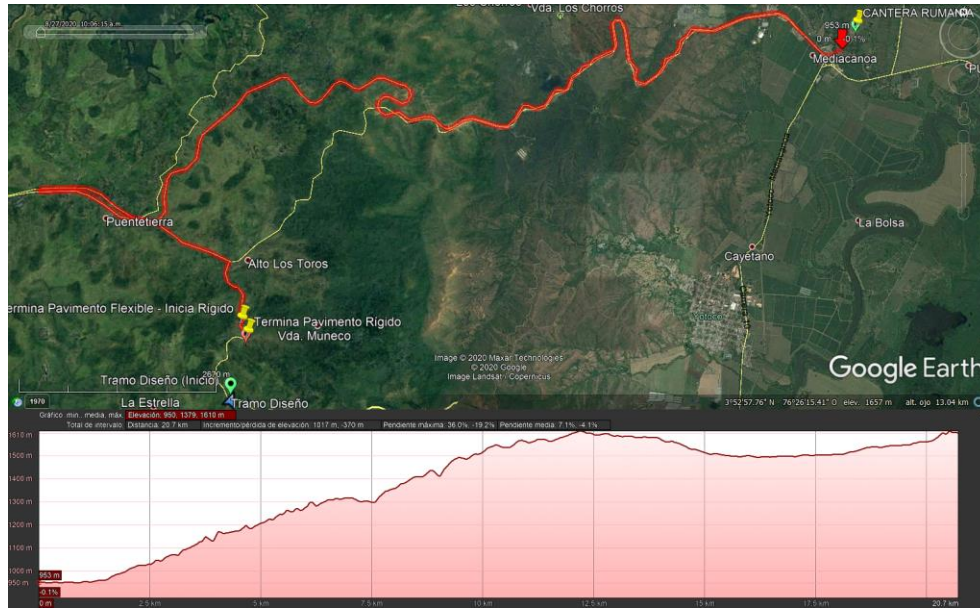


Figura 20 Ubicación de la Cantera Rumanía a 20.6 km



El proveedor **de referencia** es la empresa MORALTRA MINERA S.A.S, como fuente de materiales para la construcción del proyecto que se ubica en los alrededores del municipio de Yotoco y cuenta con los permisos necesarios para su funcionamiento. La fuente de materiales abastecedora cuenta con un acceso en buen estado, con carreteras pavimentadas hasta la vía principal, lo que facilita la provisión de agregados pétreos.

Para el cálculo de los valores de transporte, a continuación, se muestran las distancias de las Plantas de producción de agregados y mezcla de concreto hidráulico, propuestas para proveer los materiales para la construcción de la estructura de pavimento hasta el punto medio del proyecto:

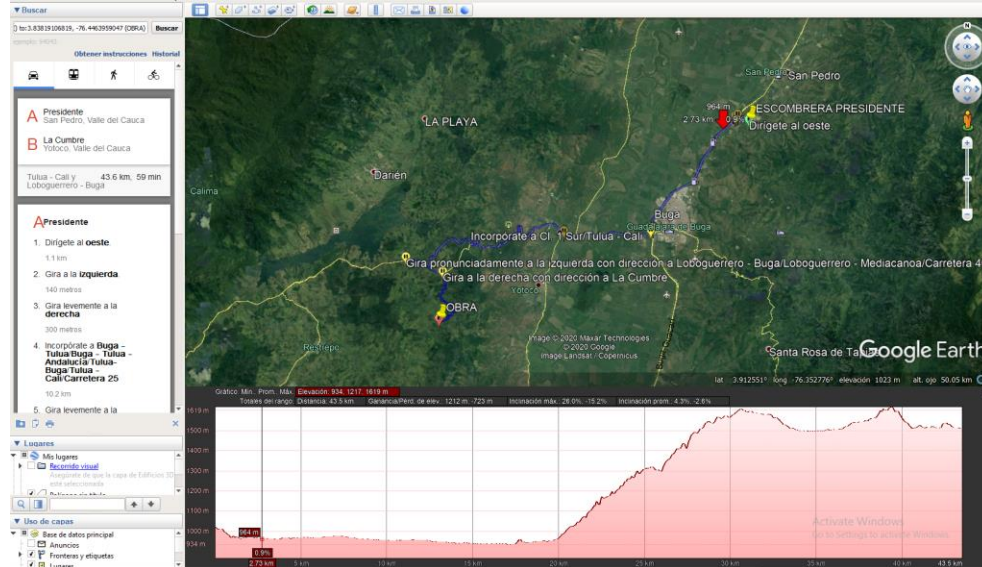
Tabla 50 Distancia Fuentes de Materiales

| LUGAR | DESTINO | DISTANCIA |
|------------------|----------------------------------|-------------|
| Cantera Moraltra | Punto medio del tramo en estudio | 31km |
| | TOTAL ACARREO | 31km |

6.12.3.3 Zona de depósito

En cercanía del municipio de Yotoco cuenta con una escombrera reconocida y autorizadas por las autoridades locales y ambientales, ubicada en el municipio presidente en Valle del Cauca, dentro del Relleno Sanitario Presidente, el cual mediante RESOLUCIÓN 0100 No.0150- 0377 DE 2017 se modifica parcialmente la licencia ambiental del Relleno Sanitario Presidente y se viabiliza la nivelación de sector de antiguo Pondaje N° 1 con sobrantes de excavación y residuos de demolición. Distancia 45 Km

Figura 21 Ubicación de la Escombrera Presidente



6.12.4 Especificaciones Generales

Las especificaciones generales utilizadas fueron las de la entidad Instituto Nacional de Vías (INVIAS), las cuales cuentan con la información suficiente y veraz para la utilización de estos ítems en obra. Se utilizaron los siguientes capítulos de la norma mencionada:

- 2 – EXPLANACIONES
- 3 – AFIRMADOS SUBBASES Y BASES
- 5 – PAVIMENTOS DE CONCRETO
- 6 – ESTRUCTURAS Y DRENAJE
- 7 – SEÑALIZACION Y CONTROL DE TRANSITO
- 8 – OBRAS VARIAS
- 9 – TRANSPORTE

Estas especificaciones están basadas en los procesos constructivos descritos por los especialistas en los volúmenes de hidráulica y ambiental. Cada especificación cuenta con una estructuración similar a las especificaciones generales utilizadas, donde se define: unidad de medida, descripción, materiales, equipo, condiciones para el recibo de los trabajos, ejecución del trabajo, medida y forma de pago. Las definiciones de los conceptos en mención cumplen con requerimientos establecidos para la especificación de ítems particulares del documento del INVIAS, Requerimientos Técnicos Fase III de la Subdirección de Apoyo Técnico ESPECIFICACIONES GENERALES

6.12.4.1 Análisis de precios Unitarios

En este aparte se definen los diferentes APU que constituyen el presupuesto de los “MEJORAMIENTO DE LA VÍA: ALTO DEL OSO – CRUCERO BUENOS AIRES – ALTO DEL CHINCHE, YOTOCO, VALLE DEL CAUCA”, de acuerdo con las normas vigentes, teniendo en cuenta las recomendaciones y exigencias de los demás estudios realizados.

Los Análisis de Precios Unitarios (APU) presentados en los Anexos del presente documento, consideran los precios sugeridos por el INVIAS para el Departamento del Valle del Cauca en el periodo 2020-II, siendo la última actualización de precios a la fecha de la entidad. En el formato utilizado para los APU se encuentran apartados de equipos, materiales transportes y mano de obra, considerando cantidades, rendimientos y distancias, según aplique.

El costo total de los APU fue el utilizado para la elaboración del presupuesto de la alternativa seleccionada, el cual es la suma entre el valor de equipo, materiales, transportes, mano de obra, y el AIU, según aplique.

En el presupuesto para cada alternativa del proyecto, se incluyen los costos establecidos en el Decreto 1915 de noviembre de 2017, con el fin de cumplir con los requisitos del contratante. Por medio del decreto en mención se adicional el título 5 del aparte 6 del libro 1 del Decreto 1625 de 2016, Único Reglamentario en Materia Tributaria, el cual lleva como título "FORMAS DE EXTINGUIR LA OBLIGACIÓN TRIBUTARIA EN EL MECANISMO DE PAGO – OBRAS POR IMPUESTOS", lo dispuesto en este título aplica a todas las personas jurídicas contribuyentes del impuesto sobre la renta y complementario, cuyos ingresos brutos sean iguales o superiores a treinta seis mil seiscientos diez (33.610) UVT, que opten por el mecanismo de pago Obras por Impuestos en los diferentes municipios definidos como ZOMAC.

Según lo mencionado se incluyen en el valor total del proyecto para cada alternativa, los costos mencionados en el Artículo 1.6.5.3.2.1. y 1.6.5.3.1.3. del Decreto 1915 de 2017, correspondientes a: Costo de interventoría, administración fiduciaria, imprevistos, estudios y diseños adicionales, entre otros.

6.12.4.2 Cantidades de obra

Una vez elaborados todos y cada uno de los precios unitarios de las actividades constructivas, se calculan las cantidades de obra.

En los Anexos del presente informe se especifican las cantidades de obra correspondientes a los diseños geotécnicos, estructurales y geométricos para los estudios y diseños del mejoramiento del tramo vial centro poblado de Uribe.

Para obtener las cantidades de obra se utilizaron hojas de cálculo, de acuerdo con el contenido de los planos y de observaciones hechas por los especialistas que realizaron su respectivo volumen.

Dentro de los archivos digitales de Excel se pueden corroborar todos los procedimientos para el cálculo de estas cantidades.

- EXPLANACIONES Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En los archivos anexos se presenta el volumen de corte y relleno de las abscisas, donde el valor acumulado es el utilizado para obtener las cantidades de excavaciones y terraplenes, las cuales se relacionan en el presupuesto. Es de resaltar que las cantidades de los materiales de la estructura de pavimentos, los cuales son las más representativos, fueron suministradas por el diseño geométrico.

- ESTRUCTURAS Y DRENAJE

Las cantidades de las obras de drenaje transversal alcantarillas y disipadores de energía, fueron proporcionadas por el área hidráulica y corroboradas con los planos de diseño, teniendo en cuenta despieces y notas.

- TRANSPORTE

La Zona de Manejo de Escombros y Material de Excavación (ZODME) propuesto está ubicado a 45 kilómetros de la obra, estas distancias se tuvieron en cuenta para calcular el costo del transporte hasta el lugar mencionado, el cual cumple con las normas legales y ambientales requeridas por la ley. En el cálculo de cantidades de Transporte Materiales que es en metros cúbicos kilómetro (m3k) siendo el ítem 900.2, se tiene en cuenta las distancias mencionadas.

6.12.5 Presupuesto final

Consolidando los análisis de precios unitarios y cantidades de obra, obtenemos el presupuesto de obra y costo y total del proyecto.

| PRESUPUESTO Y CANTIDADES DE OBRA | | | | | | | |
|--|----------------|-------|--|------|----------------|----------|----------------------------|
| Ítem No. | Especificación | | DESCRIPCIÓN | UND. | VALOR UNITARIO | CANTIDAD | VR.TOTAL |
| | GRAL. | ESPEC | | | | | |
| I. EXPLANACIONES | | | | | | | \$ 1.313.136.239,00 |
| 1 | 200.2 | | DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS | Ha | \$ 260.233,00 | 2,40 | \$ 624.559,00 |
| 2 | 201.7 | | DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS (m3) | m3 | \$ 154.044,00 | 459,20 | \$ 70.737.005,00 |
| 3 | 210.2.2 | | EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMUN DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES | m3 | \$ 16.296,00 | 19892,00 | \$ 324.160.032,00 |
| 4 | 211.1 | | REMOCIÓN DE DERRUMBES | m3 | \$ 15.960,00 | 995,00 | \$ 15.880.200,00 |
| 5 | 220.1 | | TERRAPLENES | m3 | \$ 137.082,00 | 271,00 | \$ 37.149.222,00 |
| 6 | | 230.1 | MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON ADICION DE MATERIALES (Volumen) | m3 | \$ 77.533,00 | 2075,27 | \$ 160.901.909,00 |
| 7 | 231.1 | | GEOTEXTIL PARA SEPARACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y CAPAS GRANULARES | m2 | \$ 10.098,00 | 24888,00 | \$ 251.319.024,00 |
| 8 | 233.10 | | GEOMALLA PARA REFUERZO DE CAPAS GRANULARES | m2 | \$ 18.176,00 | 24888,00 | \$ 452.364.288,00 |
| II. AFIRMADOS, SUBBASES Y BASES | | | | | | | \$ 1.142.091.396,00 |
| 9 | 320.2 | | SUBBASE GRANULAR CLASE B | m3 | \$ 164.377,00 | 6948,00 | \$ 1.142.091.396,00 |
| IV. PAVIMENTOS DE CONCRETO | | | | | | | \$ 4.159.154.407,00 |
| 10 | 500.1 | | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO. | m3 | \$ 872.617,00 | 4766,30 | \$ 4.159.154.407,00 |
| V. ESTRUCTURAS Y DRENAJE | | | | | | | \$ 1.875.027.787,00 |
| 11 | 600.1.1 | | EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR | m3 | \$ 22.951,00 | 3708,80 | \$ 85.120.669,00 |
| 12 | 610.2 | | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON RECEBO. | m3 | \$ 112.568,00 | 443,80 | \$ 49.957.678,00 |
| 13 | 630.4 | | CONCRETO RESISTENCIA 21MPA (D) | m3 | \$ 708.085,00 | 286,90 | \$ 203.149.587,00 |
| 14 | 630.6 | | CONCRETO RESISTENCIA 14MPA (F) | m3 | \$ 507.987,00 | 20,80 | \$ 10.566.130,00 |
| 15 | 640.1 | | ACERO DE REFUERZO FY 4200 MPA. | kg | \$ 5.258,00 | 26733,30 | \$ 140.563.691,00 |
| 16 | 661.1 | | TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO 21 MPA DE 900 MM DE DIAMETRO INTERIOR | m | \$ 673.148,00 | 120,00 | \$ 80.777.760,00 |
| 17 | 671.3 | | CUNETA DE CONCRETO VACIADA IN SITU; INCLUYE LA CONFORMACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO | m3 | \$ 611.934,00 | 1276,70 | \$ 781.256.138,00 |
| 18 | 672.3 | | BORDILLO DE CONCRETO VACIADO IN SITU; INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO | m | \$ 42.918,00 | 113,00 | \$ 4.849.734,00 |
| 19 | 673.1.1 | | GEOTEXTIL TIPO NT-2500 O SIMILAR NO TEJIDO | m2 | \$ 9.761,00 | 15897,90 | \$ 155.179.402,00 |
| 20 | 673.2 | | MATERIAL GRANULAR DRENANTE | m3 | \$ 138.612,00 | 2623,20 | \$ 363.606.998,00 |

| VI. SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD | | | | | | | \$ 66.618.208,00 |
|--|-------|---------|---|--------|---------------|------------|-----------------------------|
| 21 | 700.1 | | LÍNEA DE DEMARCACIÓN CON PINTURA EN FRÍO. | m | \$ 2.232,00 | 14319,00 | \$ 31.960.008,00 |
| 22 | 710.1 | | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO 1 CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO III (75 X 75) CM | Unidad | \$ 693.164,00 | 50,00 | \$ 34.658.200,00 |
| VIII. TRANSPORTE | | | | | | | \$ 1.923.578.112,00 |
| 23 | 900.2 | | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 M) MEDIDO A PARTIR DE CIEN METROS (100 M). | m3/km | \$ 1.614,00 | 1082700,00 | \$ 1.747.477.800,00 |
| 24 | | 900.2 P | TRANSPORTE DE MATERIALES GRANULARES | m3/km | \$ 1.614,00 | 64333,00 | \$ 103.833.462,00 |
| 25 | 900.3 | | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE DERRUMBES, MEDIDO A PARTIR DE CIEN METROS (100 M) | m3/km | \$ 1.614,00 | 44775,00 | \$ 72.266.850,00 |
| TOTAL | | | | | | | \$ 10.479.606.149,00 |
| TOTAL OBRA | | | | | | | \$ 10.479.606.149,00 |
| COSTO INTERVENTORÍA | | | | | | | \$ 884.979.200,00 |
| COSTO GERENCIA | | | | | | | \$ 505.654.800,00 |
| PRESUPUESTO CONTINGENTE 10% DEL VALOR DE LA OBRA | | | | | | | \$ 1.047.960.615,00 |
| COSTOS DE PRE INVERSIÓN | | | | | | | \$ 231.693.000,00 |
| PMT | | | | | | | \$ 56.890.000,00 |
| PAGA | | | | | | | \$ 33.105.000,00 |
| CARACTERIZACIÓN VIAL (RESOLUCIÓN 1067 DE 2015 Y 1328 DE 2018 MINTRANSPORTE) | | | | | | | \$ 7.000.000,00 |
| SUBTOTAL PROYECTO | | | | | | | \$ 13.246.888.764,00 |
| COSTO FIDUCIA | | | | | | | \$ 206.059.555,00 |
| TOTAL PROYECTO | | | | | | | \$ 13.452.948.319,00 |

| CARACTERIZACIÓN VIAL (RESOLUCIÓN 1067 DE 2015 Y 1328 DE 2018 MINTRANSPORTE) | | | | |
|--|--------|----------|------------|------------------------|
| ACTIVIDAD | Unidad | Cantidad | Valor | Sub Total |
| <u>Trabajo de campo:</u> recorrido con GNSS doble frecuencia, para inventario, incluye track sobre el eje vial y way points para georreferenciación los elementos de tipo punto con registro fotográfico cada 200 m y detalle de cada punto. | Km | 5,90 | \$ 700.000 | \$ 4.130.000,00 |
| <u>Trabajo de oficina:</u> Postproceso de datos levantados, estructuración de datos SIG de acuerdo con la metodología establecida en la resolución 412 del 2020 del Ministerio de Transporte | Km | 5,90 | \$ 400.000 | \$ 2.360.000,00 |
| Elaboración y presentación de informes | Global | 1,00 | \$ 510.000 | \$ 510.000,00 |
| Subtotal | | | | \$ 7.000.000,00 |
| Valor/ Km | | | | \$ 1.186.440,68 |

Nota: La vía a caracterizar incluye los 1.13 km pavimentados y los 4,77 km a mejorar, para un total de 5.90 km

PRESUPUESTO INTERVENTORIA

| CANTIDAD | CARGO/OFCIO | UNIDAD | DURACIÓN | PARTICIPACIÓN TOTAL (h-mes) | SUELDO Y/O JORNAL MENSUAL | PRIMA REGIONAL | VALOR PARCIAL |
|----------|-------------|--------|----------|-----------------------------|---------------------------|----------------|---------------|
|----------|-------------|--------|----------|-----------------------------|---------------------------|----------------|---------------|

COSTOS DE PERSONAL

| | | | | | | | |
|---|----------------------------|-----|-------|------|-----------|---------|------------|
| 1 | Director de Interventoría | Mes | 14.00 | 0.50 | 6 000 000 | | 42 000 000 |
| 1 | Ingeniero Residente | Mes | 12.00 | 1.00 | 4 000 000 | 400 000 | 52 800 000 |
| 1 | Especialista Ambiental | Mes | 12.00 | 0.25 | 6 000 000 | | 18 000 000 |
| 1 | Especialista en Pavimentos | Mes | 12.00 | 0.25 | 6 000 000 | | 18 000 000 |

PERSONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO

| | | | | | | | |
|---|-----------------------|-----|-------|------|-----------|---------|------------|
| 1 | Topógrafo - inspector | Mes | 12.00 | 1.00 | 2 200 000 | 400 000 | 31 200 000 |
| 2 | Cadenero | Mes | 12.00 | 1.00 | 1 600 000 | 400 000 | 48 000 000 |
| 1 | Ayudante | Mes | 12.00 | 1.00 | 1 200 000 | | 14 400 000 |
| 1 | Inspector SISOMA | Mes | 12.00 | 1.00 | 2 000 000 | 400 000 | 28 800 000 |

SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS PERSONAL 253 200 000

FM 2.40

TOTAL PERSONAL PROFESIONAL 607 680 000

OTROS COSTOS DIRECTOS

| | | | | | | | |
|---|---|-----|----|---|-----------|--|------------|
| 1 | Alquiler de oficina (Incluye dotación y servicios públicos) | Mes | 14 | 1 | 1 000 000 | | 14 000 000 |
| 1 | Vehículo incluye conductor | Mes | 12 | 1 | 5 000 000 | | 60 000 000 |
| 1 | Alquiler de equipo de topografía | Mes | 12 | 1 | 2 000 000 | | 24 000 000 |
| 1 | Ensayos de laboratorio | Mes | 10 | 1 | 1 000 000 | | 10 000 000 |
| 1 | Comunicaciones (Teléfono, fax, internet, etc.) | Mes | 14 | 1 | 1 000 000 | | 14 000 000 |
| 1 | Edición de Informes, papelería, fotocopias, fotografías, etc. | Mes | 14 | 1 | 1 000 000 | | 14 000 000 |

TOTAL COSTOS DIRECTOS

136 000 000

| | |
|---|-----------------------|
| TOTAL INTERVENTORÍA | 743 680 000.00 |
| IVA (19%) | 141 299 200.00 |
| TOTAL INTERVENTORÍA INCLUIDO IVA | 884 979 200.00 |

Nota: Son 12 de meses de construcción y 2 meses adicionales para el Director de Interventoría para la liquidación.

Iniciativa presentada por:
 AGROCOLSA S.A. SOCIEDAD CIVIL, NIT 805.021.816-3
 AGRÍCOLA COLOMBIANA S.A., NIT 890.315.430-6
 PRODUCTORA NACIONAL AVÍCOLA S.A., NIT 890.321.213-9
 ALIANZA FIDUCIARIA, NIT 860.531.315-3

MEJORAMIENTO DE LA VÍA
 ALTO DEL OSO - CRUCERO BUENOS AIRES - ALTO DEL
 CHINCHE
 YOTOCO, VALLE DEL CAUCA

PRESUPUESTO GERENCIA

| CANTIDAD | CARGO/OFCIO | UNIDAD | DURACIÓN | PARTICIPACIÓN TOTAL (h-mes) | SUELDO Y/O JORNAL MENSUAL | PRIMA REGIONAL | VALOR PARCIAL |
|--|---|--------|----------|-----------------------------|---------------------------|----------------|----------------|
| COSTOS DE PERSONAL | | | | | | | |
| 1 | Director Ingeniero Civil o áreas afines | Mes | 17.00 | 0.50 | \$ 6 000 000 | | \$ 51 000 000 |
| 1 | Coordinador Ingeniero Civil | Mes | 15.00 | 1.00 | \$ 4 000 000 | | \$ 60 000 000 |
| 1 | Monto agotable para profesionales especializados de apoyo | GL | NA | NA | \$ 18 000 000 | | \$ 18 000 000 |
| PERSONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO | | | | | | | |
| 1 | Contador | Mes | 12.00 | 0.15 | \$ 4 000 000 | | \$ 7 200 000 |
| 1 | Secretaria | Mes | 12.00 | 0.50 | \$ 1 600 000 | | \$ 9 600 000 |
| SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS PERSONAL | | | | | | | \$ 145 800 000 |
| | | | | | | | FM 2.40 |
| TOTAL PERSONAL PROFESIONAL | | | | | | | \$ 349 920 000 |

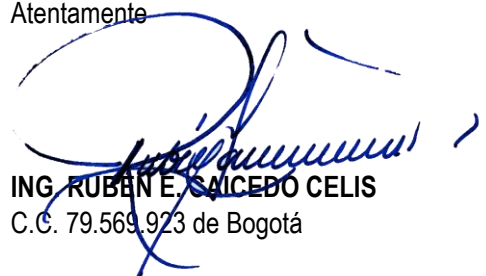
OTROS COSTOS DIRECTOS

| | | | | | | | |
|------------------------------------|---|-----|----|---|--------------|--|----------------|
| 1 | Alquiler de oficina (Incluye dotación y servicios públicos) | Mes | 17 | 1 | \$ 1 000 000 | | \$ 17 000 000 |
| 1 | Transportes | Mes | 12 | 1 | \$ 2 000 000 | | \$ 24 000 000 |
| 1 | Comunicaciones (Teléfono, fax, internet, etc.) | Mes | 17 | 1 | \$ 1 000 000 | | \$ 17 000 000 |
| 1 | Edición de Informes, papelería, fotocopias, fotografías, etc. | Mes | 17 | 1 | \$ 1 000 000 | | \$ 17 000 000 |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | | | | | | | \$ 75 000 000 |
| TOTAL INTERVENTORÍA | | | | | | | \$ 424 920 000 |
| IVA (19%) | | | | | | | \$ 80 734 800 |
| TOTAL GERENCIA INCLUIDO IVA | | | | | | | \$ 505 654 800 |

Nota: Son 12 de meses de construcción y 5 mes adicional para el Director para la etapa precontractual y la liquidación.

Si durante la construcción se presentan condiciones diferentes a las aquí planteadas como típicas, o si el proyecto sufre variaciones, solicitamos informarnos a la mayor brevedad posible para resolver sobre las modificaciones o adiciones a que haya lugar. Cualquier decisión inconsulta nos exime de responsabilidad.

Atentamente


ING. RUBÉN E. SAICEDO CELIS
 C.C. 79.569.923 de Bogotá