Consorcio
CUNDINAMARCA JINT 17

# INFORME MENSUAL 5

## 01 de Marzo al 31 de Marzo de 2026

**CONTRATO CONSULTORÍA N° ICCU-783-2025**

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO".

**VERSIÓN 02**

**MAYO 2026**



ICCU
INSTITUTO DE CAMINOS Y CONSTRUCCIONES DE CUNDINAMARCA

| ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN | |
|---|---|
| "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO". | INFORME MENSUAL 5<br>(01 de marzo al 31 de marzo de 2026) |

**CONTROL DE CAMBIOS**

| Rev. | Fecha | Descripción |
|---|---|---|
| 1 | 14/Abr/2026 | Entrega inicial para revisión de la interventoría mediante comunicado CCJINT17-0783- 0458-26 del 14/Abr/2026 |
| 2 | 12/May/2026 | Entrega V2 para revisión de la interventoría mediante comunicado CCJINT17-0783- 0614-26 del 12/May/2026 |
| 3 | | |

**REPRESENTANTES CONSULTORÍA – CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17**

| | | |
|---|---|---|
| REALIZÓ<br>Residente interventoría | NOMBRE: | Ing. Cristiam Camilo Castellanos Naranjo |
| | FIRMA | |
| | MAT: | 091037-0559077 CND |
| REVISÓ y APROBÓ<br>Director de Estudios y Diseños | NOMBRE: | Ing. César Augusto Palacios Wilches |
| | FIRMA | |
| | MAT: | 25202-079229 CND |

**REPRESENTANTES INTERVENTORÍA – INGEOCIM S.A.S.**

| | | |
|---|---|---|
| REVISIÓN<br>Director Interventoría | NOMBRE: | Ing. Juan Carlos Pineda Suarez |
| | FIRMA | |
| | MAT: | 1720246452CLD |
| VALIDACIÓN y APROBACIÓN<br>Director Interventoría | NOMBRE: | Ing. Juan Carlos Pineda Suarez |
| | FIRMA | |
| | MAT: | 1720246452CLD |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

# TABLA DE CONTENIDO

Pág.

**1. INTRODUCCIÓN ..... 6**

**2. OBJETIVOS Y ALCANCES ..... 8**
a. Objetivo general ..... 8
b. Objetivos específicos ..... 8

**3. GENERALIDADES DEL CONTRATO ..... 9**
a. NÚMERO DEL CONTRATO: ..... 9
b. OBJETO DEL CONTRATO: ..... 9
c. CONTRATISTA ..... 9
d. INTERVENTORÍA ..... 9
e. ALCANCE DEL PROYECTO ..... 10
f. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO: ..... 10

**4. AVANCE MENSUAL ..... 14**

**5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE EL PERIODO ..... 16**

**5.1ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS ..... 16**
a. Fecha de suscripción, iniciación y terminación: ..... 16
b. El plazo, Prorrogas, suspensiones, ampliaciones de suspensión y reiniciación del contrato: ..... 16
c. Valor del contrato, adiciones y modificaciones: ..... 17
d. Sanciones y acciones legales en procesos: ..... 18
e. Pólizas, Modificaciones y Vigencias de las mismas. ..... 18

**5.2ACTIVIDADES FINANCIERAS ..... 18**
5.2.1 Estado financiero: ..... 18
5.2.2 Disponibilidades presupuestales: ..... 19

**5.3ACTIVIDADES TÉCNICAS ..... 19**

**5.3.1 RESUMEN SEMANAL ..... 19**

**SEMANA 17 ..... 19**

**SEMANA 18 ..... 24**

**SEMANA 19 ..... 30**

**SEMANA 20 ..... 35**

**SEMANAL 21 ..... 41**

**5.3.2 RESUMEN COMPONENTES ..... 46**
VOLUMEN I. ESTUDIO DE TRANSPORTE ..... 46
VOLUMEN II ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA, TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO, SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL Y PLAN DE MANEJO DE TRANSITO ..... 64
VOLUMEN III. GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA. ANÁLISIS DE HIDROGEOLOGÍA ..... 88
VOLUMEN IV. ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN ..... 103
VOLUMEN V. ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ..... 136
VOLUMEN VI. ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DEL PAVIMENTO ..... 160
VOLUMEN VII. ESTUDIO DE FUENTES DE MATERIALES ..... 221
VOLUMEN VIII. ESTUDIO DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN ..... 227
VOLUMEN IX. ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS ..... 234
VOLUMEN X. GESTIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL DEL PROYECTO ..... 237
VOLUMEN XI. GESTIÓN PREDIAL ..... 267
VOLUMEN XII. ESTUDIO DE CANTIDADES DE OBRA, ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO PARA LA ESTRUCTURACIÓN DEL PLIEGO DE CONDICIONES ..... 275

**6. CORRESPONDENCIA ..... 292**

**6.1 CORRESPONDENCIA ENVIADA ..... 292**

**6.2 CORRESPONDENCIA RECIBIDA ..... 293**

**7. PERSONAL DE LA CONSULTORÍA ..... 296**

**8. CONCLUSIONES ..... 298**

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## LISTA DE DISTRIBUCIÓN

Este documento será entregado a la dependencia indicada en el cuadro siguiente. Todas aquellas observaciones que resulten de su revisión y aplicaciones, deben ser informadas al director de Consultoría para proceder a ejecutar sus respectivas modificaciones.

| ÁREAS O DEPENDENCIA | | No. DE COPIAS |
|---|---|---|
| 1 | INTERVENTORÍA – INGEOCIM S.A.S. | 1 |

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el informe mensual de actividades asociado al contrato en ejecución, exponiendo de manera detallada la metodología adoptada para el desarrollo del análisis del proyecto. En esta sección se describen los procedimientos, criterios y lineamientos técnicos utilizados por el equipo de Consultoría

Mediante la Ordenanza No. 001 del 22 de marzo de 2024 se adoptó el Plan Departamental de Desarrollo 2024 – 2028 "GOBERNANDO: MÁS QUE UN PLAN", en el cual se encuentra establecida la Línea Estratégica: "Competitividad compartida", cuyo objetivo principal es "la reducción de brechas y rezagos en diversas áreas, como educación superior, ciencia, tecnología e innovación, así como en la generación de ingresos, productividad y bienestar general. Esta estrategia se enfoca en superar las disparidades entre la ciudad y el campo, brechas de géneros, productores y comercializadores, así como las diferencias marcadas entre estratos socioeconómicos. La premisa es lograr un progreso colectivo que abrace a toda la diversidad existente en el Departamento."

Una competitividad compartida pasa por diagnosticar, identificar y desarrollar las vocaciones productivas de los territorios, basándose en sus ventajas comparativas. Esto implica no solo fortalecer las vocaciones existentes, sino también promover la apropiación de tecnologías adecuadas para procesos sencillos que aporten un gran valor, tanto a los productos, como a los servicios generados en los diferentes municipios. Además, la línea estratégica busca fomentar la creación de vocaciones basadas en las mejores prácticas agropecuarias, como también en la creación de rutas de turismo inteligente y demás potencialidades locales.

Dentro de las apuestas que se desarrollan para fortalecer la competitividad compartida se tienen: 2… Conectividad y Movilidad Eficiente ya que el mejorar la conectividad afecta positivamente la competitividad compartida. Esto considera la ampliación y mejora de la infraestructura vial, la puesta en marcha de sistemas de transporte con enfoque de sostenibilidad, con el desarrollo soluciones férreas, reposición de flotas a energías amigables con el ambiente, así como infraestructura para la bicicleta. Además, es fundamental el buen manejo del tráfico vehicular y la seguridad en las zonas metropolitanas, y el uso permanente de las autopistas digitales. La conexión efectiva entre Bogotá y las provincias, así como la conexión intermunicipal, no solo mejorará la movilidad y conectividad, sino que también acortará las brechas sociales de quienes habitan."

En las apuestas que se proponen en el Plan de Desarrollo Departamental, se encuentra la "Conectividad" la cual se entiende cómo "el proceso de unión de los territorios, los sistemas económicos y las personas (CEPAL, 2006). Es por ello, que la apuesta se proyecta como todo tipo de unión y acercamiento de la población en Cundinamarca, sea digital o vial. Desde este punto, se pretende conectar a Cundinamarca mediante infraestructura óptima que permita el transporte de la ciudadanía, mejorando la calidad de vida y facilitando el transporte de los productos del departamento incrementando la competitividad de este. Es decir, se establece la conectividad como elemento integrado que fomenta la productividad y competitividad."

La consultoría a desarrollar en el contrato ICCU-783-2025 corresponde al lote 1, el cual contempla las siguientes vías:

LOTE 1: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ - FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO.

Y cuyas actividades a desarrollar son las siguientes: Plan de campo, metodología de trabajo y cronograma de trabajo, estudio de transporte, estudio de topografía, trazado y diseño geométrico, señalización y seguridad vial y plan de manejo de tránsito, geología para ingeniería, estudio de suelos para el diseño de fundaciones y otras estructuras de contención, estudio de estabilidad y estabilización de taludes, estudio geotécnico y diseño del pavimento, estudio de fuentes de materiales, estudio de hidrología, hidráulica y socavación, estudio y diseño de estructuras, gestión ambiental y social del proyecto, gestión predial, estudio de cantidades de obra, análisis de precios unitarios y presupuesto para la estructuración del pliego de condiciones. Por lo que se realiza con profesionales de formación especializada y amplia experiencia especifica en consultoría de obras civiles, para garantizar el aseguramiento de los resultados en la compleja industria de la construcción.

Todo conforme a los lineamientos establecidos por el Instituto de Infraestructura y Concesiones de Cundinamarca (ICCU), en el marco del contrato ICCU-783-2025. Este conjunto de estudios tiene como objetivo principal definir, estructurar y validar las soluciones técnicas necesarias para la ejecución de las obras contempladas en el Lote 1, garantizando su viabilidad técnica, normativa, ambiental y financiera.

## 2. OBJETIVOS Y ALCANCES

### a. Objetivo general

Realizar los estudios y diseños integrales de ingeniería a nivel de fase III para el mejoramiento y/o rehabilitación de los seis (6) corredores viales definidos en el Contrato de Consultoría ICCU-783-2025, ubicados en la jurisdicción del departamento de Cundinamarca, con el fin de garantizar la viabilidad técnica, económica, social y ambiental que permita la futura ejecución de las obras de infraestructura vial.

### b. Objetivos específicos

- Ejecutar los estudios de diagnóstico y factibilidad técnica, ambiental, social y legal para cada uno de los seis corredores viales, identificando las restricciones y potencialidades de cada sector intervenido.

- Elaborar los diseños de ingeniería de detalle (geometría, pavimentos, geotecnia, estructuras, hidrología y drenaje, señalización y urbanismo) para las vías que conectan a Lenguazaque-Villapinzón, Jerusalén-Ruta 45, Tabacal-Quipile, Chocontá-Cucunubá, el sector La Virgen (Facatativá-El Rosal) y Supatá-Pacho.

- Garantizar el cumplimiento del marco normativo vigente y las especificaciones técnicas del ICCU (Instituto de Infraestructura y Concesiones de Cundinamarca) y el INVIAS en todos los componentes del diseño.

- Determinar las cantidades de obra, análisis de precios unitarios (APU) y presupuestos detallados para cada uno de los tramos, permitiendo establecer la inversión necesaria para la construcción, operación y mantenimiento.

- Formular los estudios ambientales y sociales, incluyendo la identificación de impactos y el diseño de Planes de Manejo Ambiental (PMA) y planes de gestión social específicos para cada zona de influencia.

- Consolidar los expedientes técnicos finales, compuestos por memorias de cálculo, planos constructivos, pliegos de condiciones y especificaciones técnicas, que sirvan como base para los procesos de contratación de obra de los corredores viales objeto de la consultoría.

## 3. GENERALIDADES DEL CONTRATO

### a. NÚMERO DEL CONTRATO:

ICCU-783-2025

### b. OBJETO DEL CONTRATO:

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO".

### c. CONTRATISTA

El 06 de noviembre de 2025 suscribió el Acta de Inicio No. 01 del Contrato ICCU No. 783 de 2025 , dando inicio formal a la ejecución del proyecto a cargo del CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 por un valor total de $4.589.706.723,00. El objeto contractual consiste en REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN; 2. DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45; 3. DESDE EL SECTOR TABACAL AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE; 4. DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ; 5. CONEXIÓN DEL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ-FONTIBÓN-FACATATIVÁ-LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ-EL ROSAL; Y 6. DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO. Para el desarrollo de estas actividades, se estableció un plazo de ejecución de ocho (8) meses , fijando como fecha de terminación el 06 de julio de 2026.

### d. INTERVENTORÍA

**CONTRATO N°** ICCU-CTO-881-2025.

INTERVENTORÍA A LA CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA

FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO.

### e. ALCANCE DEL PROYECTO

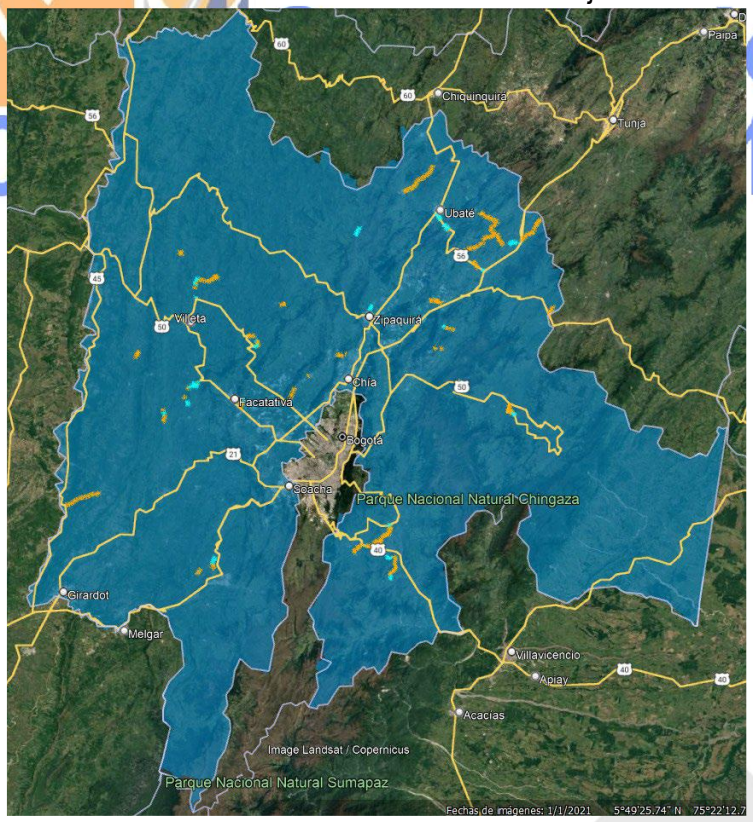
Realizar todos los estudios y diseños definitivos, Fase III, en las vías secundarias priorizadas existentes en el Departamento de Cundinamarca, utilizando metodologías y tecnologías de punta que le permitan al Departamento avanzar en el desarrollo de la infraestructura vial para la competitividad, en armonía con el Plan Nacional de Desarrollo y el Plan Departamental de Desarrollo.

Evaluar los costos precisos de la ejecución de las obras, teniendo en cuenta los costos de mitigación ambiental cuantificados de conformidad con la naturaleza de cada tramo vial.

### f. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO:

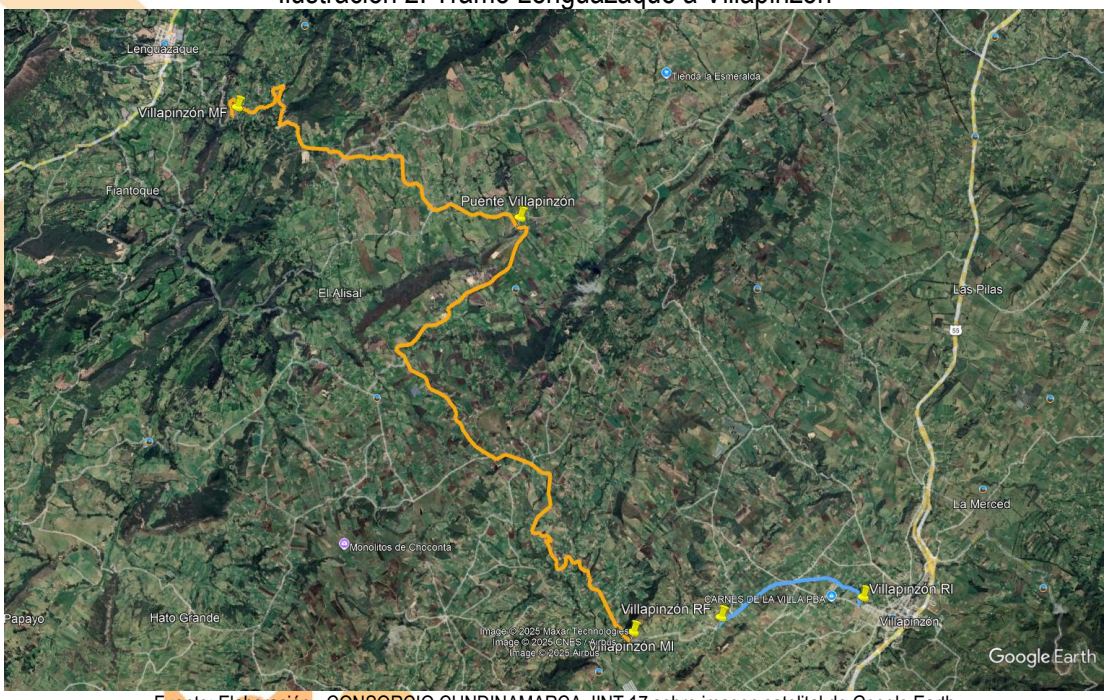
Los estudios y diseños se realizarán en diferentes corredores viales del Departamento. Los cuales se muestran en las siguientes ilustraciones.

Ilustración 1. Localización de los tramos a ejecutar.



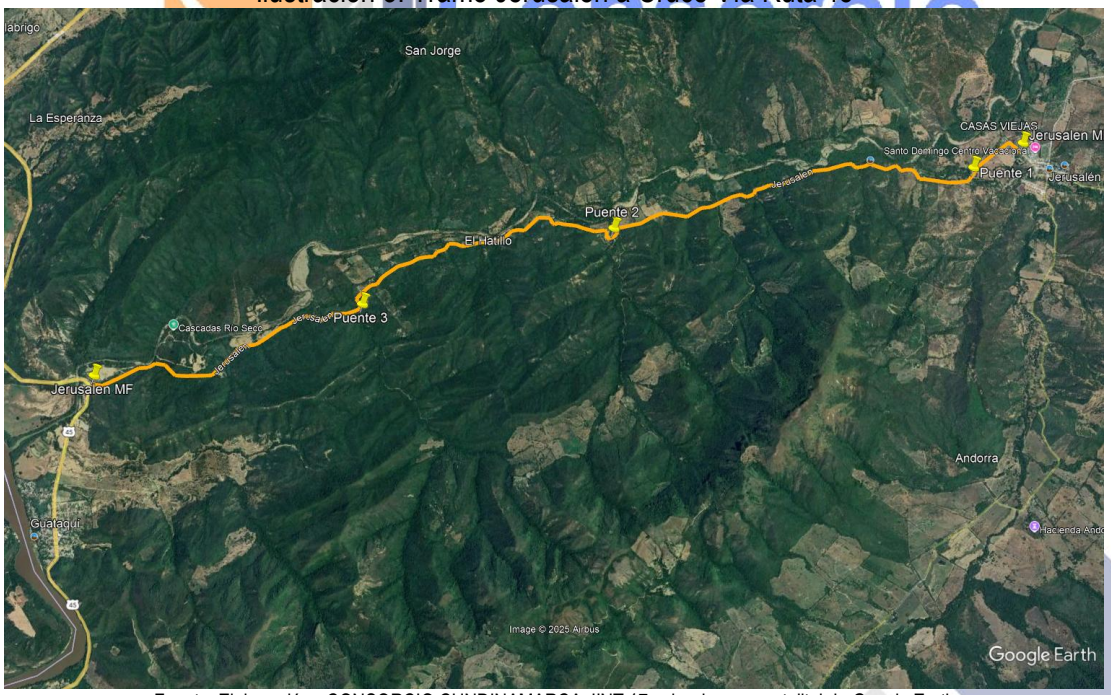

Fuente: Tomado del Anexo Técnico del proceso ICCU-CM-017-2025

Ilustración 2. Tramo Lenguazaque a Villapinzón




Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

Ilustración 3. Tramo Jerusalén a Cruce Vía Ruta 45



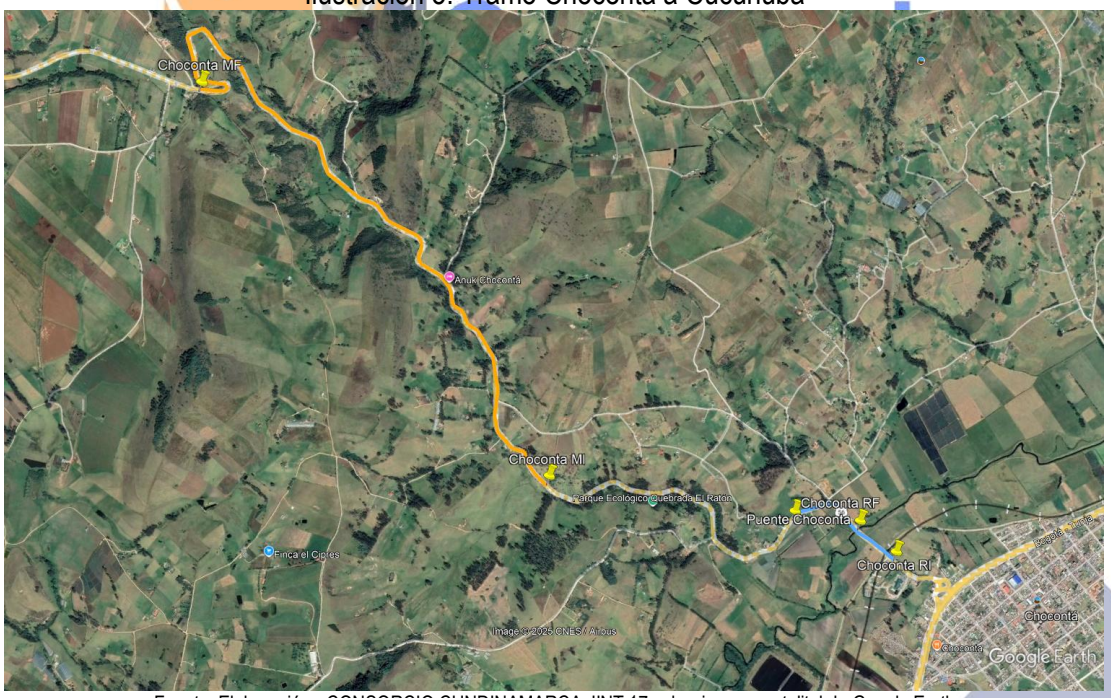

Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

Ilustración 4. Tramo Tabacal a Quipile



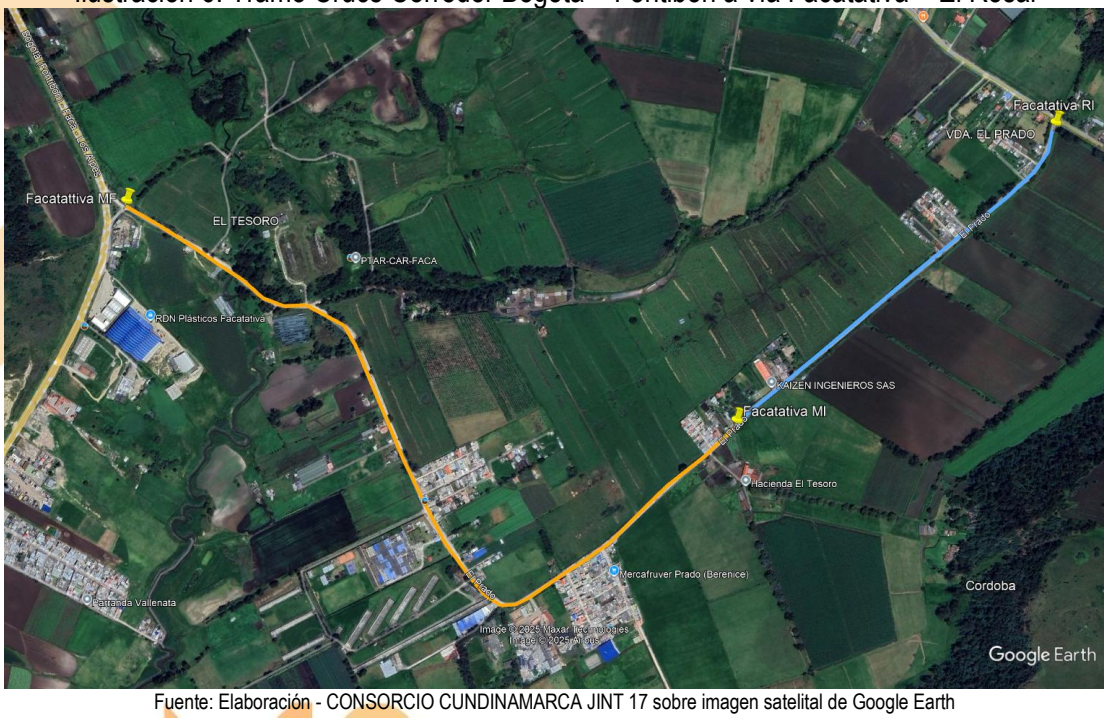

Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

Ilustración 5. Tramo Chocontá a Cucunuba



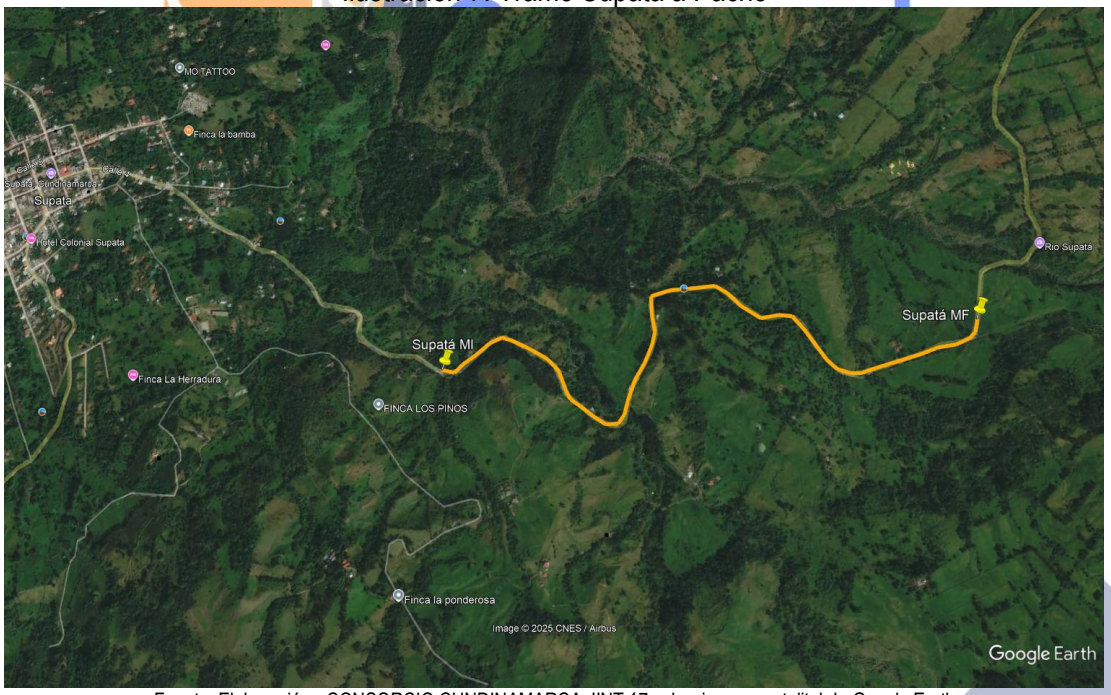

Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

Ilustración 6. Tramo Cruce Corredor Bogotá – Fontibón a vía Facatativá – El Rosal




Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

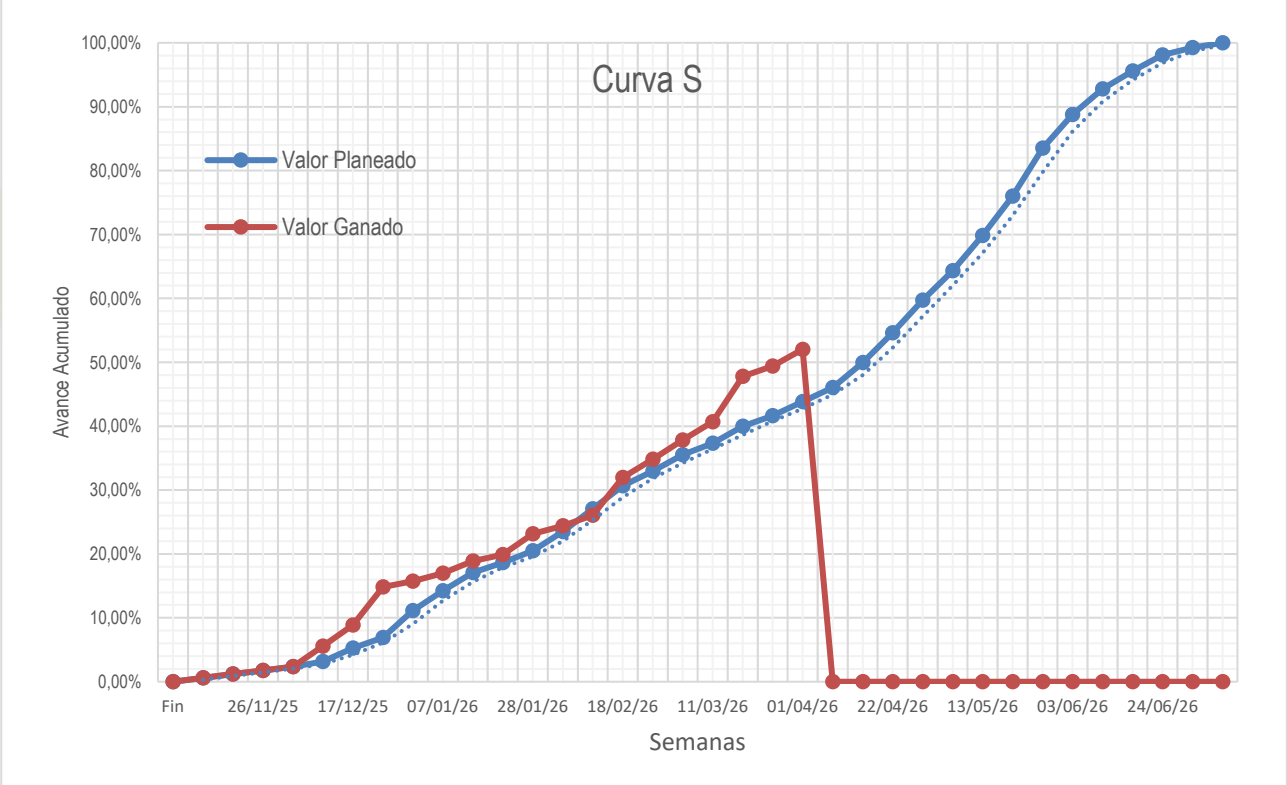
Ilustración 7. Tramo Supatá a Pacho




Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

## 4. AVANCE MENSUAL

De acuerdo a la ejecución del presente mes, se presentan los siguientes avances:




CUNDINAMARCA JINT 17

Durante el periodo del mensual 5, comprendido entre el 01 y el 31 de marzo de 2026, la Consultoría consolidó la aprobación de informes operativos y avanzó en la entrega de productos técnicos clave de diagnóstico. En el ámbito administrativo, se destaca la aprobación oficial de los Informes Semanales No. 16 (T-003-2025-162-OFC) , No. 17 (T-003-2025-169-OFC) , No. 18 (T-003-2025-177-OFC), No. 19 (T-003-2025-185-OFC) y No. 20 (T-003-2025-192-OFC). Se llevó a cabo el Comité de Seguimiento No. 13 el 03 de marzo y el Comité No. 15 el 19 de marzo de 2026, y se formalizaron actas de reuniones técnicas para los componentes de diseño geométrico, social y ambiental.

Asimismo, se avanzó en la gestión administrativa con la respuesta a observaciones del primer desembolso del anticipo (CCJINT17-0783-0307-26) y la radicación de soportes para el segundo desembolso mediante el oficio CCJINT17-0783-0317-26. En cuanto a la gestión de informes, se recibió la aprobación al Informe Mensual No. 4 a través del comunicado T-003-2025-174-OFC.

En el componente técnico, el mes se centró en la entrega de estudios específicos y el avance de diseños detallados. Se realizaron las entregas de los Informes de Geología del Tramo 3 (CCJINT17-0783-0251-26) y Tramo 6 (CCJINT17-0783-0284-26), el Estudio de Tránsito para los 6 tramos (CCJINT17-0783-0285-26) y el

Informe de Esclerometrías del tramo Villapinzón (CCJINT17-0783-0345-26). Además, la interventoría otorgó aprobación condicionada al Informe de Estudios Topográficos del Tramo 5 (T-003-2025-163-OFC), se obtuvo la aprobación de los informes de tránsito de los 6 tramos mediante el comunicado T-003-2025-180-OFC y se recibió respuesta sobre los rótulos de diseño (T-003-2025-166-OFC) y prediseños geométricos (T-003-2025-179-OFC).

Respecto a las actividades de campo y avance de diseño al cierre de marzo, se detalla lo siguiente:

- Geología y Tránsito: Se mantiene el cumplimiento del 100% en la caracterización geológica, conteos y procesamiento de información en todos los sectores.
- Topografía: Levantamiento y procesamiento de datos al 100% (49.9 km totales). La consolidación de informes finales alcanzó el 100% en todas las unidades funcionales.
- Pavimentos: Ejecución de apiques y ensayos de laboratorio al 100% en los seis tramos. La exploración de pavimento existente también cerró al 100% en los tramos aplicables.
- Perforaciones: Se completaron las perforaciones mecánicas al 100% en Jerusalén, Quipile, Supatá y Villapinzón. Los ensayos de laboratorio asociados reportan un avance del 95% en Jerusalén y 60% en Quipile.
- Diseño Geométrico: La elaboración de ejes de diseño se consolidó en un 90% , mientras que el desarrollo del diseño geométrico integral escaló hasta un 50% de avance uniforme.
- Componente Social, Ambiental y Predial: El reconocimiento ambiental y la recolección social cerraron al 100% en todos los frentes. La gestión predial alcanzó un 50% de ejecución general.
- Estructuras e Hidráulica: El inventario de obras hidráulicas finalizó al 100%. La inspección técnica de estructuras alcanzó el 100% en cuatro tramos y el 90% en Jerusalén.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

# 5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE EL PERIODO

## 5.1 ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS

### a. Fecha de suscripción, iniciación y terminación:

El acta de inicio del presente contrato se suscribió el 06 de noviembre de 2025, teniendo como fecha de terminación prevista el 06 de julio de 2026.

Alcance del Contrato de Consultoría ICCU No. 783 de 2025.

| DESCRIPCIÓN | FECHAS |
|---|---|
| Acta de Inicio | 06 de noviembre de 2025. |
| • "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO". | |
| Inicio | 06 de noviembre de 2025. |
| Fecha de Terminación | 06 de julio de 2026 |

Fuente: Acta de Inicio No. 01 - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17.

El plazo máximo previsto para la ejecución del contrato es de OCHO (8) MESES, contados a partir de la suscripción del acta de inicio previo cumplimiento de los requisitos de perfeccionamiento y ejecución del contrato ICCU No. 783 de 2025.

### b. El plazo, Prorrogas, suspensiones, ampliaciones de suspensión y reiniciación del contrato:

Se discrimina así:

Plazo del Contrato de Consultoría ICCU No. 783 de 2025.

| DESCRIPCIÓN | FECHAS |
|---|---|
| • CONSULTORIA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO | OCHO (08) MESES |

Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17.

A continuación, se puede apreciar si han existido actas de suspensión, actas de reinicio, adicionales, prórroga y/o algún otro acto administrativo formalizado dentro del alcance contractual.

Actos administrativos.

| DESCRIPCION | SUSPENSIONES | REINICIO | PRÓRROGA | PLAZO ACTUAL |
|---|---|---|---|---|
| CONSULTORIA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO | N/A | N/A | N/A | N/A |

Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17.

### c. Valor del contrato, adiciones y modificaciones:

El valor total del contrato es de CUATRO MIL QUINIENTOS OCHENTA Y NUEVE MILLONES SETECIENTOS SEIS MIL SETECIENTOS VEINTITRES PESOS ($4.589.706.723,00).

### d. Sanciones y acciones legales en procesos:

En este periodo no se ha generado ninguna acción de tipo legal ni sancionatorio del contrato.

### e. Pólizas, Modificaciones y Vigencias de las mismas.

El contrato cuenta con las pólizas de garantías actualizadas desde el acta de inicio con fecha del 06 de noviembre de 2025, bajo los siguientes términos:

Tabla 1. Pólizas del contrato.

| Póliza No. | Fecha Expedición | Amparo | Vigencia | Valor Asegurado |
|---|---|---|---|---|
| 520 47 994000053523 | 18/11/2025 | CUMPLIMIENTO | 06/01/2027 | $ 917,941,344.60 |
| 520 47 994000053523 | 18/11/2025 | BUEN MANEJO Y CORRECTA INVERSION DEL ANTICIPO | 06/01/2027 | $917,941,344.60 |
| 520 47 994000053523 | 18/11/2025 | PAGO DE SALARIOS, PRESTACIONES SOCIALES E IND | 06/07/2029 | $917,941,344.60 |
| 520 47 994000053523 | 18/11/2025 | CALIDAD DEL SERVICIO | 06/07/2031 | $1,376,912,016.90 |

Fuente: PÓLIZA DE GARANTÍA ÚNICA DE CUMPLIMIENTO - contrato ICCU No. 783 de 2025.

## 5.2 ACTIVIDADES FINANCIERAS

### 5.2.1 Estado financiero:

| Descripción | | Valor |
|---|---|---|
| CONSULTORIA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO | $ | 4.589.706.723,00 |
| VALOR ANTICIPO CONTRACTUAL | $ | 917.941.344,00 |
| PAGOS DESEMBOLSADOS A CORTE MENSUAL 5 | $ | 917.941.344,00 |
| VALOR FACTURADO EN EL PERIODO | $ | - |
| ACUMULADO FACTURADO DEL CONTRATO | $ | - |

Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17.

Se precisa que, conforme a lo estipulado en el Contrato de Consultoría ICCU-783-2025, el concepto de anticipo aplica contractualmente por un valor equivalente al 20% del monto total, correspondiente a $ 917.941.344,00. Al cierre del presente Informe Mensual No. 5, dicho recurso ya ha sido desembolsado por la Entidad, permitiendo el flujo de caja necesario para el desarrollo de las actividades. En consecuencia, el rubro de "Pagos Desembolsados" se actualiza reflejando la efectividad del giro del anticipo, el cual se encuentra en etapa de ejecución y legalización de soportes conforme al Plan de Inversión definido para el proyecto.

### 5.2.2 Disponibilidades presupuestales:

Para respaldar la ejecución del contrato, se cuenta con los siguientes registros presupuestales:

- **CDP No. 1625:** Del 25 de junio de 2025, expedido por el Sistema de Presupuesto y Giro de Regalías.
- **CDP No. DIR 2025000016:** Expedido por el ICCU.
- **RP No. RER-2025000016:** Del 16 de octubre de 2025.

## 5.3 ACTIVIDADES TÉCNICAS

### 5.3.1 Resumen Semanal

A continuación, se presentan las actividades ejecutadas durante el periodo de acuerdo a los informes semanales presentados

**Semana 17**

**Periodo:** 01 al 04 de marzo de 2026

**COMPONENTE ADMINISTRATIVO**

- ✓ Mediante comunicado T-003-2025-162-OFC del 02/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783-0262-26– Informe Semanal No. 16- Aprobación, por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 02/Mar/2026 se remitió a la interventoría el acta de reunión sostenida el 16/01/2026 entre la consultoría y la interventoría para revisión de componente de diseño geométrico firmada por los profesionales de la consultoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 02/Mar/2026 se remitió a la interventoría el acta de reunión sostenida el 29/01/2026 entre la Entidad, consultor y la interventoría para revisión de componente de diseño geométrico, firmada por los profesionales de la consultoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 02/Mar/2026 se remitió a la interventoría el acta de reunión sostenida el 16/02/2026 entre la consultoría y la interventoría para revisión de avances del componente social y ambiental, con las observaciones realizadas por la especialista ambiental de la consultoría para su respectivo ajuste dentro del acta y poder proceder con la respectiva firma por el equipo consultor.

- ✓ Se llevo a cabo el Comité de seguimiento No. 13 al contrato de Consultoría No. ICCU-783-2025 y al contrato de Interventoría No. ICCU-CTO-881-2025 el 03 de Marzo de 2026, contando con la participación de la profesional de apoyo a la supervisión del ICCU Daniela Acuña Socha, la Interventoría INGEOCIM S.A.S. y la consultoría CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17.
- ✓ Mediante comunicado T-003-2025-164-OFC del 02/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0232-26 - Observaciones a la entrega de relación y soportes del desembolso 1 del anticipo del contrato 783 de 2025, por parte de la interventoría.

## COMPONENTE TECNICO

- ✓ II. TOPOGRAFÍA: Mediante comunicado T-003-2025-163-OFC del 02/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0224-26 - Entrega de Informe de Estudios Topográficos – Tramo 5. Vía que conecta el cruce con el corredor Bogotá – Fontibón - Facatativá - Los Alpes, sector La Virgen, hasta la vía Facatativá - El Rosal.– Aprobación Condicionada, por parte de la interventoría.

### ACTIVIDADES DE CAMPO

- ✓ Mediante comunicado vía Email del 02/Mar/2026 se remitieron las Actividades de campo para la presente semana (02/03/2026 al 08/03/2026), para su revisión por parte de la interventoría.

- ✓ GEOLOGÍA:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Se reporta un avance del 100% en todos los frentes de trabajo, completando los 12 km en Jerusalén, 5 km en Quipile, 3 km en Facatativá, 2.1 km en Supatá, 4 km en Chocontá y 23.4 km en Villapinzón.

- ✓ CONTEOS:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  La actividad se encuentra ejecutada al 100% en la totalidad de los tramos, cubriendo las distancias establecidas desde Jerusalén (12 km) hasta Villapinzón (23.4 km) sin pendientes.

- ✓ PROCESAMIENTO DE CONTEOS:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Se ha finalizado el procesamiento de la información al 100% en todos los municipios (Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón), garantizando la disponibilidad de la data técnica.

- ✓ TOPOGRAFÍA:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  El levantamiento topográfico presenta un cumplimiento del 100% en los seis tramos, abarcando la extensión total de la vía en cada jurisdicción.

- ✓ PROCESAMIENTO DE TOPOGRAFÍA:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Al igual que el levantamiento, el procesamiento de los datos topográficos se encuentra al 100% de avance en todos los sectores, desde Jerusalén hasta Villapinzón.

- ✓ INFORME DE TOPOGRAFÍA:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Se registra un avance del 100% en Jerusalén, Quipile, Chocontá y Villapinzón. No obstante, en los tramos de Facatativá y Supatá, la elaboración del informe se encuentra en un 75%.

- ✓ APIQUES DE PAVIMENTOS:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Esta actividad se ha completado al 100% en todos los tramos, realizando un total de 49 apiques en Jerusalén, 21 en Quipile, 13 en Facatativá, 9 en Supatá, 9 en Chocontá y 90 en Villapinzón.

- ✓ ENSAYOS DE PAVIMENTOS:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  El avance es del 100% en Jerusalén, Quipile, Facatativá y Supatá. En Chocontá se reporta un 90% y en Villapinzón un 80% de ejecución sobre los apiques realizados.

- ✓ EXPLORACIÓN DE PAVIMENTO EXISTENTE:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Se alcanzó el 100% de ejecución en Quipile (5 de 5), Facatativá (5 de 5), Chocontá (4 de 4) y Villapinzón (13 de 13). Esta actividad no aplica (N/A) para Jerusalén y Supatá.

- ✓ ENSAYOS DE EXPLORACIÓN DE PAVIMENTO EXISTENTE:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Los ensayos presentan un avance del 100% en Quipile, Facatativá, Chocontá y Villapinzón, siguiendo la misma línea de la exploración física. No aplica (N/A) para los demás tramos.

- ✓ PERFORACIONES MECÁNICAS:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Se completó el 100% en Jerusalén (230 ml) y Quipile (170 ml). En el tramo de Supatá, la actividad presenta un avance parcial del 48% (95 ml de los 200 ml programados).

- ✓ ENSAYOS DE PERFORACIONES MECÁNICAS:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026

Actualmente, se reporta un avance general del 20% en la ejecución de estos ensayos de laboratorio.

- ✓ PERFORACIONES MANUALES:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Esta actividad se ejecutó al 100% exclusivamente en el tramo de Jerusalén, completando los 105 ml programados. Para el resto de los municipios, la actividad no aplica (N/A).

- ✓ ENSAYOS DE PERFORACIONES MANUALES:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Se registra un avance del 20% en los ensayos correspondientes a las muestras obtenidas en las perforaciones manuales de Jerusalén.

- ✓ INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  El tramo de Jerusalén presenta un avance del 90% (12 km). En contraste, los tramos de Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón se encuentran en un 0% de ejecución.

- ✓ INVENTARIO DE OBRAS HIDRÁULICAS:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Se finalizó al 100% el inventario y diagnóstico de las estructuras hidráulicas en todos los frentes. La inspección cubrió la totalidad de los kilómetros intervenidos en los seis municipios, identificando el estado actual de alcantarillas y sistemas de drenaje para la planeación de posibles mejoras.
  Estado Actual: La actividad ha pasado a Fase de Organización de la Información. Actualmente, el equipo técnico se encuentra en el proceso de:
  Depuración y digitalización de datos recolectados.
  Separación y clasificación de la información por tramos específicos para su posterior análisis y diseño.

- ✓ RECONOCIMIENTO AMBIENTAL:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Se reporta un avance satisfactorio del 100% en el reconocimiento de todos los tramos ambientales del proyecto, sin registrar retrasos en ninguna zona.

- ✓ RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SOCIAL:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Se ha completado al 100% en Jerusalén, Quipile, Facatativá, Chocontá y Villapinzón. En el tramo de Supatá, la recolección presenta un avance parcial del 50%.

- ✓ RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PREDIAL:

Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
El avance es del 10% en los tramos de Jerusalén, Quipile, Chocontá y Villapinzón. En Facatativá y Supatá aún no se reportan registros de avance para esta actividad.

- ✓ ANÁLISIS INFORMACIÓN TRÁNSITO:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  El análisis técnico de los datos de tráfico ha concluido satisfactoriamente con un 100% de avance en todos los frentes de trabajo.

- ✓ ELABORACIÓN EJE DE DISEÑO:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  El diseño de los ejes viales presenta un avance consolidado del 90% en la totalidad de los municipios y tramos analizados.

- ✓ ELABORACIÓN DISEÑO GEOMÉTRICO:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Se reporta un avance preliminar del 10% en la elaboración del diseño geométrico para todos los tramos (Jerusalén, Quipile, Facatativa, Supatá, Chocontá y Villapinzón).

- ✓ ELABORACIÓN INF GEOLOGÍA:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  La redacción del informe geológico se encuentra en un 40% de progreso uniforme para todos los sectores del proyecto.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- ✓ ELABORACIÓN INF PAVIMENTOS:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  El avance es del 0% en Jerusalén, Quipile y Supatá; del 5% en Facatativa; y presenta un mayor progreso en Chocontá y Villapinzón con un 25%.

- ✓ ELABORACIÓN INF TALUDES:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  Se registra un avance inicial del 5% en la elaboración de los informes de taludes para todos los municipios involucrados en el reporte.
- ✓ AVANCE INFORME HIDRAULICO:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  La elaboración de los informes hidráulicos presenta un avance del 15% constante en todos los tramos evaluados.

- ✓ AVANCE INFORME SOCIAL:

Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
El componente social muestra un progreso significativo del 75% en la redacción de sus informes para los seis municipios.

- ✓ AVANCE INFORME AMBIENTAL:
  Fecha de corte: 04 de Marzo de 2026
  La elaboración de los informes ambientales se encuentra actualmente en un 40% de avance para la totalidad de los frentes de obra.

**Programado financiero acumulado:** 35,50%
**Ejecutado financiero acumulado:** 37,83%

| Presupuesto Total del Proyecto (BAC) | $ | 4.589.706.723,00 | | Semáforo |
|---|---|---|---|---|
| | Programado (PV) | | Ejecutado (EV) | |
| | Inversión | % | Inversión | % |
| Acumulado Anterior | $ 1.513.812.586,79 | 32,98% | $ 1.597.624.166,00 | 34,81% |
| Durante el Periodo | $ 115.338.503,87 | 2,51% | $ 138.499.291,58 | 3,02% |
| **Acumulado a la Fecha** | **$ 1.629.151.090,66** | **35,50%** | **$ 1.736.123.457,58** | 37,83% |

| Desviación (SV) | | |
|---|---|---|
| Inversión | % | Desviación en días |
| $ 83.811.579,21 | 1,83% | |
| $ 23.160.787,71 | 0,50% | |
| **$ 106.972.366,92** | **2,33%** | |

**Programado físico acumulado:** 44%
**Ejecutado físico acumulado:** 43%

| AVANCE FÍSICO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Programado | Ejecutado | Desviación | Semáforo |
| | % físico | % físico | % físico | |
| Acumulado Anterior | 41,00% | 41,00% | 0,00% | |
| Durante el Periodo | 3,00% | 2,00% | -1,00% | |
| **Acumulado a la Fecha** | **44,00%** | **43,00%** | **-1,00%** | |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Semana 18**
**Periodo:** 05 al 11 de marzo de 2026

**COMPONENTE ADMINISTRATIVO**

- ✓ Mediante comunicado CCJINT17-0783- 0280-26 del 06/Mar/2026 se hizo Entrega informe semanal 17 correspondiente al periodo 26/Feb/2026 al 04/Mar/2026, para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado CCJINT17-0783- 0288-26 del 10/Mar/2026 se hizo Entrega Informe Mensual No. 04. Periodo: 01 de febrero de 2026 al 28 de febrero de 2026, para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.

- ✓ Mediante comunicado T-003-2025-169-OFC del 10/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0280-26 – Informe Semanal No. 17- Aprobación, por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 09/Mar/2026 se remitió a la interventoría el acta de reunión sostenida el 16/02/2026 entre la consultoría y la interventoría para revisión de avances del componente social y ambiental, firmada por los profesionales de la consultoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 09/Mar/2026 se recibió el acta de reunión sostenida el 16/02/2026 entre la consultoría y la interventoría para revisión de avances del componente social y ambiental, firmada por los profesionales de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 09/Mar/2026 se recibió el acta de comité de seguimiento No. 13 realizado el pasado 3/03/2026, por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 11/Mar/2026 se recibió el Acta de comité de seguimiento No. 9 a los contratos No. ICCU-783-2025 y No. ICCU-CTO-881-2025 para conocimiento de la consultoría, por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 11/Mar/2026 se recibió el Acta de comité de seguimiento No. 11 a los contratos No. ICCU-783-2025 y No. ICCU-CTO-881-2025 para conocimiento de la consultoría, por parte de la interventoría.

**COMPONENTE TECNICO**

- ✓ III. GEOLOGÍA: Mediante comunicado CCJINT17-0783- 0284-26 del 09/Mar/2026 se hizo Entrega de informe Volumen III Estudio de Geología para Ingeniería – Tramo 6. Vía desde el casco urbano del municipio de Supatá al casco urbano del municipio de Pacho (Contrato ICCU-783-2025), para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.
- ✓ I. TRÁNSITO: Mediante comunicado CCJINT17-0783- 0285-26 del 09/Mar/2026 se hizo Entrega Informes Volumen I. Estudio de Tránsito, capacidad y niveles de servicio (6 Tramos) - Contrato Consultoría ICCU-783-2025, para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.
- ✓ II. GEOMÉTRICO: Mediante comunicado T-003-2025-166-OFC del 06/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0235-26 - Entrega de Rótulos para Diseño Geométrico - Contrato ICCU-783-2025, por parte de la interventoría.
- ✓ III. GEOLOGÍA: Mediante comunicado T-003-2025-168-OFC del 06/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0251-26 - Entrega de informe Volumen III Estudio de Geología para Ingeniería – Tramo 3. Vía que desde el sector Tabacal conduce al casco urbano del municipio de Quipile (Contrato ICCU-783-2025) – Observaciones, por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía email del 05/Mar/2026 se envió la Remisión de avances: Prediseños Geométricos (6 Tramos) – Contrato ICCU-783-2025, para revisión por parte de la interventoría.

**ACTIVIDADES DE CAMPO**

- ✓ Mediante comunicado vía Email del 06/Mar/2026 se remitieron las Actividades ejecutadas a fecha de corte 04/Mar/2026, para su revisión por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 10/Mar/2026 se remitieron las Actividades de campo para la presente semana (09/03/2026 al 15/03/2026), para su revisión por parte de la interventoría.

- ✓ GEOLOGÍA:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Presenta un avance del 100% en todos los tramos: Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ CONTEOS:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Se ha alcanzado el 100% de ejecución en Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ PROCESAMIENTO CONTEOS:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Registra un cumplimiento del 100% en la totalidad de los tramos: Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ TOPOGRAFÍA:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Las labores han finalizado al 100% en Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ PROCESAMIENTO TOPOGRAFÍA:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Esta actividad se encuentra al 100% en todos los sectores: Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ INFORME TOPOGRAFÍA:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Se reporta un avance del 100% para Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ APIQUES PAVIMENTOS:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Se completó el 100% de la meta física: Jerusalén (49 apiques), Quipile (21 apiques), Facatativá (13 apiques), Supatá (9 apiques), Chocontá (9 apiques) y Villapinzón (90 apiques).

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- ✓ ENSAYOS PAVIMENTOS:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Los ensayos presentan un 100% de ejecución en Jerusalén (49), Quipile (21), Facatativá (13), Supatá (9), Chocontá (9) y Villapinzón (90).

- ✓ EXPLORACIÓN PAVIMENTO EXISTENTE:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Registra un 100% en Quipile (5 de 5), Facatativá (5 de 5), Chocontá (4 de 4) y Villapinzón (13 de 13). No aplica para Jerusalén y Supatá.

- ✓ ENSAYOS EXPLORACIÓN PAVIMENTO EXISTENTE:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Se ha cumplido el 100% en Quipile (5 de 5), Facatativá (5 de 5), Chocontá (4 de 4) y Villapinzón (13 de 13). No aplica para Jerusalén y Supatá.

- ✓ PERFORACIONES MECÁNICAS:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Avance del 100% en los tramos ejecutados: Jerusalén (230 ml), Quipile (170 ml) y Supatá (200 ml).

- ✓ ENSAYOS PERFORACIONES MECÁNICAS:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Esta actividad de laboratorio reporta un avance parcial del 30%.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- ✓ PERFORACIONES MANUALES:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Se cumplió el 100% en el tramo Jerusalén (105 ml). No aplica para el resto de los tramos.

- ✓ ENSAYOS PERFORACIONES MANUALES:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  El avance registrado para los ensayos de estas perforaciones es del 30%.

- ✓ INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Se reporta un 90% en Jerusalén (12km) y Villapinzón (23,4km), y un 0% en Quipile, Facatativá, Supatá y Chocontá.

- ✓ INVENTARIO OBRAS HIDRÁULICAS:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026

Se finalizó al 100% el inventario y diagnóstico de las estructuras hidráulicas en todos los frentes. La inspección cubrió la totalidad de los kilómetros intervenidos en los seis municipios, identificando el estado actual de alcantarillas y sistemas de drenaje para la planeación de posibles mejoras.
Estado Actual: La actividad ha pasado a Fase de Organización de la Información. Actualmente, el equipo técnico se encuentra en el proceso de:
Depuración y digitalización de datos recolectados.
Separación y clasificación de la información por tramos específicos para su posterior análisis y diseño.

- ✓ RECONOCIMIENTO AMBIENTAL:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Actividad finalizada al 100% en Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ RECOLECCIÓN INFORMACIÓN SOCIAL:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Se alcanzó el 100% de avance en Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ RECOLECCIÓN INFORMACIÓN PREDIAL:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Registra un avance inicial del 10% en todos los tramos: Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (5km), Supatá (5km), Chocontá (23,4km) y Villapinzón (23,4km).

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- ✓ ANÁLISIS INFORMACIÓN TRÁNSITO:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Cumplimiento del 100% en Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ ELABORACIÓN EJE DE DISEÑO:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Presenta un avance del 90% uniforme en Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ ELABORACIÓN DISEÑO GEOMÉTRICO:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Se reporta un 15% de avance en todos los tramos: Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ ELABORACIÓN INF GEOLOGÍA:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Registra un progreso del 40% en Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ ELABORACIÓN INF PAVIMENTOS:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  El avance es del 0% en Jerusalén, Chocontá y Villapinzón, y del 10% en Quipile, Facatativá y Supatá.

- ✓ ELABORACIÓN INF TALUDES:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Presenta un avance del 5% uniforme en los seis tramos: Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ AVANCE INFORME HIDRAULICO:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Se reporta un 17% de ejecución en Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ AVANCE INFORME SOCIAL:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Registra un avance del 75% en todos los tramos: Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

- ✓ AVANCE INFORME AMBIENTAL:
  Fecha de corte: 11 de Marzo de 2026
  Presenta un 40% de progreso en Jerusalén (12km), Quipile (5km), Facatativá (3km), Supatá (2,1km), Chocontá (4km) y Villapinzón (23,4km).

**Programado financiero acumulado:** 37,34%
**Ejecutado financiero acumulado:** 40,68%

| Presupuesto Total del Proyecto (BAC) | $ | 4.589.706.723,00 | Semáforo |
|---|---|---|---|

| | Programado (PV) | | Ejecutado (EV) | | Desviación (SV) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Inversión | % | Inversión | % | Inversión | % | Desviación en días |
| Acumulado Anterior | $ 1.629.151.090,66 | 35,50% | $ 1.736.123.457,58 | 37,83% | $ 106.972.366,92 | 2,33% | |
| Durante el Periodo | $ 84.502.091,93 | 1,84% | $ 130.761.814,98 | 2,85% | $ 46.259.723,05 | 1,01% | |
| **Acumulado a la Fecha** | **$ 1.713.653.182,59** | **37,34%** | **$ 1.866.885.272,56** | 40,68% | **$ 153.232.089,97** | **3,34%** | |

**Programado físico acumulado:** 46%
**Ejecutado físico acumulado:** 45%

| AVANCE FÍSICO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Programado** | **Ejecutado** | **Desviación** | **Semáforo** |
| | % físico | % físico | % físico | |
| Acumulado Anterior | 44,00% | 43,00% | -1,00% | |
| Durante el Periodo | 2,00% | 2,00% | 0,00% | |
| **Acumulado a la Fecha** | **46,00%** | **45,00%** | **-1,00%** | |

**Semana 19**

**Periodo:** 12 al 18 de marzo de 2026

**COMPONENTE ADMINISTRATIVO**

- ✓ Mediante comunicado CCJINT17-0783- 0307-26 del 12/Mar/2026 se dio Respuesta a observaciones (Comunicado T-003-2025-164-OFC) a la entrega de relación y soportes del desembolso 1 del anticipo del Contrato de Consultoría No. ICCU-783-2025, para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado CCJINT17-0783- 0314-26 del 13/Mar/2026 se hizo Entrega informe semanal 18 correspondiente al periodo 05/Mar/2026 al 11/Mar/2026, para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado CCJINT17-0783- 0317-26 del 13/Mar/2026 se hizo Entrega de relación y soportes del desembolso 2 del anticipo del contrato 783 de 2025, para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado T-003-2025-174-OFC del 12/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0288-26 - Entrega Informe Mensual No. 04. Periodo: 01 de febrero de 2026 al 28 de febrero de 2026, por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado T-003-2025-177-OFC del 13/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0314-26– Informe Semanal No. 18- Aprobación, por parte de la interventoría.

**COMPONENTE TECNICO**

- ✓ IX. ESTRUCTURAS: Mediante comunicado CCJINT17-0783- 0345-26 del 18/Mar/2026 se hizo Entrega del Informe de Esclerometrías – Tramo Villapinzón – Contrato ICCU-783-2025, para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.

- ✓ II. GEOMÉTRICO: Mediante comunicado T-003-2025-179-OFC del 18/Mar/2026 se recibió la Respuesta al correo electrónico con asunto: Remisión de avances: Prediseños Geométricos (6 Tramos) – Contrato ICCU-783-2025, por parte de la interventoría.

**ACTIVIDADES DE CAMPO**

- ✓ Mediante comunicado vía Email del 13/Mar/2026 se remitieron las Actividades ejecutadas a fecha de corte 11/Mar/2026, para su revisión por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 16/Mar/2026 se remitieron las Actividades de campo para la presente semana (16/03/2026 al 22/03/2026), para su revisión por parte de la interventoría.

- ✓ GEOLOGÍA
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Se ha completado satisfactoriamente el 100% de la actividad en todos los frentes, cubriendo la totalidad de los kilómetros proyectados en Jerusalén (12 km), Quipile (5 km), Facatativá (3 km), Supatá (2,1 km), Chocontá (4 km) y Villapinzón (23,4 km).

- ✓ CONTEOS
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  La fase de conteos registra un avance del 100% en la totalidad de los tramos definidos para el proyecto.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- ✓ PROCESAMIENTO DE CONTEOS
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  El procesamiento de la información recolectada en campo se encuentra finalizado al 100% para los seis sectores intervenidos.

- ✓ TOPOGRAFÍA
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Las labores de levantamiento topográfico en terreno han alcanzado el 100% de ejecución en todos los tramos, sumando un total de 49,9 km de levantamiento.

- ✓ PROCESAMIENTO DE TOPOGRAFÍA
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  El procesamiento de los datos topográficos obtenidos en campo se reporta con un cumplimiento del 100% para todos los tramos.

- ✓ INFORME DE TOPOGRAFÍA
  Fecha de corte: 18/Mar/2026

La redacción y consolidación del informe topográfico final ha sido completada al 100% en todas las unidades funcionales.

- ✓ APIQUES DE PAVIMENTOS
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Se ha ejecutado el 100% de los apiques programados en todos los frentes, destacando los 90 apiques realizados en Villapinzón y los 49 en Jerusalén.

- ✓ ENSAYOS DE PAVIMENTOS
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Los ensayos de laboratorio asociados a los apiques de pavimentos se encuentran terminados al 100% para la totalidad de las muestras tomadas en los seis tramos.

- ✓ EXPLORACIÓN DE PAVIMENTO EXISTENTE
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Esta actividad presenta un avance del 100% en Quipile, Facatativá, Chocontá y Villapinzón. Para los tramos de Jerusalén y Supatá, la actividad se registra como no aplicable (N/A).

- ✓ ENSAYOS DE EXPLORACIÓN DE PAVIMENTO EXISTENTE
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Los ensayos derivados de la exploración de pavimento están al 100% de avance en los tramos donde se realizó la actividad física.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- ✓ PERFORACIONES MECÁNICAS
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Se reporta un cumplimiento del 100% en las perforaciones mecánicas ejecutadas en Jerusalén (230 ml), Quipile (170 ml), Supatá (200 ml) y Villapinzón (75 ml).

- ✓ ENSAYOS DE PERFORACIONES MECÁNICAS
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Los ensayos de laboratorio para las perforaciones mecánicas registran un avance del 95% en el tramo Jerusalén y un 60% en el sector de Quipile.

- ✓ PERFORACIONES MANUALES
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  En el tramo de Jerusalén se han completado los 105 ml programados, alcanzando un 100% de avance. Para el resto de los tramos, esta actividad no aplica (N/A).

- ✓ ENSAYOS DE PERFORACIONES MANUALES
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Los ensayos correspondientes a las perforaciones manuales realizadas específicamente en el tramo Jerusalén presentan un progreso del 95%.

- ✓ INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  La inspección técnica registra un avance del 100% en Quipile, Supatá, Chocontá y Villapinzón; un 90% en Jerusalén y se mantiene en 0% para el tramo de Facatativá.

- ✓ ENSAYOS DE ESTRUCTURAS
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Esta actividad se ha completado al 100% únicamente en Chocontá y Villapinzón. Los tramos de Jerusalén, Quipile, Facatativá y Supatá permanecen con un avance del 0%.

- ✓ INVENTARIO DE OBRAS HIDRÁULICAS
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Se ha finalizado al 100% el inventario detallado de las obras hidráulicas en los seis tramos que comprenden el proyecto.

- ✓ RECONOCIMIENTO AMBIENTAL
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Las labores de reconocimiento ambiental en campo han sido ejecutadas y cerradas al 100% en toda la longitud del proyecto.

- ✓ RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SOCIAL
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  La fase de recolección de datos con la comunidad y actores sociales registra un cumplimiento del 100% en todos los sectores.

- ✓ RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PREDIAL
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  El levantamiento de información predial avanza de manera uniforme con un 50% de ejecución en los seis tramos evaluados.

- ✓ ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE TRÁNSITO
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  El análisis técnico y procesamiento de los datos de tránsito se encuentra finalizado al 100% para todos los tramos.

- ✓ ELABORACIÓN DEL EJE DE DISEÑO
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  El diseño del eje vial presenta un avance consolidado del 90% de manera uniforme en la totalidad de los sectores.

- ✓ ELABORACIÓN DE DISEÑO GEOMÉTRICO
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  El desarrollo del diseño geométrico de la vía se reporta con un avance del 50% para todos los tramos del proyecto.

- ✓ ELABORACIÓN DE INFORME DE GEOLOGÍA
  Fecha de corte: 18/Mar/2026 La redacción del informe geológico detallado alcanza un progreso del 50% en los seis frentes de trabajo actuales.

- ✓ ELABORACIÓN DE INFORME DE PAVIMENTOS
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  Este informe presenta un avance del 20% en Quipile, Facatativá, Supatá y Chocontá; un 10% en Villapinzón y un 0% en el tramo de Jerusalén.

- ✓ ELABORACIÓN DE INFORME DE TALUDES
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  La actividad de elaboración del informe de taludes registra un avance inicial del 5% en todos los tramos del corredor.

- ✓ AVANCE DE INFORME HIDRÁULICO
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  La consolidación de los resultados y el informe hidráulico se encuentran en un 20% de ejecución para la totalidad de los sectores.

- ✓ AVANCE DE INFORME SOCIAL
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  El reporte de gestión y diagnóstico social presenta un avance del 75% en los seis tramos analizados.

- ✓ AVANCE DE INFORME AMBIENTAL
  Fecha de corte: 18/Mar/2026
  La elaboración del documento ambiental reporta un progreso del 45% para todos los sectores que componen el proyecto.

**Programado financiero acumulado:** 39,96%
**Ejecutado financiero acumulado:** 47,78%

| Presupuesto Total del Proyecto (BAC) | $ | 4.589.706.723,00 | | | Semáforo |
|---|---|---|---|---|---|
| | Programado (PV) | | Ejecutado (EV) | | Desviación (SV) | | |
| | Inversión | % | Inversión | % | Inversión | % | Desviación en días |
| Acumulado Anterior | $ 1.713.653.182,59 | 37,34% | $ 1.866.885.272,56 | 40,68% | $ 153.232.089,97 | 3,34% | |
| Durante el Periodo | $ 120.474.715,98 | 2,62% | $ 326.255.030,72 | 7,11% | $ 205.780.314,74 | 4,48% | |
| **Acumulado a la Fecha** | **$ 1.834.127.898,57** | **39,96%** | **$ 2.193.140.303,28** | 47,78% | **$ 359.012.404,71** | **7,82%** | |

**Programado físico acumulado:** 49%
**Ejecutado físico acumulado:** 50%

| AVANCE FÍSICO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Programado | Ejecutado | Desviación | Semáforo |
| | % físico | % físico | % físico | |
| Acumulado Anterior | 46,00% | 45,00% | -1,00% | |
| Durante el Periodo | 3,00% | 5,00% | 2,00% | |
| **Acumulado a la Fecha** | **49,00%** | **50,00%** | **1,00%** | |

**Semana 20**

**Periodo:** 19 al 25 de marzo de 2026

## COMPONENTE ADMINISTRATIVO

- ✓ Mediante comunicado CCJINT17-0783- 0354-26 del 20/Mar/2026 se hizo Entrega informe semanal 19 correspondiente al periodo 12/Mar/2026 al 18/Mar/2026, para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado T-003-2025-185-OFC del 20/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0354-26– Informe Semanal No. 19- Aceptación, por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 20/Mar/2026 se recibió el Acta de comité de seguimiento No. 9 a los contratos No. ICCU-783-2025 y No. ICCU-CTO-881-2025 por parte de la interventoría, realizada el día 3 de febrero de 2026, para su revisión y firma por parte de la consultoría.
- ✓ Mediante comunicado T-003-2025-188-OFC del 25/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0317-26– Traslado de observaciones – Revisión desembolso Anticipo No. 2 – Contrato de Consultoría No. 783 de 2025, por parte de la interventoría.

## COMPONENTE TECNICO

- ✓ I. TRÁNSITO: Mediante comunicado T-003-2025-180-OFC del 19/Mar/2026 se recibió Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0285-26 - Entrega Informes Volumen I. Estudio de Tránsito, capacidad y niveles de servicio (6 Tramos) - Contrato Consultoría ICCU-783-2025, por parte de la interventoría.
- ✓ III. GEOLOGÍA: Mediante comunicado T-003-2025-189-OFC del 25/Mar/2026 se recibió Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0284-26 – Entrega de informe Volumen III Estudio de Geología para Ingeniería – Tramo 6. Vía desde el casco urbano del municipio de Supatá al casco urbano del municipio de Pacho (Contrato ICCU-783-2025). - Observaciones, por parte de la interventoría.

## ACTIVIDADES DE CAMPO

- ✓ Mediante comunicado vía Email del 19/Mar/2026 se remitieron las Actividades ejecutadas a fecha de corte 18/Mar/2026, para su revisión por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 24/Mar/2026 se remitieron las Actividades de campo para la presente semana (23/03/2026 al 29/03/2026), para su revisión por parte de la interventoría.

- ✓ GEOLOGÍA
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  Esta actividad de reconocimiento y levantamiento en campo ha alcanzado un estado de ejecución del 100% en la totalidad de los corredores. El cumplimiento es absoluto en los seis tramos evaluados: Jerusalén (12 km), Quipile (5 km), Facatativá (3 km), Supatá (2.1 km), Chocontá (4 km) y Villapinzón (23.4 km), cubriendo así la totalidad de la longitud del proyecto.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- ✓ CONTEOS
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  La fase de recolección de datos de tránsito mediante conteos vehiculares se reporta como finalizada al 100%. Se cumplió con la meta establecida para todos los tramos (Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón), permitiendo avanzar sin contratiempos hacia la fase de modelación de demanda.

- ✓ PROCESAMIENTO CONTEOS
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  El trabajo de gabinete correspondiente a la tabulación, limpieza y depuración de la información recolectada en los puntos de control se encuentra al 100% de avance. La información técnica de los 49.5 km totales ya ha sido procesada y validada para los seis municipios.

- ✓ TOPOGRAFÍA
  Fecha de corte: 25/Mar/2026

Las labores de levantamiento topográfico de precisión, incluyendo el establecimiento de puntos de control, han concluido con un avance del 100% en todos los frentes. Se cubrieron satisfactoriamente las distancias proyectadas en Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ PROCESAMIENTO TOPOGRAFÍA
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  La fase de oficina, que contempla el cálculo de carteras, la generación de nubes de puntos y la creación de modelos digitales de terreno, ha llegado al 100% de ejecución para la totalidad de los sectores que integran la consultoría.

- ✓ INFORME TOPOGRAFÍA
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  La consolidación de la memoria descriptiva y los anexos técnicos de la topografía está terminada al 100%. Este avance es uniforme para Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón, dejando el insumo final listo para la etapa de diseño geométrico.

- ✓ APIQUES PAVIMENTOS
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  Se ha completado el 100% de la excavación de apiques para el estudio de suelos. La ejecución física se distribuyó de la siguiente manera: 49 puntos en Jerusalén, 21 en Quipile, 13 en Facatativá, 9 en Supatá, 9 en Chocontá y 90 en Villapinzón, cumpliendo estrictamente con la programación física del proyecto.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- ✓ ENSAYOS PAVIMENTOS
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  Los análisis de laboratorio derivados de las muestras de los apiques presentan un avance del 100% en todos los sectores. Se destaca el cumplimiento en Villapinzón con 95 ensayos realizados, logrando la caracterización total de los materiales existentes para los seis tramos del corredor vial.

- ✓ EXPLORACIÓN PAVIMENTO EXISTENTE
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  Esta actividad reporta un 100% de ejecución en los tramos donde se determinó su necesidad técnica: Quipile (5 de 5), Facatativá (5 de 5), Chocontá (4 de 4) y Villapinzón (13 de 13). Para los sectores de Jerusalén y Supatá, esta labor no aplica (N/A) según el alcance actual del contrato.

- ✓ ENSAYOS EXPLORACIÓN PAVIMENTO EXISTENTE
  Fecha de corte: 25/Mar/2026

En concordancia con la exploración física, los ensayos de laboratorio para el pavimento existente están al 100% en Quipile, Facatativá, Chocontá y Villapinzón. Los tramos de Jerusalén y Supatá se mantienen marcados como no aplicables (N/A) en el cuadro de seguimiento.

✓ PERFORACIONES MECÁNICAS
Fecha de corte: 25/Mar/2026
La ejecución física de perforaciones profundas está al 100% en Jerusalén (230 ml), Quipile (170 ml), Supatá (200 ml) y Villapinzón (75 ml). El tramo de Chocontá superó la meta (81 ml), mientras que Facatativá registra un avance parcial del 44% con 31 ml realizados de 70 ml proyectados.

✓ ENSAYOS PERFORACIONES MECÁNICAS
Fecha de corte: 25/Mar/2026
Esta fase de laboratorio presenta un progreso variable según la entrega de muestras; el tramo de Jerusalén lidera con un 95% de avance, seguido por Quipile con un 60%. Los tramos de Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón aún no reportan datos de avance cargados en este rubro.

✓ PERFORACIONES MANUALES
Fecha de corte: 25/Mar/2026
Esta labor se ejecutó exclusivamente en el tramo de Jerusalén, alcanzando el 100% de la meta física con 105 ml perforados manualmente. Para el resto de los municipios (Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón) la actividad no fue requerida según los términos de referencia.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

✓ ENSAYOS PERFORACIONES MANUALES
Fecha de corte: 25/Mar/2026
Derivado de la actividad anterior, los ensayos de laboratorio para perforaciones manuales reportan un 95% de avance únicamente para el tramo de Jerusalén, siendo una actividad no aplicable para los demás corredores viales que integran la consultoría.

✓ INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
Fecha de corte: 25/Mar/2026
La evaluación detallada y el inventario del estado físico de puentes, pontones y estructuras existentes ha finalizado al 100% en los seis tramos del proyecto, cubriendo la totalidad de la longitud del corredor (49.5 km).

✓ ENSAYOS DE ESTRUCTURAS
Fecha de corte: 25/Mar/2026
Esta actividad registra un cumplimiento del 100% en los tramos de Chocontá (4 km) y Villapinzón (23,4 km). Por el contrario, los tramos de Jerusalén, Quipile, Facatativá y Supatá se mantienen en un 0% de avance, encontrándose pendientes de ejecución técnica.

- ✓ INVENTARIO OBRAS HIDRÁULICAS
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  El levantamiento y catalogación de alcantarillas, box culverts y sistemas de drenaje longitudinal y transversal se ha completado al 100%. Este avance es total para los tramos de Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ RECONOCIMIENTO AMBIENTAL
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  Las labores de campo para la identificación de pasivos ambientales y áreas de sensibilidad ecológica han culminado al 100% en todos los sectores, garantizando la cobertura de la línea base ambiental de los seis municipios.

- ✓ RECOLECCIÓN INFORMACIÓN SOCIAL
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  La fase de campo para el componente social, está finalizada al 100% en los seis frentes de trabajo que conforman la consultoría.

- ✓ RECOLECCIÓN INFORMACIÓN PREDIAL
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  La gestión predial reporta un avance uniforme y controlado del 50% en la totalidad de los tramos (Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón).

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- ✓ ANÁLISIS INFORMACIÓN TRÁNSITO
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  La etapa de procesamiento estadístico, cálculo de factores de crecimiento y análisis de tráfico para el diseño estructural de pavimentos se encuentra terminada al 100% para todos los tramos viales evaluados.

- ✓ ELABORACIÓN EJE DE DISEÑO
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  El desarrollo del eje vial preliminar presenta un avance consolidado del 90% en todos los corredores. Esto aplica para Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ ELABORACIÓN DISEÑO GEOMÉTRICO
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  El desarrollo está reportando un progreso del 50% uniforme en la totalidad de los seis tramos del proyecto vial.

- ✓ ELABORACIÓN INFORME GEOLOGÍA
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  La redacción del documento técnico final que recopila los hallazgos geológicos, geotécnicos y el modelo del subsuelo presenta un avance del 50% para los tramos de Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ ELABORACIÓN INFORME PAVIMENTOS
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  Este informe técnico muestra un avance nulo (0%) en el tramo de Jerusalén. Por el contrario, en los corredores de Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón se reporta un progreso inicial de redacción y estructuración del 20%.

- ✓ ELABORACIÓN INFORME TALUDES
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  La documentación técnica para el análisis de estabilidad de taludes y recomendaciones de intervención se encuentra en sus primeras etapas, con un avance uniforme del 5% en los seis frentes de trabajo de la consultoría.

- ✓ AVANCE INFORME HIDRÁULICO
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  El reporte registra un 20% de avance en Jerusalén, Quipile, Facatativá, Chocontá y Villapinzón. El tramo de Supatá lidera esta actividad con un progreso superior del 30%.

- ✓ AVANCE INFORME SOCIAL
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  La consolidación de la información de gestión social presenta un avance administrativo y documental del 76% para todos los municipios involucrados en el proyecto.

- ✓ AVANCE INFORME AMBIENTAL
  Fecha de corte: 25/Mar/2026
  Finalmente, la elaboración del informe de diagnóstico y el plan de manejo ambiental (PMA) reporta un progreso del 50% de ejecución técnica para la totalidad de los tramos (Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón).

**Programado financiero acumulado:** 41,61%
**Ejecutado financiero acumulado:** 49,39%

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

| Presupuesto Total del Proyecto (BAC) | $ | 4.589.706.723,00 | Semáforo |
|---|---|---|---|

| | Programado (PV) | | Ejecutado (EV) | | Desviación (SV) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Inversión | % | Inversión | % | Inversión | % | |
| Acumulado Anterior | $ 1.834.127.898,57 | 39,96% | $ 2.193.140.303,28 | 47,78% | $ 359.012.404,71 | 7,82% | Desviación en días |
| Durante el Periodo | $ 75.728.480,52 | 1,65% | $ 73.522.898,56 | 1,60% | -$ 2.205.581,96 | -0,05% | |
| **Acumulado a la Fecha** | **$ 1.909.856.379,09** | **41,61%** | **$ 2.266.663.201,84** | 49,39% | **$ 356.806.822,75** | 7,77% | |

**Programado físico acumulado:** 52%
**Ejecutado físico acumulado:** 51%

| AVANCE FÍSICO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Programado | Ejecutado | Desviación | Semáforo |
| | % físico | % físico | % físico | |
| Acumulado Anterior | 49,00% | 50,00% | 1,00% | |
| Durante el Periodo | 3,00% | 1,00% | -2,00% | |
| **Acumulado a la Fecha** | **52,00%** | **51,00%** | **-1,00%** | |

**Semanal 21**

**Periodo:** 26 al 31 de marzo de 2026

**COMPONENTE ADMINISTRATIVO**

- ✓ Mediante comunicado CCJINT17-0783- 0374-26 del 26/Mar/2026 se hizo Entrega informe semanal 20 correspondiente al periodo 19/Mar/2026 al 25/Mar/2026, para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado CCJINT17-0783- 0376-26 del 26/Mar/2026 se dio Respuesta a observaciones Oficio T-003-2025-188-OFC Anticipo No. 2 - Contrato de Consultoría No. ICCU-783-2025, para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado T-003-2025-192-OFC del 27/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0374-26– Informe Semanal No. 20- Aprobación, por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía email del 27/Mar/2026 se recibió la solicitud de los formatos para el trámite de las actas de cobro por parte de la consultoría a la interventoría para su revisión y atención.
- ✓ Mediante comunicado T-003-2025-193-OFC del 27/Mar/2026 se recibió la Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0376-26 – respuesta a observaciones Oficio T-003-2025-188-OFC Anticipo No. 2 - Contrato de Consultoría No. ICCU-783-2025, por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía email del 27/Mar/2026 se recibió la Solicitud al Desglose Formulario de Insumos, la profesional de apoyo a la supervisión del ICCU Daniela Acuña Socha.

- ✓ Mediante comunicado vía email del 27/Mar/2026 se recibió la Remisión Acta de comité de seguimiento No. 11 y No. 15, por parte de la interventoría para su revisión y firma por parte de la consultoría.

## COMPONENTE TECNICO

- ✓ IX. ESTRUCTURAS: Mediante comunicado vía Email del 30/Mar/2026 se hizo Entrega de Formatos de Campo (Esclerometría) - Tramos Chocontá y Supatá - Contrato ICCU-783-2025, para su revisión y aprobación por parte de la interventoría.
- ✓ X. AMBIENTAL: Mediante comunicado T-003-2025-194-OFC del 30/Mar/2026 se recibió el Requerimiento entrega de Informes parciales del Componente Social del contrato de Consultoría No. ICCU-783-2025, por parte de la interventoría.

## ACTIVIDADES DE CAMPO

- ✓ Mediante comunicado vía Email del 26/Mar/2026 se remitieron las Actividades ejecutadas a fecha de corte 25/Mar/2026, para su revisión por parte de la interventoría.
- ✓ Mediante comunicado vía Email del 30/Mar/2026 se remitieron las Actividades de campo para la presente semana (30/03/2026 al 05/04/2026), para su revisión por parte de la interventoría.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- ✓ GEOLOGÍA

  Esta actividad registra un cumplimiento total del 100% en los seis tramos del proyecto: Jerusalén (100%), Quipile (100%), Facatativá (100%), Supatá (100%), Chocontá (100%) y Villapinzón (100%), cubriendo la totalidad de la longitud establecida para el estudio geológico.

- ✓ CONTEOS

  La recolección de datos de tráfico en campo se encuentra finalizada al 100% en todos los frentes de trabajo: Jerusalén (100%), Quipile (100%), Facatativá (100%), Supatá (100%), Chocontá (100%) y Villapinzón (100%).

- ✓ PROCESAMIENTO CONTEOS

  El procesamiento de la información obtenida en los conteos presenta un avance del 100% uniforme en los tramos de Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón, permitiendo disponer de la data depurada para los análisis de tránsito.

- ✓ TOPOGRAFÍA

  Las labores de levantamiento topográfico en campo han alcanzado el 100% de ejecución en la totalidad de los corredores: Jerusalén (100%), Quipile (100%), Facatativá (100%), Supatá (100%), Chocontá (100%) y Villapinzón (100%).

- ✓ PROCESAMIENTO TOPOGRAFÍA

  El procesamiento de carteras y generación de nubes de puntos registra un cumplimiento del 100% en Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón, consolidando la base para los diseños geométricos.

- ✓ INFORME TOPOGRAFÍA

  La redacción y entrega de los informes técnicos de topografía se encuentran al 100% de avance en todos los tramos: Jerusalén (100%), Quipile (100%), Facatativá (100%), Supatá (100%), Chocontá (100%) y Villapinzón (100%).

- ✓ APIQUES PAVIMENTOS

  Se ha completado la ejecución física de los apiques al 100% en todos los sectores. Los avances por tramo son: Jerusalén (100%), Quipile (100%), Facatativá (100%), Supatá (100%), Chocontá (100%) y Villapinzón (100%).

- ✓ ENSAYOS PAVIMENTOS

  Los ensayos de laboratorio para la caracterización de los materiales de pavimento están finalizados al 100% en los tramos de Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ EXPLORACIÓN PAVIMENTO EXISTENTE

  Esta labor registra un 100% de avance en Quipile, Facatativá, Chocontá y Villapinzón. Para los tramos de Jerusalén y Supatá, la actividad se marca como No Aplica (N/A).

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- ✓ ENSAYOS EXPLORACIÓN PAVIMENTO EXISTENTE

  Se reporta un cumplimiento del 100% en los laboratorios de Quipile, Facatativá, Chocontá y Villapinzón. Al igual que la exploración física, no aplica (N/A) para Jerusalén y Supatá.

- ✓ PERFORACIONES MECÁNICAS

  La ejecución de perforaciones mecánicas se encuentra al 100% en los seis tramos: Jerusalén (100%), Quipile (100%), Facatativá (100%), Supatá (100%), Chocontá (100%) y Villapinzón (100%).

- ✓ ENSAYOS PERFORACIONES MECÁNICAS

  El avance en laboratorios de suelos por perforación mecánica es desigual: Jerusalén y Quipile están al 100%, mientras que Supatá registra un 20%. Los tramos de Facatativá, Chocontá y Villapinzón no reportan porcentaje de avance en este ítem.

- ✓ PERFORACIONES MANUALES
  Actividad exclusiva del tramo Jerusalén, donde se ha completado el 100% de la meta (105 ml). En los tramos de Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón la actividad no aplica (N/A).

- ✓ ENSAYOS PERFORACIONES MANUALES
  Los ensayos derivados de las perforaciones manuales en Jerusalén se encuentran al 100%. Para el resto de los tramos (Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón) la actividad figura como No Aplica.

- ✓ INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
  La inspección técnica y visual de puentes y muros registra un cumplimiento del 100% en Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ ENSAYOS DE ESTRUCTURAS
  Los ensayos especializados en estructuras presentan un 100% en Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón; sin embargo, en Jerusalén y Quipile el avance es del 0%.

- ✓ INVENTARIO OBRAS HIDRÁULICAS
  El censo y diagnóstico de alcantarillas y obras de drenaje se ha finalizado al 100% en todos los tramos: Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ RECONOCIMIENTO AMBIENTAL
  La fase inicial de reconocimiento ambiental en campo ha alcanzado el 100% de ejecución en Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ INVENTARIO FORESTAL
  El censo de especies y caracterización forestal se encuentra completado al 100% de forma uniforme en Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ RECOLECCIÓN INFORMACIÓN SOCIAL
  La toma de datos sociales con actores locales se reporta al 100% de cumplimiento en los seis tramos: Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ RECOLECCIÓN INFORMACIÓN PREDIAL
  Esta actividad presenta un avance parcial del 50% en todos los corredores viales: Jerusalén (50%), Quipile (50%), Facatativá (50%), Supatá (50%), Chocontá (50%) y Villapinzón (50%).

- ✓ ANÁLISIS INFORMACIÓN TRÁNSITO

El análisis de la información de campo y proyecciones de tránsito están terminados al 100% en Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ ELABORACIÓN EJE DE DISEÑO
  El trazado del eje en planta presenta un avance consolidado del 90% en todos los tramos del proyecto: Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ ELABORACIÓN DISEÑO GEOMÉTRICO
  La fase de diseño geométrico detallado se encuentra a mitad de ejecución con un 50% de avance en Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ ELABORACIÓN INF GEOLOGÍA
  La redacción de los informes de geología registra un cumplimiento del 55% en la totalidad de los sectores: Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ ELABORACIÓN INF PAVIMENTOS
  El desarrollo de los informes de pavimentos presenta un avance del 25% uniforme en los tramos de Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ ELABORACIÓN INF TALUDES
  Esta actividad registra el menor avance en oficina, situándose en un 5% para todos los frentes: Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

- ✓ AVANCE INFORME HIDRÁULIC
  Se reporta un progreso del 25% en Jerusalén, Quipile, Facatativá, Chocontá y Villapinzón, mientras que el tramo de Supatá tiene un ligero adelanto situándose en el 30%.

- ✓ AVANCE INFORME SOCIAL
  El componente social registra un 78% de avance en Jerusalén, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón, destacándose el tramo de Quipile que presenta un 90% de ejecución.

- ✓ AVANCE INFORME AMBIENTAL
  La redacción de los informes de gestión ambiental se encuentra en un 55% de cumplimiento en los tramos de Jerusalén, Quipile, Facatativá, Supatá, Chocontá y Villapinzón.

**Programado financiero acumulado:** 43,84%
**Ejecutado financiero acumulado:** 52,02%

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

| Presupuesto Total del Proyecto (BAC) | $ | 4.589.706.723,00 | Semáforo |
|---|---|---|---|

| | Programado (PV) | | Ejecutado (EV) | | Desviación (SV) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Inversión | % | Inversión | % | Inversión | % | Desviación en días |
| Acumulado Anterior | $ 1.909.856.379,09 | 41,61% | $ 2.266.663.201,84 | 49,39% | $ 356.806.822,75 | 7,77% | |
| Durante el Periodo | $ 102.130.643,67 | 2,23% | $ 121.130.099,51 | 2,64% | $ 18.999.455,84 | 0,41% | |
| **Acumulado a la Fecha** | **$ 2.011.987.022,76** | **43,84%** | **$ 2.387.793.301,35** | 52,02% | **$ 375.806.278,59** | **8,19%** | |

**Programado físico acumulado:** 54%
**Ejecutado físico acumulado:** 54%

| AVANCE FÍSICO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Programado | Ejecutado | Desviación | Semáforo |
| | % físico | % físico | % físico | |
| Acumulado Anterior | 52,00% | 51,00% | -1,00% | |
| Durante el Periodo | 2,00% | 3,00% | 1,00% | |
| **Acumulado a la Fecha** | **54,00%** | **54,00%** | **0,00%** | |

### 5.3.2 Resumen Componentes

De acuerdo con las actividades programadas y ejecutadas durante el quinto mes de gestión (Marzo 2026) bajo el Contrato ICCU 783 de 2025, a continuación, se presenta el consolidado de las metodologías desarrolladas y aprobadas para cada componente técnico.

**METODOLOGIAS**

**VOLUMEN I. ESTUDIO DE TRANSPORTE**

**DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

Con el propósito de lograr una ejecución eficiente en la cuantificación de la demanda vehicular, el análisis de capacidad y la determinación del nivel de servicio, a continuación, se describen las principales etapas metodológicas a desarrollar:

**Recopilación y análisis de la información secundaria**

Esta etapa inicial tiene como objetivo fundamental la estructuración del marco contextual del proyecto, mediante la identificación de las condiciones operacionales, geográficas y de demanda preexistentes. Se procederá a la consolidación de datos inherentes a la localización, área de influencia, jerarquía vial, usos del suelo, volúmenes históricos de tráfico, estadísticas de accidentalidad, entre otros aspectos.

La información se obtendrá mediante la consulta sistemática de las siguientes fuentes documentales y entidades competentes:

- **Instituto Nacional de Vías (INVIAS):** Cartillas históricas de volúmenes de tráfico y registros oficiales de la Red Vial Nacional.
- **Documentación Técnica Previa:** Estudios de prei-nversión, diseños anteriores y documentación técnica del corredor que contengan registros de volúmenes de tránsito, velocidades de operación, accidentalidad, inventario de señalización, toneladas de carga movilizadas, proyecciones y cualquier otro dato pertinente al alcance.
- **Estaciones de Peaje:** Data de volúmenes de tránsito en estaciones adyacentes al área de influencia, imprescindible para el análisis de los factores de estacionalidad (horarios, diarios y mensuales).
- **Análisis de Seguridad Vial:** Reportes consolidados de accidentalidad emitidos por el Fondo de Prevención Vial y los organismos de tránsito con jurisdicción en la zona de estudio.
- **Ministerio de Transporte:** Registros oficiales referentes al movimiento y composición de la carga transportada a través del corredor.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Toda la información secundaria recopilada será sometida a un riguroso proceso de filtrado y validación para determinar su impacto y relevancia técnica. Posteriormente, se clasificará para ser utilizada en la verificación del TPD y en la calibración de los parámetros de diseño estructural del pavimento. Finalmente, esta data servirá como base para establecer los lineamientos técnicos de Manejo de Tráfico durante la etapa constructiva del proyecto.

**Recopilación de información primaria volúmenes vehiculares y encuestas O-D**

Conocida la zona de influencia del proyecto en su totalidad y visualizado el comportamiento del tránsito, se ha determinado establecer una estación maestra en el corredor. Esta estación, ubicada estratégicamente en los accesos o en un punto representativo, permitirá evaluar y caracterizar los tráficos atraídos y generados por el futuro proyecto. Su localización y diseño se realizará conforme a los lineamientos del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO – INVIAS 2007, garantizando la obtención de información de tránsito coherente y adecuada requerida por el proyecto objeto de la consultoría.

*Vías objeto del estudio:*

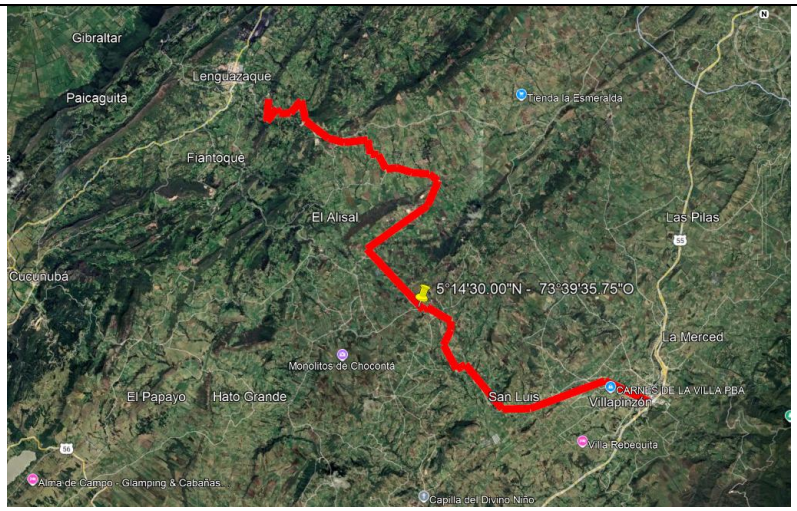
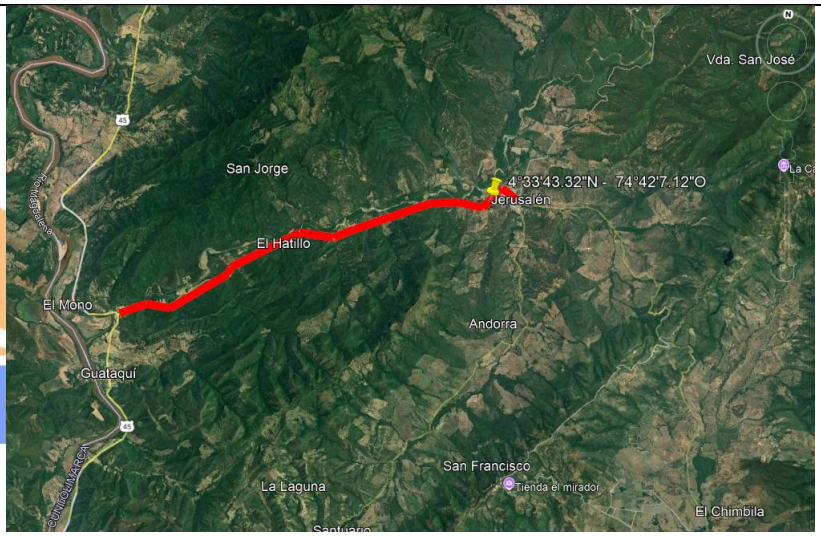
| No. | Municipio | Vía | Longitud (Km) | MEJORAMIENTO (Km) | REHABILITACIÓN (Km) |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | Lenguazaque / Villapinzón | VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZON | 23,4 | 20,4 | 3 |
| 14 | Guataquí / Jerusalén | VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45 | 12 | 12 | |
| 17 | Quipile | VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE | 5 | 4 | 1 |
| 5 | Chocontá | VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ | 4 | 3,4 | 0,6 |
| 8 | Facatativá | VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ - FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL | 3 | 2 | 1 |
| 24 | Supatá | VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO | 2,1 | 2,1 | |

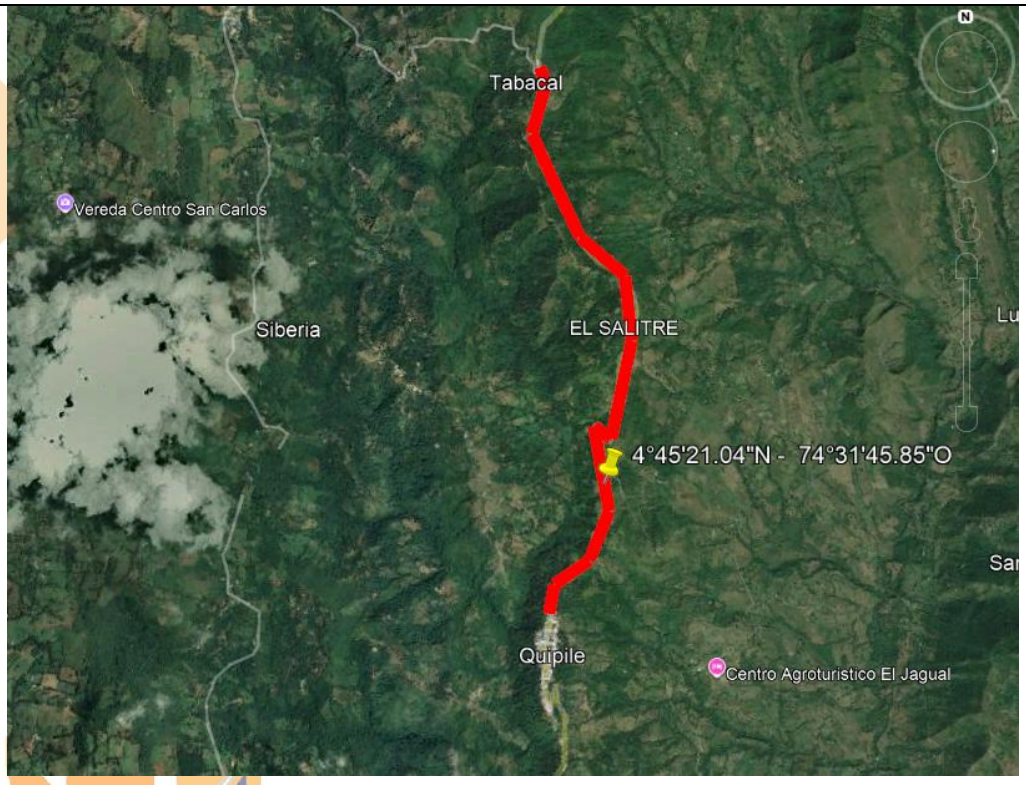
Considerando la naturaleza y condición operacional específica de cada uno de los corredores viales objeto de los estudios y diseños, se ha procedido a identificar de manera precisa las posibles convergencias, divergencias y puntos nodales de tráfico (intersecciones críticas).

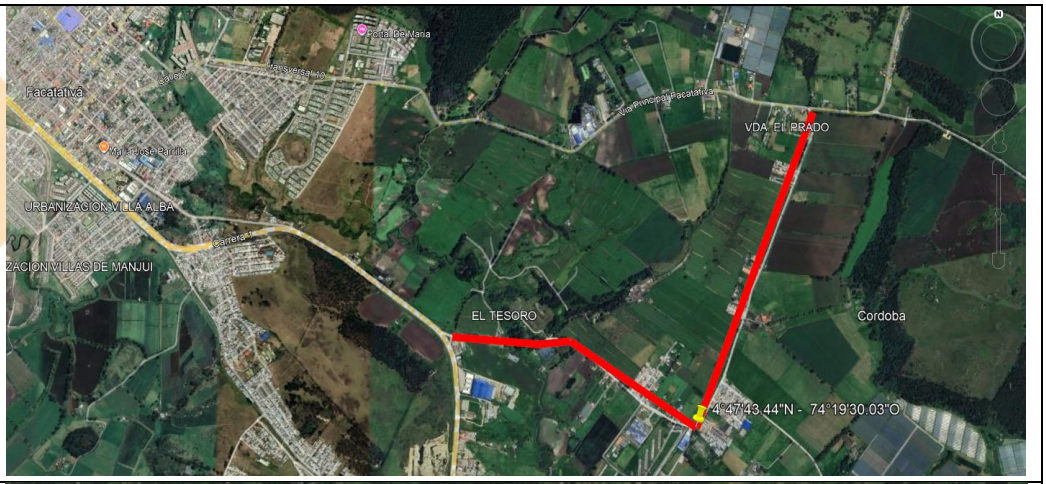
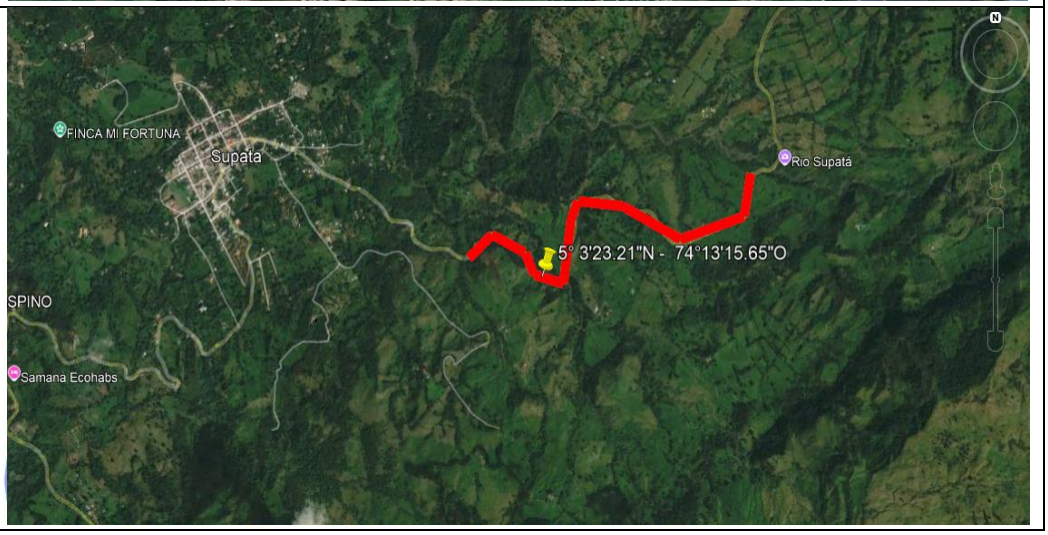
Este análisis de las dinámicas de flujo es fundamental para establecer la localización óptima y el número requerido de Estaciones de Aforo Vehicular Clasificado en cada tramo. Las estaciones se han ubicado en puntos estratégicos que garantizan la captura integral de la demanda que transita por el eje vial principal, incluyendo la integración de los flujos generados y atraídos por los cascos urbanos.

A continuación, se presenta de manera esquemática y puntual la ubicación preliminar de cada una de las estaciones de aforo, seguida de la determinación de los horarios de toma de información primaria:

Ilustración 8. Estación de aforo en el área de influencia de cada corredor

| | |
|---|---|
| Lenguazaque / Villapinzón 5°14'30.00"N - 73°39'35.75"O |  |
| Guataquí / Jerusalén 4°33'43.32"N - 74°42'7.12"O |  |

| | |
|---|---|
| Quipile<br>4°45'21.04"N -<br>74°31'45.85"O |  |
| Chocontá<br>5° 9'13.55"N -<br>73°42'24.45"O |  |

| | |
|---|---|
| Facatativá<br>4°47'43.44"N -<br>74°19'30.03"O |  |
| Supatá<br>5° 3'23.21"N -<br>74°13'15.65"O |  |

Fuente: Elaboración propia, plataforma Google Earth

La toma de información está encaminada a determinar parámetros tales como el volumen, la densidad y demanda de cada uno de los modos de transporte, con el fin de verificar la información indicada en los Estudios y Diseños y tener datos de referencia para establecer la verificación de los valores de Tránsito Promedio Diario de diseño. Dicha información se organizará y procesará mediante hojas de cálculo elaboradas por el Constructor, buscando determinar entre otros, el volumen y composición vehicular, volúmenes horarios pico, factores horarios de máxima demanda sobre el corredor, entre otros.

- Metodología de la toma de información primaria de tránsito. Aforos vehiculares, se registrará en periodos de 15 minutos, clasificándolos de acuerdo con el tipo de vehículos (livianos, motos, buses y camiones), en el caso de camiones se discriminará por número de ejes **(C-2 pequeño, C-2 grande, C-3, C-4, C-5 y mayor a C-5)**. De acuerdo con las condiciones propias del proyecto, los aforos se deben hacer como mínimo durante días hábiles y no hábiles, se realizará conteos de acuerdo con la siguiente tabla, garantizando las medidas de seguridad y calidad de la información capturada mediante tecnología de video detección en tiempo real.

| NO. | MUNICIPIO | VÍA | NÚMERO DE ESTACIONES | DIAS | HORAS | FECHA | TIPO DE ESTACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Lenguazaque / Villapinzón | VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZON | 1 | 7 | 24H | 10/12/2025 - 16/12/2025 | MAESTRA |
| 2 | Guataquí / Jerusalén | VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45 | 1 | 2 TIPICO 1 ATIPICO | 12H 6:00-18:00 | 10/12/2025 - 14/12/2025 | COMPLEMENTARIA |
| 3 | Quipile | VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE | 1 | 2 TIPICO 1 ATIPICO | 12 6:00-18:00 | 10/12/2025 - 14/12/2025 | COMPLEMENTARIA |
| 4 | Chocontá | VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ | 1 | 7 | 24H | 10/12/2025 - 16/12/2025 | MAESTRA |
| 5 | Facatativá | VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ - FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL | 1 | 7 | 24H | 10/12/2025 - 16/12/2025 | MAESTRA |
| 6 | Supatá | VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO | 1 | 2 TIPICO 1 ATIPICO | 12H 6:00-18:00 | 10/12/2025 - 14/12/2025 | COMPLEMENTARIA |

Los tramos viales cuya infraestructura de pavimento se encuentre en condición de afirmado o sin pavimentar serán sujetos a un esquema de aforo vehicular con una duración mínima de doce (12) horas continuas. El muestreo se distribuirá en dos (2) días típicos y un (1) día atípico (p. ej., fin de semana o festivo), garantizando una captura robusta y representativa de las variaciones horarias y diarias del flujo vehicular.

Posteriormente, esta data de campo será objeto de un proceso de expansión de la muestra, utilizando los factores de estacionalidad derivados del análisis de la información secundaria disponible, como los registros de estaciones de peaje y las cartillas históricas del INVIAS.

El proceso de expansión a veinticuatro (24) horas (7/24) de la data recolectada en las estaciones secundarias se realizará con base en los perfiles de tráfico obtenidos de las Estaciones Maestras establecidas conforme a la tipología de vía.

- **Expansión Horaria (Diaria):** Las estaciones maestras, al registrar el tránsito ininterrumpidamente (7/24), permiten generar los Factores de Corrección Horaria específicos para cada tipología de vía. Estos factores se aplicarán a los conteos parciales obtenidos en las estaciones secundarias y complementarias, logrando así la caracterización precisa del Tránsito Promedio Diario (TPD) de las vías a lo largo de las 24 horas.

- **Expansión Temporal (Estacionalidad):** La corrección por estacionalidad mes a mes (variación anual del TPD) se ejecutará utilizando datos históricos de tránsito (series de TPD por años). Esta información será obtenida de los documentos técnicos oficiales que reposan en el Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Con base en este análisis de series históricas, se calculará y aplicará el Factor de Estacionalidad (Fe) para proyectar el TPD a la fecha de inicio del estudio.
- Este procedimiento garantiza una caracterización rigurosa de los volúmenes de tráfico que será la base para el cálculo de los Ejes Equivalentes de Carga (ESALs) de diseño.

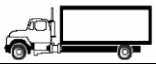
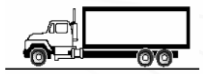
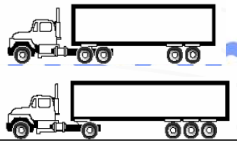
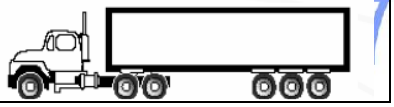



- Procesamiento y análisis de la información: Se identificará los volúmenes de tránsito que correspondan al trazado del proyecto, verificando de manera exhaustiva los datos consignados a partir de la toma de información de campo, con los datos obtenidos se procede con el análisis de TPD y de escenarios futuros y contemplando dentro del análisis la posible evolución de la zona de influencia y se determina el número N de ejes de diseño y todas las características de tránsito de la vía.

**Categorización de vehículos**

A continuación, se presenta la clasificación de vehículos según el MOPT, la cual se utilizará para la toma de información en la estación de aforo, incluyendo adicionalmente el registro de las motocicletas y bicicletas que se movilicen sobre el corredor.

Tabla 2. Clasificación de vehículos

| TIPO DE VEHÍCULOS | | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|
| AUTOMÓVILES Y MICROBUSES | |  |
| BUSES | |  |
| CAMIONES | C2P |  |
| | C2G |  |
| | C3 |  |
| | C4 |  |
| | C5 |  |
| | >C5 |  |

Fuente: elaboración propia. Adoptado del MOPT

**Formato de campo**

No se registra formato de campo toda vez que los volúmenes de modos motorizados son capturados por medio de equipos de filmación y registro digital, en tal sentido se incluye mediante ANEXO 1 – Formato para registro de Toma de Información.

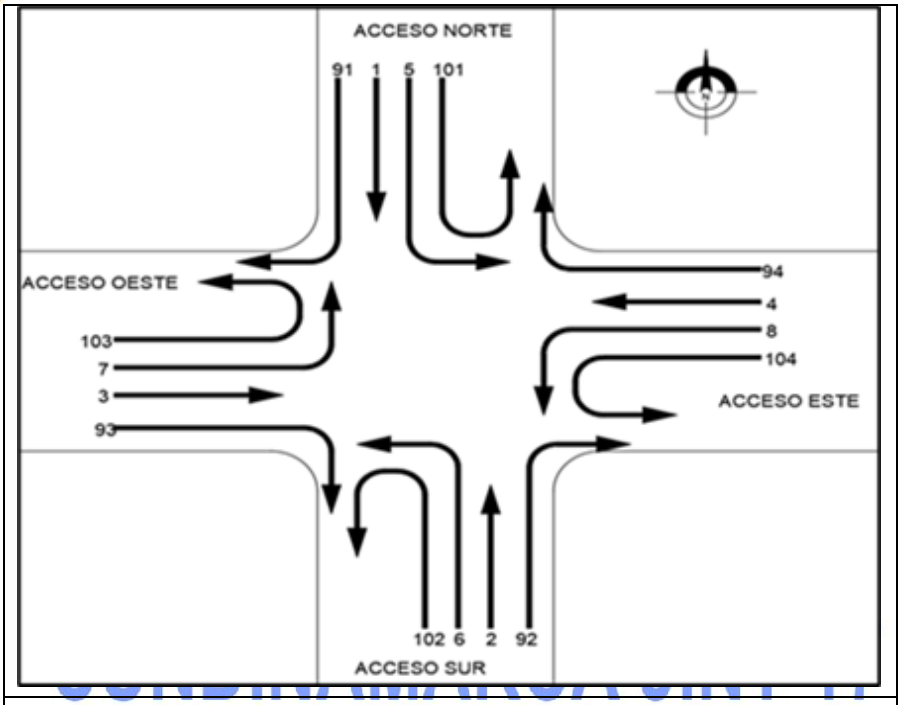
**Procedimiento**

De acuerdo con la definición de los sitios de toma de información indicados anteriormente en el presente documento, se ha planteado la instalación de cámaras de video en cada uno de los sitios propuesto donde se verifica que tome cada uno de los movimientos mencionados para cada estación, la realización de conteos se realiza a partir de la visualización de las capturas de video las cuales son revisados y analizados en oficina con personal capacitado y calificado para dicha labor posteriormente se registra la base de datos en el programa Excel, efectuando un aforo direccional (paso directo, giro a derecha y giro a izquierda) y por composición

vehicular (Motos, Autos, Buses, Camiones), de acuerdo con el número de ejes y bicicletas en calzada) para cada una de las diferentes intersecciones a evaluar.

Para la codificación de los movimientos vehiculares se adoptará la codificación recomendada en la norma europea RILSA (Richtlinien für Lichtsignalanlagen), la cual se representa gráficamente en la siguiente figura.

Tabla 3. Codificación de movimientos




Movimientos vehiculares

Fuente: elaboración propia. Adoptado de codificación RILSA

**Encuestas O-D**

**Metodología y Localización de Estaciones de Encuesta Origen-Destino (O-D)**

Una vez delimitada la zona de influencia del proyecto y caracterizado el patrón de comportamiento del tránsito vehicular, se ha establecido la necesidad de implementar estaciones de encuestas Origen-Destino (O-D). La localización de estas estaciones se definirá estratégicamente sobre aquellos corredores que presenten una estructura de pavimento constituida y/o que evidencien una alta relevancia para la conectividad regional.

**Objetivo fundamental de las encuestas O-D:**

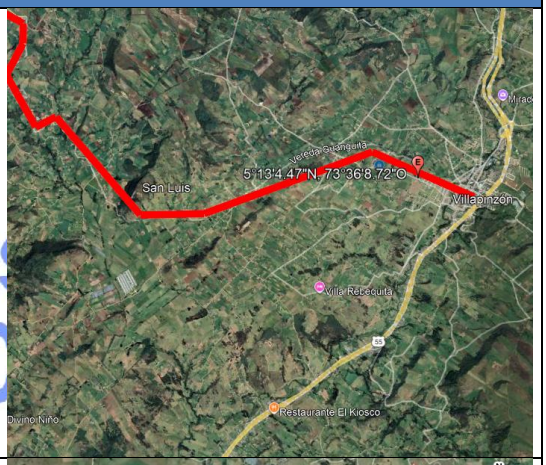
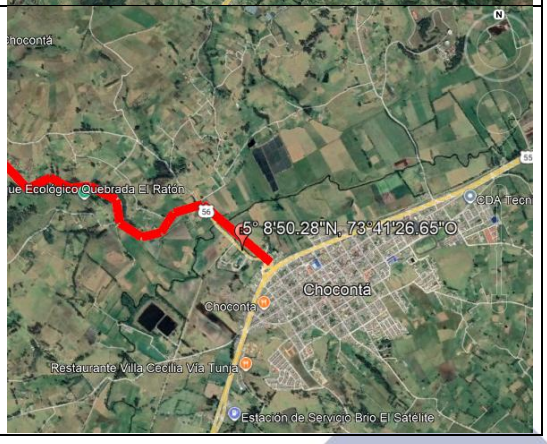
Determinar las condiciones y volúmenes de tráfico existentes, identificando los patrones de viaje.

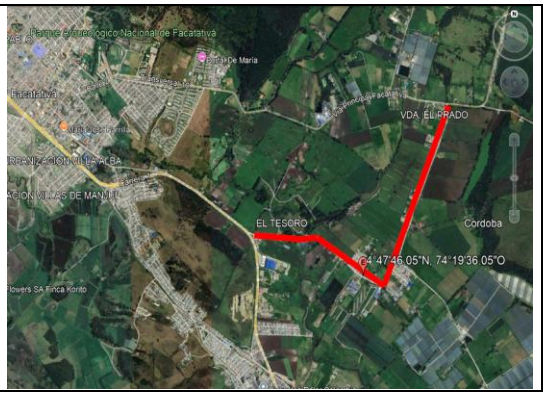
Evaluar y caracterizar los flujos vehiculares que el futuro proyecto de mejoramiento y/o rehabilitación atraerá y generará, esencial para la modelación de escenarios futuros.

La metodología para la localización, diseño y ejecución de estas encuestas se apegará rigurosamente a lo estipulado en el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito – INVIAS 2007, asegurando la recolección de datos de tránsito pertinentes y de alta calidad técnica para el cumplimiento del objeto de la consultoría.

A continuación, se detalla la localización específica propuesta para cada corredor:

Tabla 4. Localización de estación de encuestas

| Estación de aforo y encuestas O-D | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Días de aforo** | **Tipo de Aforo** | **Horario** | **Sector** | **Coordenadas** | | **Localización** |
| Típico (viernes) y atípico (sábado) | Encuestas O-D | 7:00 – 18:00 | Lenguazaque / Villapinzón " | Latitud | 5°13'4.47"N |  |
| | | | | Longitud | 73°36'8.72"O | |
| Típico (viernes) y atípico (sábado) | Encuestas O-D | 7:00 – 18:00 | Chocontá | Latitud | 5° 8'50.28"N |  |
| | | | | Longitud | 73°41'26.65"O | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Típico (viernes) y atípico (sábado) | Encuestas O-D | 7:00 – 18:00 | Facatativá | Latitud | 4°47'46.05"N |   |
| | | | | Longitud | 74°19'36.05"O | |

El formato empleado para las encuestas O-D consta de las siguientes 3 secciones:

**Primera Sección**: Contiene el encabezamiento e información de identificación de la encuesta:

- Fecha: Contiene el día, mes y año de la toma de información
- Día de la semana: Día en el que se está diligenciando la encuesta
- Sentido: Contiene el sentido en el que se hace la encuesta (Población 1 a población 2).
- Lugar de aforo: Contiene la ubicación del aforador (Kilometro - hito).
- Condición climática: Se anotan las condiciones climáticas que existen en el corredor (soleado, nublado o lluvioso).

**Segunda sección**: Contiene la información que responde el encuestado. Se diligencian los campos listados a continuación, siendo los únicos obligatorios la hora, el tipo de vehículo (si es camión adicionalmente el número de ejes) y el lugar de origen y destino:

- Hora de encuesta: Contiene en formato militar la hora a la que se está realizando la encuesta.
- Tipo de vehículo: Identifica el vehículo que conduce quien responde la encuesta como automóvil, camión o bus.
- Ocupación: Número de personas que viajan en el vehículo incluyendo al conductor.
- Motivo del viaje: Identifica el objetivo del viaje como trabajo, estudio, hogar, compras, asuntos personales o negocios.
- Frecuencia: Contiene información sobre la periodicidad en la realización del recorrido por el que se pregunta.
- Lugar de origen del viaje: Ciudad o municipio en la que se inicia el recorrido.
- Lugar de destino de viaje: Ciudad o municipio destino del recorrido.

**Tercera sección:** Contiene las observaciones a que haya lugar sobre condiciones que hayan incidido en la realización de la encuesta.

Para esta actividad se plantean en principio dos estaciones de encuestas origen – destino.
El formato por emplear se muestra a continuación:

CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17

REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZON, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALEN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTA AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ - FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATA AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO.

Fecha: 15/11/2025
Version 1
Encuestas OD

Fecha:_____ Lugar de aforo: _____ Sentido:_____ Estado del clima :_____ Hoja____de____
Aforador:_____

| ID | HORA ENCUESTA | Tipo de Vehículo | # Personas en el vehículo | Origen del viaje | Destino del viaje | Motivo del Viaje | ¿Cuál es la frecuencia de este viaje? |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | HH MM : | | | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | | |
| | HH MM : | | | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | | |
| | HH MM : | | | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | | |
| | HH MM : | | | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | | |
| | HH MM : | | | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | | |
| | HH MM : | | | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | | |
| | HH MM : | | | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | | |
| | HH MM : | | | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | | |
| | HH MM : | | | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | | |
| | HH MM : | | | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | | |
| | HH MM : | | | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | REFERENCIA LUGAR<br>MUNICIPIO<br>URBANO O RURAL | | |
| | Hora Militar | 1. Auto Particular<br>2. Camion pequeño<br>3. Camion Grande<br>4. Bus Grande<br>5. Bus Pq | No. de personas que se encuentran en el vehículo incluyendo conductor | Lugar dónde inició el viaje. Indicar zona de referencia, municipio, y si es urbano o rural | Lugar dónde termina el viaje. Indicar zona de referencia, municipio, y si es urbano o rural | 1. Trabajo<br>2. Estudio<br>3. Regreso a casa<br>4. Almuerzo<br>5. Recreación<br>6. Acompañar alguien<br>7. Recoger o dejar alguien<br>8. Otro | 1. Diario<br>2. Semanal<br>3. Quincenal<br>4. Mensual<br>5. Ocasional |

Observaciones:

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Definición de periodo de toma de información de campo**

Con el objetivo de garantizar la correcta caracterización de los volúmenes de tráfico y capturar de manera representativa los periodos típicos y atípicos que se evidencian en los corredores viales, se han establecido los siguientes cronogramas para la ejecución de los trabajos de campo:

**Aforos Vehiculares Clasificados (Conteo de Tráfico):**

Periodo Propuesto: La toma de información de conteos vehiculares se propone iniciar el miércoles 10 de diciembre de 2025 y finalizar el miércoles 17 de diciembre de 2025.

Ejecución: Esta toma se realizará conforme a los horarios y días (hábil/atípico) propuestos en la metodología.

**Encuestas Origen-Destino (O-D):**

Periodo Propuesto: La realización de las encuestas O-D se propone para la semana comprendida entre el miércoles 14 de enero y el miércoles 21 de enero de 2026.

Este calendario ha sido diseñado para optimizar la logística de campo y asegurar la representatividad de los datos recopilados antes del inicio de las temporadas de alto flujo que podrían distorsionar la caracterización del TPD normal.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Personal**

Para la toma de información mediante cámaras se contará con instaladores de cámaras capacitado y con curso de alturas vigente, supervisor de actividades de tránsito, y coordinadores de grupo, los cuales serán capacitados previamente al inicio de la toma de información mediante captura de video.

Mediante el procesamiento de los aforos vehiculares se determinará la composición vehicular y los volúmenes.

Para la realización de encuestas O-D se contará con personal debidamente capacitado para realizar la actividad el cual contará con chaleco de identificación y material requerido para adelantar la actividad de campo, de ser requerido se solicitará el acompañamiento de autoridades de Policía del sector.

**Tamaño de la muestra**

La información recolectada corresponderá al 100% de vehículos que transitan por cada Estacione de aforo considerada, teniendo en cuenta únicamente los movimientos directos permitidos sobre el corredor en análisis.

Es preciso indicar que dadas las condiciones presentadas en los corredores objeto del estudio no se estima necesario realizar aforos de no motorizado y/o análisis de velocidades

**Estimación del tránsito generado y atraído**

La metodología planteada para este análisis se estructura en los siguientes pasos:

**Determinación del Tránsito Base (Tránsito Actual / Normal):**

- Se establece el volumen de tráfico existente para un año base, para el caso 2025.
- Este dato es el punto de partida sobre el cual se aplican las proyecciones futuras.

**Análisis de Tasas de Crecimiento Vehicular:**

- Se realiza un análisis exhaustivo de los datos obtenidos de las encuestas O-D en los tramos que se proponen en la presente metodología, así mismo las series históricas de crecimiento vehicular de conteo relevantes de INVÍAS.
- Se complementa con la valoración de las tasas de crecimiento del parque automotor y las proyecciones de crecimiento poblacional obtenidas de fuentes oficiales como el DANE y PIB para la zona de influencia del proyecto.
- Estos datos permiten establecer una tasa de crecimiento anual compuesta que se aplica al Tránsito Normal para proyectar su evolución a lo largo del horizonte de planificación.

**Estimación del Tránsito Atraído (o Desviado):**

- La metodología implica evaluar la existencia de estas rutas alternas, sus características, y la magnitud de las mejoras propuestas para determinar si habrá un cambio significativo en la elección de ruta de los usuarios.
    - La determinación del volumen y las características del tránsito atraído hacia el corredor en estudio se fundamentará en la recopilación y análisis de la información primaria obtenida a través de las encuestas Origen-Destino (O-D), las cuales serán ejecutadas conforme a los lineamientos establecidos en la presente metodología.

**Cuantificación del Tránsito Generado:**

- Se refiere a los nuevos viajes que surgen directamente por la mejora de la infraestructura o por el desarrollo de usos del suelo inducidos por el proyecto. El tránsito generado abarca un espectro que incluye todos aquellos viajes que no se generaba y/o se generaban mediante otro medio, así como posibles nuevos usuarios atraídos por la mejora de la infraestructura.
- La metodología se basa en rangos establecidos en la literatura técnica de Cal&Mayor, que sugiere entre un 5% y 25% del tránsito actual. (Ingeniería de Transito - Cal y Mayor & James Cárdenas 7ma Edición, Pág. 188).
- Dada la naturaleza de tráfico cautivo del corredor y el considerable potencial de inducción de viajes que se deriva del dinamismo de la zona, aunado a que cada corredor en estudio es un elemento crucial dentro

de una estrategia regional de conectividad en Cundinamarca, se ha optado por estimar el Tránsito Generado en el 25% del Tráfico Actual.

- La integración de este volumen de tránsito generado se proyectará de forma progresiva a lo largo de los primeros tres años del proyecto, de la siguiente manera:

  - *Año 2026: Se aplicará una adición del 10% sobre la tasa de crecimiento natural proyectada para dicho año.*
  - *Año 2027: Se aplicará una adición del 10% sobre la tasa de crecimiento natural proyectada para dicho año.*
  - *Año 2028: Se aplicará una adición del 5% sobre la tasa de crecimiento natural proyectada para dicho año.*

**Proyección Final de Tránsito:**

- La proyección del tráfico futuro total para cada año del horizonte de planificación se obtiene mediante la sumatoria de estos tres componentes: Tránsito Normal (crecido a su tasa anual), Tránsito Atraído (si aplica) y Tránsito Generado.

**Análisis de capacidad y niveles de servicio**

Para los análisis de capacidad y niveles de servicio se empleará la metodología del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras - INVÍAS 2007, es importante destacar que este manual se basa en principios internacionales (como los de la AASHTO y el HCM), adaptándolos a las condiciones y normativas específicas de Colombia, que para el caso se adapte a carreteras de dos carriles.

**Análisis de número de ejes equivalentes NEE**

Para la estimación de los ejes equivalentes (NEE), se tomarán como insumo principal los volúmenes vehiculares proyectados para el proyecto. El resultado de esta cuantificación se obtendrá al multiplicar dichos volúmenes por los factores de daño pertinentes a cada categoría vehicular. Es crucial destacar que estos factores serán suministrados directamente por el área de diseños de pavimentos del proyecto, garantizando así su adecuación a las particularidades técnicas y geográficas de la zona específica del corredor.

## PRODUCTOS POR ENTREGAR

- Informe técnico que incluirá, pero no se limita a: alcance, objetivos, resumen y análisis de la información secundaria recopilada, respecto a la información primara se presentaran puntos de aforo, procesamiento de información, cálculo del TPDS actuales, estimación de tasa de crecimiento, % de tránsitos (atraídos, generados y desarrollados), Análisis de Capacidad y Niveles de Servicio actuales y con proyecto, observaciones, recomendaciones y conclusiones.

- Entrega de bases de datos, cálculos y demás información procesada.

- Aprobación por parte de la supervisión del Estudio de Tránsito.

# ANEXOS

## ANEXO 1 – Formato para registro de Toma de Información.

| VOLÚMENES 15 MINUTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FECHA | DIA | UBICACIÓN | SENTIDO | MOVIMIENTO | INICIO | FIN | AUTOS | BUSES | C2P | C2G | C3 | C4 | C5 | >C5 | MOTOS | BC | MIXTOS | EQUIVALENTES |
| | | xxxxxx | | | 5:00 | 5:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 5:15 | 5:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 5:30 | 5:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 5:45 | 6:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 6:00 | 6:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 6:15 | 6:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 6:30 | 6:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 6:45 | 7:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 7:00 | 7:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 7:15 | 7:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 7:30 | 7:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 7:45 | 8:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 8:00 | 8:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 8:15 | 8:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 8:30 | 8:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 8:45 | 9:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 9:00 | 9:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 9:15 | 9:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 9:30 | 9:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 9:45 | 10:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 10:00 | 10:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 10:15 | 10:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 10:30 | 10:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 10:45 | 11:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 11:00 | 11:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 11:15 | 11:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 11:30 | 11:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 11:45 | 12:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 12:00 | 12:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 12:15 | 12:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 12:30 | 12:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 12:45 | 13:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 13:00 | 13:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 13:15 | 13:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 13:30 | 13:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 13:45 | 14:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 14:00 | 14:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 14:15 | 14:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 14:30 | 14:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 14:45 | 15:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 15:00 | 15:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 15:15 | 15:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 15:30 | 15:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 15:45 | 16:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 16:00 | 16:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 16:15 | 16:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 16:30 | 16:45 | | | | | | | | | | | | 0 |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

| VOLÚMENES 15 MINUTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FECHA | DIA | UBICACIÓN | SENTIDO | MOVIMIENTO | INICIO | FIN | AUTOS | BUSES | C2P | C2G | C3 | C4 | C5 | >C5 | MOTOS | BC | MIXTOS | EQUIVALENTES |
| | | xxxxxx | | | 16:45 | 17:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 17:00 | 17:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 17:15 | 17:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 17:30 | 17:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 17:45 | 18:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 18:00 | 18:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 18:15 | 18:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 18:30 | 18:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 18:45 | 19:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 19:00 | 19:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 19:15 | 19:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 19:30 | 19:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 19:45 | 20:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 20:00 | 20:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 20:15 | 20:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 20:30 | 20:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 20:45 | 21:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 21:00 | 21:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 21:15 | 21:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 21:30 | 21:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 21:45 | 22:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 22:00 | 22:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 22:15 | 22:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 22:30 | 22:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 22:45 | 23:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 23:00 | 23:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 23:15 | 23:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 23:30 | 23:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 23:45 | 0:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 0:00 | 0:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 0:15 | 0:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 0:30 | 0:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 0:45 | 1:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 1:00 | 1:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 1:15 | 1:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 1:30 | 1:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 1:45 | 2:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 2:00 | 2:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 2:15 | 2:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 2:30 | 2:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 2:45 | 3:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 3:00 | 3:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 3:15 | 3:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 3:30 | 3:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 3:45 | 4:00 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 4:00 | 4:15 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 4:15 | 4:30 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 4:30 | 4:45 | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | xxxxxx | | | 4:45 | 5:00 | | | | | | | | | | | | 0 |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## VOLUMEN II ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA, TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO, SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL Y PLAN DE MANEJO DE TRANSITO

## *ESTUDIO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO, SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL Y PLAN DE MANEJO DE TRANSITO*

### METODOLOGÍA VOLUMEN II ESTUDIO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO, SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL Y PLAN DE MANEJO DE TRANSITO

En cumplimiento conforme a los requisitos establecidos en el Anexo Técnico 1, se llevará a cabo la siguiente Metodología:

**Diseño Geométrico**

El volumen de diseño geométrico contendrá como mínimo los siguientes capítulos: Objetivos y alcances, Información geográfica georreferenciada, Criterios de diseño, diseño y conclusiones y recomendaciones.

Los criterios de diseño son los establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, y a criterio del especialista. La conceptualización del proyecto, definiendo los criterios y objetivos a buscar, las características deseadas, los condicionantes propios del proyecto, las amenazas, la interacción con las otras especialidades, el trazado de las alternativas de mejoramiento, entre otros, con el fin de que se establezca con anterioridad hacia dónde debe ir el proyecto y el mejoramiento de carretera que se espera obtener.

A partir de la conceptualización del proyecto se platearán las premisas que deben cumplir el peralte y las secciones transversales de la vía.

Se deberán establecer las características geométricas que tendrá el eje como son:

- Velocidad de diseño
- Velocidad de operación
- Radios mínimos
- Ancho de calzada
- Anchos de bermas
- Anchos de cuneta
- Pendiente máxima y mínima

Hace referencia a las vías de acceso a cada uno de los puentes, si se trata de vías existentes, entendiéndose vía existente como una zona de uso público o privado, abierta al público, destinada al tránsito de vehículos, personas y animales (Código Nacional de Transito); se refiere a la rectificación geométrica de curvas (horizontales o verticales) identificadas en el diagnostico preliminar. En caso de que se requieran proyectar vías, se realizará teniendo en cuenta el Manual de diseño geométrico del INVIAS, evitando al máximo la afectación de predios privados.

Diseño Geométrico Horizontal:

En los casos especiales partirá con el criterio de un diseño horizontal de "MEJORAMIENTO VIAL" manteniendo en lo posible el trazado existente, de manera que se tenga la menor o nula afectación a los predios aledaños o aquellos que puedan proyectarse afectarse por las intervenciones planeadas, donde preferentemente se escoja un solo costado de intervención.

Diseño Geométrico Vertical:

Se tendrá como criterio el de un "MEJORAMIENTO VIAL", el cual solo implica el ajuste de los lineamientos y curvas verticales, que definen cortes y rellenos necesarios.

Diseño Sección Transversal:

Los anchos de calzada del sector vial, responderá a los promedios de calzadas existentes en el tramo de la vía, del análisis de tránsito obtenido, de los perfiles típicos de obras existentes, de la presencia de obstáculos físicos inamovibles, justificando la propuesta con tablas de anchos predominantes referenciados. La selección de esta sección transversal típica se pondrá a consideración y aprobación por parte del Contratante, la interventoría y el ICCU, antes de iniciar el proceso de diseño y generación de planos, esto con el fin de evitar reprocesos.

El trazado será realizado con software de diseño que permite realizar la visualización de planta, perfil y sección transversal de forma simultánea, así como que cada modificación que se realice en alguno de estos elementos se actualice en los otros dos. El software permitirá realizar modelaciones 3D de forma rápida con el fin de verificar y validar los criterios planteados. Estas modelaciones serán presentadas y entregadas a la interventoría durante el proceso de diseño.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Seguridad Vial**

Se realizará el estudio de seguridad vial del sector vial, aplicando entre otros el concepto de Auditorías de Seguridad Vial para identificar riesgos, amenazas y vulnerabilidad de la operación futura de la vía en estudio.

El estudio de seguridad vial se realizará partir del análisis de la geometría existente de la vía en planta y perfil, como resultado del mismo se deben establecer acciones preventivas a implementar en el corredor.

El tramo vial de este estudio contempla vías bidireccionales, es decir de un carril por sentido, por lo que se debe tener especial cuidado en la operación de la misma. en terrenos de alta montaña, es posible que se presenten frecuentemente sitios de visibilidad reducida para maniobras de adelantamiento, bien sea por la presencia de curvas horizontales o verticales.

Por lo general la operación vial, en distintos momentos y sitios, puede generar accidentes. El objeto fundamental del Estudio de Seguridad Vial y Señalización es la prevención de la accidentalidad, que desde luego no depende exclusivamente de este aspecto. No obstante, la calidad y pertinencia técnica de la señalización en un proyecto vial, puede contribuir a la mitigación de los riesgos de accidentalidad y todas sus consecuencias para conductores, vehículos, peatones y para la sociedad en general.

El objetivo final de estudio de seguridad vial es verificar que el proyecto que se estudia pueda registrar en el futuro un incremento en los indicadores de seguridad para el tránsito.

**Señalización Vial**

A partir del estudio de seguridad vial, se realizará el estudio y diseño de la señalización tanto vertical como horizontal de la vía, de acuerdo con el Manual de Señalización Vial vigente a la fecha de elaboración de los estudios y diseños, tomando en cuenta, además, la geometría vertical y horizontal existente de la vía.

Durante las labores de levantamiento topográfico, se tendrá en cuenta las señales verticales existentes sobre la vía y el estado de las mismas, esto con el fin de que en el diseño de señalización se dé un concepto de mantener o retirar las mismas y evitar posible duplicidad e incoherencia.

Se presentará la ubicación de cada tipo de señal, mediante la utilización del abscisado correspondiente, indicando dimensiones y contenido; así mismo, se presentarán los cuadros resúmenes de las dimensiones de estas.

En aras de la seguridad, en la operación de la vía se realizará un pormenorizado estudio de balizamiento del sector para determinar las condiciones climáticas imperantes a lo largo del año, a fin de dotar de elementos reflectivos, como las tachas, las líneas centrales, las de borde de pavimento y de elementos reflectantes, los obstáculos que se puedan presentar como las columnas de los puentes o los cabezotes de alcantarillas, buscando en todo momento que la visibilidad de la vía sea perfecta para el conductor, aun cuando las condiciones atmosféricas sean adversas, o como lo establezca el manual vigente a la fecha de elaboración de los estudios y diseños.

El estudio de señalización definitiva se entregará el informe con las respectivas consideraciones y soportes para la determinación de diseño, y los planos con extensión .dwg en escala 1:1000 en planta y perfil. En estos planos de señalización se incluirá la información necesaria como es: la localización de accesos y salidas, la ubicación de sitios de interés como colegios, escuelas, puestos de salud y todos aquellos sitios que son sujetos de señalización, así mismo se deben ubicar los puentes vehiculares, los cabezotes de las alcantarillas, etc., así como todo objeto que sea susceptible de señalización para que el conductor pueda tener un tránsito seguro. Adicionalmente, la localización de la señalización vertical, horizontal y líneas de demarcación.

**Plan de Manejo de tránsito**

Se diseñará un Plan de Manejo de Tránsito mitigando el impacto de las medidas a implementar, este debe ser presentado a la Interventoría o supervisión, y a la autoridad de tránsito correspondiente para su aprobación.

Se debe tener en cuenta la circulación del tránsito actual en el tramo vial para elaborar un plan de manejo de tránsito vehicular y peatonal para el tramo afectado, que permita simultáneamente la rehabilitación de la vía y la estructura con la operación de esta.

Como resultado del diseño de la señalización de obra se deberán entregar adicional al documento los planos de señalización típicos para el manejo de tránsito y cuantificar los recursos que permitan mitigar el impacto de las obras en las condiciones de movilidad y desplazamiento.

Los detalles del Plan de Manejo de Tránsito (colombinas, cintas, señales, etc.) se deben presentar y evidenciar en los planos, permitiendo obtener el resumen de cantidades de obra siendo coincidente con las especificaciones de los detalles.

Para la realización del Plan de Manejo de Tránsito se seguirán las pautas indicadas en el Capítulo de Señalización de Obras del Manual de Señalización Vial vigente. Este aparte debe incluir las recomendaciones sobre el empleo de varios tipos de dispositivos utilizados para el control del tránsito durante la construcción, y las guías de uso, además de integrar las recomendaciones derivadas del estudio con el procedimiento constructivo.

De igual manera, se presentará un modelo del protocolo necesario para la capacitación de las personas encargadas de implementar el plan de manejo de tránsito, de tal manera que este personal desempeñe su papel con toda la idoneidad del caso a fin de evitar accidentes en la obra.

Finalmente, se presentará el estimativo de los costos que involucren el Plan de Manejo de Tránsito, de tal manera que la entidad contratante pueda asignar los recursos necesarios para este importante ítem de la seguridad vial.

Se deben contemplar los costos de personal, los costos de los elementos de señalización en etapa de construcción, tales como las señales verticales, la demarcación las colombinas, la cinta plástica, los conos, las flechas luminosas, los uniformes para el personal de control, así como los vehículos necesarios para el desplazamiento de las señales, los equipos de comunicación en fin todos los elementos que hagan falta para un adecuado manejo de tránsito. Además de determinar las condiciones de trabajo en caso de que se plantee la posibilidad durante la etapa constructiva de realizar trabajos nocturnos, en caso de que así se plantee durante la ejecución de la obra.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Por otra parte, si bien se pueden presentar planes de manejo de tránsito típicos para situaciones que se repiten a lo largo de las vías, es necesario para ciertas actividades específicas (puentes, intersecciones, tramos curvos, empalmes entre calzadas nuevas y existentes, entre otras) presentar un Plan de Manejo de Tránsito específico que muestre las condiciones particulares del sitio en el cual se va a construir la obra, siempre y cuando sean aplicables a los corredores del Alcance.

**Análisis BIM**

VOLUMEN II. ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA, TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO, SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL Y PLAN DE MANEJO DE TRANSITO.

Implementación de BIM:

- Se solicitará la topografía en todo caso en el sistema de referencia MAGNA SIRGAS de acuerdo con entidades reguladoras y zona del país en la que se desarrolle el proyecto, con una precisión del levantamiento en campo de al menos 0,001 m para diseño de detalle, resaltando la importancia de que el levantamiento topográfico efectivamente ocupe un ancho no menor a 30 m para generar un Modelo

Digital de Superficie apropiado. Se realizarán recorridos en sitios críticos, zonas especiales o si es posible, sobre el corredor completo. Las superficies y modelos deben ser transmitidos como un entregable.

- A partir de la información transmitida de la etapa de estudios y diseños, la información se gestionará por parte de la coordinación del Proyecto a través de un CDE, de tal manera que la parte contratante hace entrega de la información a la parte contratada principal.
- La señalización diseñada para la vía, en caso de existir, sea integrada al modelo del proyecto en su diseño geométrico que permitirá visualizar claramente dichas señales viales a lo largo del corredor.
- Se manejará en unidades estandarizadas de acuerdo al sistema internacional de unidades (SI).

**level of development (LOD) y level of information need (LOIN) para Proyecto de infraestructura vial**

Level of Development (LOD)

El LOD define el nivel de detalle y precisión con el que se desarrolla un modelo BIM en cada fase del proyecto. A medida que avanza el proyecto, el LOD aumenta, reflejando la evolución del diseño y la construcción de la infraestructura. Este nivel se refiere estrictamente a la geometría del modelo y su fiabilidad para ser utilizado en tareas como la planificación, construcción y operación. Los requerimientos a tener en cuenta en el desarrollo de los diseños serán los siguientes:

| Producto BIM | Fase del Proyecto | LOD | Descripción del LOD |
|---|---|---|---|
| Alineación Horizontal (Trazado de la vía) | Planificación / Diseño Preliminar | LOD 100 | Representación general de la alineación sin detalles precisos. Solo la ubicación aproximada del trazado de la vía. |
| | Diseño Detallado | LOD 300 | Representación precisa con coordenadas exactas, incluyendo curvas, cambios de alineación y detalles geográficos. |
| Alineación Vertical (Perfil Longitudinal) | Planificación / Diseño Preliminar | LOD 100 | Perfil general de la vía con una pendiente aproximada. Sin detalles de variaciones exactas de elevación. |
| | Diseño Detallado | LOD 300 | Perfil preciso con las pendientes exactas y detalles de la elevación de la vía en cada punto. |
| Secciones Transversales de la Vía | Diseño Preliminar | LOD 200 | Sección esquemática de la vía con información general sobre los elementos (pavimento, sub-base, drenaje). |

| Producto BIM | Fase del Proyecto | LOD | Descripción del LOD |
|---|---|---|---|
| | Diseño Detallado | LOD 300 | Sección transversal detallada con todos los elementos constructivos de la vía, incluidos materiales y espesores. |
| Señalización Vial | Diseño Preliminar | LOD 200 | Representación esquemática de la señalización vial. Sin detalles sobre dimensiones ni materiales. |
| | Diseño Detallado | LOD 300 | Señales detalladas con ubicación exacta, dimensiones, tipo de material y características técnicas. |
| | Construcción / Operación | LOD 500 | Modelo "as-built" con la señalización instalada y detalles de materiales, ubicación y métodos de instalación. |
| Secciones de Intersecciones | Diseño Preliminar | LOD 200 | Representación esquemática de la intersección, sin detalles geométricos ni especificaciones. |
| | Diseño Detallado | LOD 300 | Modelo detallado de la intersección, incluyendo geometrías, rampas y pavimento. |
| | Construcción / Operación | LOD 500 | Modelo "as-built" que refleja la intersección construida, con detalles finales y modificaciones realizadas. |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Level of Information Need (LOIN)

El LOIN describe el nivel de información adicional asociada a cada producto BIM, especificando la cantidad y tipo de datos requeridos en cada fase del proyecto. Los requerimientos a tener en cuenta en el desarrollo de los diseños serán los siguientes:

| Producto BIM | Fase del Proyecto | LOIN | Descripción del LOIN |
|---|---|---|---|
| Alineación Horizontal (Trazado de la vía) | Planificación / Diseño Preliminar | LOIN 1 | Información básica sobre la ubicación y el tipo de alineación, suficiente para la evaluación preliminar del proyecto. |

| Producto BIM | Fase del Proyecto | LOIN | Descripción del LOIN |
|---|---|---|---|
| | Diseño Detallado | LOIN 3 | Información detallada sobre el trazado, incluyendo coordenadas exactas, curvas y detalles geográficos. |
| Alineación Vertical (Perfil Longitudinal) | Planificación / Diseño Preliminar | LOIN 1 | Información básica sobre la pendiente y elevación general de la vía. |
| | Diseño Detallado | LOIN 3 | Detalles completos sobre el perfil longitudinal, incluyendo pendientes exactas y elevaciones de cada punto. |
| Secciones Transversales de la Vía | Diseño Preliminar | LOIN 2 | Información más detallada sobre las dimensiones y elementos generales de la sección transversal. |
| | Diseño Detallado | LOIN 3 | Información precisa sobre materiales, dimensiones exactas y capas del pavimento. |
| Señalización Vial | Diseño Preliminar | LOIN 2 | Información general sobre ubicación de señales, sin detalles sobre dimensiones ni materiales. |
| | Diseño Detallado | LOIN 3 | Información precisa sobre ubicación, dimensiones y materiales de las señales. |
| | Construcción / Operación | LOIN 4 | Señalización instalada, con detalles de mantenimiento y ubicación precisa. |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## PRODUCTOS A ENTREGAR

Conforme a lo establecido en el Anexo 1 – Anexo técnico de Consultoria, se entregará lo siguiente:

- Ubicación geográfica del tramo vial

Se presentará un plano en donde se muestre la ubicación del tramo vial respecto a la región y el contexto nacional, en Planchas de 1.0 X 0.7 m.

- Reducido del sector vial

Se presentará a escala 1:25.000 en los formatos planta- perfil y debe contener:

- Reducido de la Planta por cada sector vial
  - Distribución de planchas de localización de cada sector vial con su respectiva numeración.
  - Abscisado cada 100 m.
  - Referencia detallada de las abscisas de iniciación y terminación de cada sector vial.
  - El abscisado inicial corresponde al inicio de cada vía y no por sector vial.
  - Localización con sus respectivos nombres de ríos y quebradas de importancia.
  - Ubicación y nombre de accidentes geográficos, municipios y corregimientos que tengan comunicación en el tramo vial.
  - Orientación del proyecto (norte - sur)
  - Esquema de la sección transversal típica
  - Curvas de nivel
  - Ancho de calzada
  - Cuadro de convenciones
  - Escala gráfica
  - Grilla de coordenadas

Dado que el área de análisis puede variar, se definirá una escala de trabajo que permita visualizar los detalles analizados y podrá ser propuesto por la consultoría

- Reducido del Perfil
  - Perfil longitudinal del terreno
  - Localización de puentes, pontones, alcantarillas, muros y obras complementarias, etc.
  - Pendientes del sector vial
  - Abscisado cada 100 m.

Nota: Dado que el área de análisis puede variar, se definirá una escala de trabajo que permita visualizar los detalles analizados y podrá ser propuesto por la consultoría.

- Planos de diseño de cada sector vial

Se presentarán planos en los formatos planta- perfil o independiente planta y perfil de acuerdo a las condiciones topográficas.
Planta de cada sector vial Escala 1:1.000

- Eje del sector vial rotulado con abscisas cada 20m, líneas de marca cada 10m y abscisa de los puntos singulares.
- Borde de Ancho de calzada existente
- Borde de Ancho de zona
- Sección transversal típica

Se presentarán las secciones mixtas, en corte o lleno según sea el sector y deberá contener:

- Ancho de calzada.
- Pendientes transversales.
- Dimensiones de la cuneta.
- Taludes de Corte y Lleno.

- Cuadro de Especificaciones
- Tipo de tránsito (TL, TM, TP)
- TPD
- Índice de clasificación
- Velocidad de diseño
- Calzada
- Corona
- Pendiente Máxima y Mínima
- Radios mínimos
- Curvas verticales (longitud mínima)
- Distancia de velocidad de parada
- Distancia de velocidad de paso
- Ancho de estructura
- Gálibo

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- Ubicación de D-BMs y Cuadro de Coordenadas con cada uno de los vértices que aparecen en el plano
- Escalas gráficas
- Elementos de curvaturas del proyecto, incluye coordenadas de los PI
- Diagrama de peraltes.
- Localización de alcantarillas, cunetas, pontones, puentes y muros existentes y proyectados.
- Cunetas revestidas con indicaciones de su entrega y descole.
- Localización de filtros y entregas
- Zonas de inestabilidad geotécnica
- Abscisados cada 100 m., con indicación del km, dentro de un círculo.
- Nombres de los ríos y quebradas, indicando sentido de las aguas
- Nombres de propietarios

Dado que el área de análisis puede variar, se definirá una escala de trabajo que permita visualizar los detalles analizados y podrá ser propuesto por la consultoría

Perfil longitudinal de cada sector vial Escalas H 1:1.000 V 1:100

- Perfil de terreno existente por el eje y la media banca superior e inferior
- Proyecto de rasante con indicación de pendientes
- Elementos de curvas verticales (Abscisas, cotas de PIV, Longitud, K)
- Transición de peralte.
- Localización de sondeos y sus correspondientes perfiles estratigráficos.
- Localización de alcantarillas, cunetas, pontones puentes y muros existentes y proyectados.
  - Nombres de ríos y quebradas
  - Muros de contención

Secciones Transversales de cada sector vial

Las Secciones Transversales del estudio, se deben presentar en archivo gráfico y deben contener:

- Escalas horizontal y vertical 1:100m
- Se presentarán cada 10 metros
- Indicar en cada sección la abscisa, las cotas de rasante y del terreno natural, así como el área y volumen de corte y/o de terraplén de la sección y acumulado.

Planos de Señalización. Los planos de señalización del sector vial se deben presentar en archivo gráfico y deben contener escalas horizontal y vertical 1:1000 para corredores y 1:500 para intersecciones.

- Carteras y replanteo

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Carteras de Diseño de cada sector vial

- Cartera de Alineamiento Horizontal.
- Cartera de Alineamiento Vertical
- Cartera de Rasantes y peraltes (Eje: Abscisa y Cota – Borde Izquierdo: Peralte, Distancia y Cota - Borde Derecho: Peralte, Distancia y Cota).
- Replanteo de la totalidad de la sección transversal.
- Cartera de Chaflán
- Cartera de Movimiento de Tierras.
- Análisis de Movimiento de Tierras.
- Listado de Análisis de visibilidad.
- Fotogrametría: Ortofotos.
- Mapa y modelo tridimensional a partir del levantamiento de dron.
- Informe de plan de vuelo.

Los productos generados se presentarán por cada uno de los sectores viales en estudio.

Para la entrega final de la totalidad de los volúmenes, se entregarán por vía de cada lote sin ser agrupados como un único volumen, es decir, cada tramo vial, de cada lote, contará con los volúmenes de manera independiente.

Se realizará la entrega a la entidad de la totalidad de los archivos fuente donde se puedan revisar los cálculos, programaciones y modelaciones realizadas, con el fin de verificar en el formato fuente editable utilizado para la generación del volumen (memorias de cálculo, modelaciones, informes, planos, etc.).

## *ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA*

### GEORREFERENCIACIÓN GNSS

### Materialización de vértices GNSS

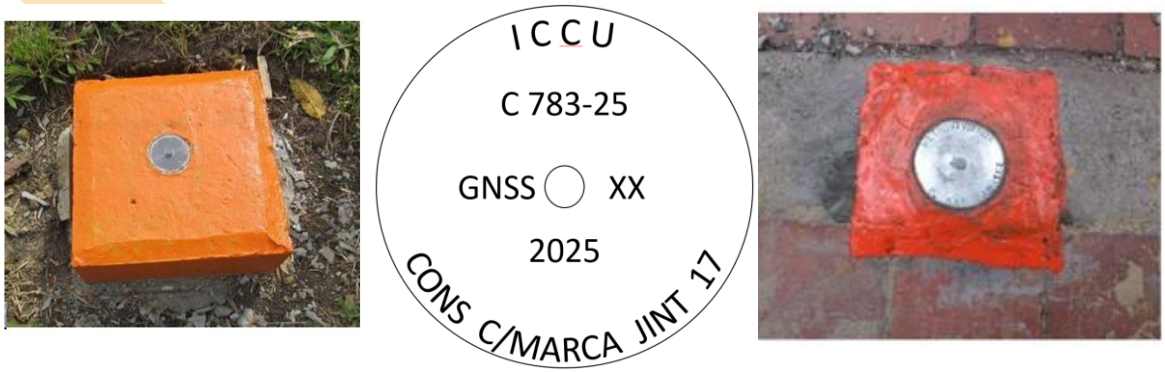
Se materializarán un par de mojones intervisibles (mojones GNSS. en cada uno de los sectores viales en estudio. En el caso de presentarse una distancia menor de 5 km entre dos sectores viales, contados desde la abscisa final del sector 1 y la abscisa inicial del sector 2, se realizará solamente el amojonamiento para el sector uno. La distancia entre los dos mojones GNSS no puede ser superior a 3km a lo largo de cada tramo vial; para el caso de distancias continuas mayores a 5 km se materializará un par de mojones al final de cada tramo o cada 10Km si la distancia es mayor a 10Km debidamente georreferenciados.

Los vértices GNSS se materializarán en placas de aluminio, marcadas con el nombre del consultor, numero de contrato, numero consecutivo del mojón, ICCU y el año, permitiendo la identificación del punto en campo, con una nomenclatura consecutiva, de acuerdo con los requerimientos de la entidad, incrustadas en un mojón en concreto de 30cm x 30cm, profundidad mínima de 60cm, sobresaliendo del terreno mínimo 20cm y serán fundidos en forma de pata de elefante, para zonas blandas y en zonas duras se realizará la incrustación de la placa.

A continuación, se presenta las características de las placas y su materialización:

- Centro punto guía para el centrado y armado instrumental
- Nombre de la entidad contratante
- Número del contrato
- Número consecutivo del mojón
- Año de levantamiento
- Nombre de la empresa consultora

Ilustración 9. Ejemplo Materialización de Vértices




Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17

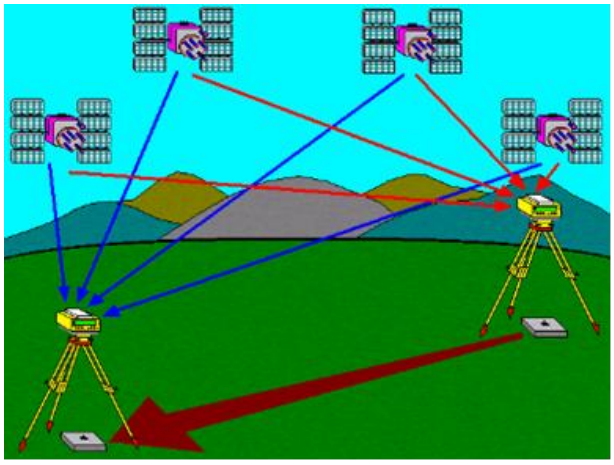
La materialización de vértices GNSS se realizará de acuerdo con lo indicado en el anexo técnico del contrato.

**Procesamiento de la Información o corrección diferencial**

Para realizar la georreferenciación de los proyectos, se aplica un procedimiento llamado posicionamiento relativo o diferencial por doble determinación, para lo cual se emplean los datos RINEX resultantes de dos bases certificadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC y adscritas a la red MAGNA ECO, por otro lado, el receptor o antena GNSS se instala en el sitio cuyas coordenadas se desea calcular.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Ilustración 10. Corrección Diferencial



Fuente: IGAC

Los archivos de los receptores son almacenados en la memoria interna de los mismos y posteriormente, con el programa de post proceso se introducen las coordenadas de la base certificada a los archivos rinex. A partir de las observaciones realizadas en este sitio, el programa calcula una serie de parámetros denominados

"corrección diferencial por doble determinación", que se aplican a las observaciones realizadas con el receptor mejorando así la precisión de las coordenadas.
Para realizar el posicionamiento por medio de GNSS se tendrán en cuenta los siguientes requerimientos:

- Máscara de elevación de al menos 30 grados sobre el horizonte.
- Efemérides precisas
- Componente geométrico de la dilución de precisión PDOP < 4
- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 4
- Recolectar datos para tres dimensiones.
- La antena estará nivelada y centrada sobre el punto, verificando antes y después de cada observación.
- La altura del centro de fase de la antena con respecto al mojón se medirá antes y después de cada sesión.
- Tiempo mínimo de recolección de datos: La sesión de posicionamiento se establece conforme a la resolución IGAC 643 de 2018, t=65 min + (3min x (d-10)) donde t = tiempo de rastreo y d = distancia en kilómetros.
- Duración de épocas a captar: ente 1 y 15 segundos máximo.
- Se realizarán triangulaciones amarrando la pareja de vértices con las bases utilizadas, siendo estas la base del IGAC, las de la EAAB u otras de rastreo permanente.
- Se elaborará un diagrama de obstáculos para cada vértice posicionado

**Sistema de referencia**

Para el proyecto se materializarán y georreferenciaran placas en cada tramo, las cuales conforman el marco de referencia, la época de referencia es la 2018.0, determinado mediante el ajuste por velocidades geodinámicas del modelo vemos 2017, cada una de las placas serán niveladas y contra niveladas, obteniendo así una cota geométrica de precisión, siguiendo lo establecido en el anexo técnico.

El sistema de proyección que se utilizará para el proyecto es el Origen Único Nacional. Este origen es una proyección cilíndrica transversa, en donde el eje del cilindro yace en el plano generado por el paralelo de referencia y la línea de tangencia está alineada con el meridiano central. La proyección denominada Origen Único Nacional utiliza una única banda de longitud de 12°, que se extiende 6° al este y al oeste del meridiano central. El Origen único Nacional es una proyección conforme con factor de escala constante para el meridiano central. El ámbito de aplicación sugerido para la proyección se concentra en la totalidad de la parte continental del territorio nacional.
A continuación, se presenta los parámetros de la proyección:

Nombre proyección: **ORIGEN ÚNICO NACIONAL**
Latitud = 4° N
Longitud = 73° W
Falso Norte =2000000
Falso Este = 5000000

Factor de Escala = 0.9992
Plano de proyección: 0 m

**Procedimiento de campo.**

El procedimiento en campo inicia con la instalación del equipo sobre cada uno de los puntos programados verificando: el estado de la batería, calidad de la señal y almacenamiento correcto de los datos; posteriormente se llena la planilla correspondiente para este tipo de levantamientos, en la cual quedan registrados los datos relacionados a la sesión como lo son: tiempo de rastreo, tipo de equipo y de antena utilizada, altura y tipo medida, operador y demás datos que serán verificados en el post procesamiento.

Ilustración 11. *Posicionamiento GNSS*



Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17

Dentro de la misma planilla de campo se registra la posición de referencia, se realiza el croquis de acceso y la descripción del punto, para su posterior localización.

**Tiempo de posicionamiento**

La sesión de posicionamiento se establece con un tiempo mínimo de acuerdo con la distancia entre las bases y el punto a georreferenciar, conforme a la resolución IGAC 643 de 2018, t=65 min + (3min x (d-10)) donde t = tiempo de rastreo y d = distancia en kilómetros.

**Mascara de elevación**

La ubicación de los puntos GNSS se realiza en zonas seguras, teniendo en cuenta que no se afecte el transito normal de las vías alternas y que garanticen una máscara de despeje de máximo 30°.

**Dilución geométrica de la precisión. (GDOP)**

Cuando se realiza posicionamiento por satélite se tendrá en cuenta la disposición geométrica de los satélites (GDOP) durante el periodo de observación. La calidad se establece a partir de un GDOP inferior a 4.

**Descripción técnica de los equipos.**

Los vértices se georreferenciarán por el método de posicionamiento GNSS estático diferencial a partir de los puntos utilizados como base, utilizando equipos GNSS CHCNAV.

**Productos GNSS**

- Archivos crudos GNSS en formato original de los puntos posicionados
- Archivos en formato RINEX de los puntos georreferenciados y de la base empleada para el amarre.
- Efemérides precisas empleadas.
- Informe del post proceso GNSS en formato PDF y Word
- Reportes de ajuste de red
- Formatos de resumen de ocupación GNSS.
- Formatos descripción de vértices
- Resumen de las coordenadas finales de los vértices posicionados
- Se garantizará una precisión absoluta de la posición ≤ 0.02m.

**AMARRE HORIZONTAL**

A partir de los mojones GNSS materializados y posicionados se establecerá una poligonal que inicie en cada pareja de GNSS y cierre en la siguiente pareja. La poligonal realizada tendrá una precisión de cierre de mínimo 1:25.000.

Los vértices principales de la poligonal serán materializados en concreto con una distancia promedio de 250m y cada 2 Km cuando se tenga distancias continuas superiores a 5 Km, se ubicarán en lugares donde no sean afectados por la realización de las obras y en donde puedan perdurar la mayor cantidad de tiempo. Estos también podrán ser ubicados en zonas duras como muros, cabezotes, puentes, andenes, entre otros, que garanticen condiciones de estabilidad.

Los mojones materializados cada 250m y cada 2 Km cumplirán doble función para el amarre horizontal y el amarre vertical por lo que se denominarán Deltas-BMs y deberán estar numerados consecutivamente de acuerdo a la poligonal y se identificarán como D-BM-#. Se a Los vértices principales de la poligonal deberán ser materializados en concreto con una distancia promedio de 250m y cada 2 Km cuando se tenga distancias continuas superiores a 5 Km, se ubicarán en lugares donde no sean afectados por la realización de las obras y en donde puedan perdurar la mayor cantidad de tiempo. Estos también podrán ser ubicados en zonas duras como muros, cabezotes, puentes, andenes, entre otros, que garanticen condiciones de estabilidad.

Los mojones materializados cada 250m y cada 2 Km cumplirán doble función para el amarre horizontal y el amarre vertical por lo que se denominarán Deltas-BMs y deberán estar numerados consecutivamente de acuerdo a la poligonal y se identificarán como D-BM-#. Se materializarán de 10cmx10cm y profundidad de 30 cm con su respectiva placa de numeración o cilindros de concreto en el cual se anclará arandela y clavo debidamente marcada y referenciada.

**Poligonal RTK (Real Time Kinematic)**

Se realizará la determinación de poligonales usando equipos GNSS RTK, cumpliendo lo siguiente:

a. La poligonal base será determinada desde vértices GNSS georreferenciados cada 3 kms.

b. Los vértices definidos como deltas se materializarán con mojones definidos en el aparte anterior en garantizando la intervisibilidad con el punto anterior y con el punto siguiente, garantizando así, que sean puntos que se puedan utilizar con estación total.

c. La antena base deberá estar nivelada y centrada con trípode sobre el punto GNSS. La antena Rover se posicionará sobre los puntos a determinar con ayuda de bípodes o trípodes para garantizar su precisión.

d. Los equipos GNSS RTK permiten establecer tres tipos de solución: fijo, flotante y autónomo; cada una de estas soluciones determina un grado de precisión distinto y es ajustable por el usuario; para la determinación de las poligonales se aceptará únicamente la solución FIJO, que se establecerá en un (1) cm para la precisión horizontal y dos (2) cm para la precisión vertical; solamente cuando el equipo indique que se estableció este tipo de solución el punto podrá ser almacenado.

e. La poligonal base partirá de un punto de la primera pareja de vértices GNSS en el inicio del tramo, donde se instalará el equipo base y con el equipo Rover se determinarán los deltas de poligonal hasta la siguiente pareja o hasta donde la comunicación con la base lo permita; luego se armará el equipo base en la siguiente pareja de puntos GNSS y se determinarán los deltas restantes de la poligonal. En el proceso de determinación de las coordenadas y cotas de cada poligonal, se deben definir 2 vértices en común, levantados desde las 2 bases, para compararlos y establecer las diferencias en coordenadas y cotas. Las diferencias obtenidas deben ser de máximo 4 cm y se suministrara cuadro comparativo de los deltas levantados desde las 2 bases.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Ilustración 12. *Poligonal RTK*



Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17

## AMARRE VERTICAL

### Nivelación Geométrica

La poligonal realizada anteriormente será nivelada y contra nivelada utilizando como bases los D-BMs para hacer los cierres parciales.

Para hacer el amarre vertical se determinarán los NPs del IGAC disponibles a lo largo del proyecto y a partir de estos se establecerá la metodología para corregir el error vertical de las nivelaciones.

De no existir NPs o ser escasos se podrá trasladar cotas a todos los GNSS mediante el modelo geoidal GEOCOL 2004 e ir ajustando la nivelación entre GNSS que cumplan con el error de cierre de un (1) centímetro por kilómetro o ir descartándolos hasta el siguiente que cumpla.

Se realizará el traslado de nivelación geométrica a todo el trazado, instalando cambios máximos cada 100 metros y realizando circuitos cerrados de nivelación, obteniendo cierres menores de $0.008\sqrt{K}$ en cada circuito, el equipo empleado para toma de datos de nivelación será Nivel de Precisión Topcon AT-B4. Todos los puntos y cambios serán nivelados y contra nivelados.

Ilustración 13. Nivelación geométrica de precisión



Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17

Con la determinación de las poligonales, se calcularán cotas ortométricas (RTK) que para efectos de control de calidad se compararán con las cotas geométricas y se presentará cuadro de resultados.

## LEVANTAMIENTO CONVENCIONAL

Los levantamientos topográficos se realizarán de acuerdo con la metodología convencional y aérea que se requiera para garantizar la toma de la totalidad del área necesaria para los análisis proyectados.

**Levantamiento Topográfico por Sistema GNSS en Tiempo Real RTK (REAL TIME KINEMATIC).**

El levantamiento topográfico se realizará con RTK, método convencional que nos permite realizar la toma de información por medio de tecnología GNSS; Se emplearán los puntos GNSS o vértices de poligonal como puntos base para los levantamientos previamente posicionados, georreferenciados y nivelados.

La técnica de posicionamiento RTK se basa en la solución de la portadora de las señales transmitidas por los sistemas globales de navegación por satélites GNSS, Glonass y Galileo. Una estación de referencia provee correcciones instantáneas para estaciones móviles, lo que hace que con la precisión obtenida se llegue al nivel milimétrico.

La estación base retransmite la fase de la portadora que midió, y las unidades móviles comparan sus propias medidas de la fase con la recibida de la estación de referencia. Esto permite que las estaciones móviles calculen sus posiciones relativas con precisión milimétrica, al mismo tiempo en que sus posiciones relativas absolutas son relacionadas con las coordenadas de la estación base.

Ilustración 14. Levantamiento RTK



Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17

Esta técnica exige la disponibilidad de por lo menos una estación de referencia, con las coordenadas conocidas y está dotada de un receptor GNSS y un módem de radiotransmisor. La estación genera y transmite las

correcciones diferenciales para las estaciones, que usan los datos para determinar con precisión sus posiciones.

El formato de las correcciones diferenciales es definido por la Radio Technical Comittee for Maritime Service (RTCM). Los radiotransmisores operan en las fajas de frecuencia VHF/UHF, y la observación fundamental usada en el RTK es la medida de la fase portadora.

En el caso del uso del módem de radio, la técnica RTK se restringe a líneas de base cortas (hasta 10 km), debido al alcance limitado del UHF, y también porque la determinación de la posición con esta técnica emplea apenas la solución de la portadora L1, aunque la portadora L2 esté presente para la resolución de las ambigüedades.

Una vez que el receptor de referencia se ha instalado y está transmitiendo datos mediante el radio enlace, se puede activar el receptor móvil. Cuando está rastreando satélites y recibiendo datos de la referencia, puede empezar con el proceso de inicio. Esto es similar al proceso de inicio realizado en un levantamiento cinemático OTF con postproceso, la diferencia principal es que el proceso se realiza en tiempo real. Una vez que se ha completado el inicio, las ambigüedades son resueltas y el móvil, puede registrar puntos y sus coordenadas. En este punto, las precisiones de las líneas base serán del orden de 10 mm.

Es importante mantener contacto con el receptor de referencia, de otra manera el móvil puede perder la ambigüedad. Si esto sucede la posición calculada es mucho menos precisa.

Finalmente, la información obtenida es reprocesada en oficina, mejorando las condiciones planimetrías y altimétricas con base en el ajuste posicional obtenido en el postprocesamiento GNSS de los puntos de control y la nivelación geométrica. Asimismo, cada base de referencia utilizada por el receptor móvil, se le reemplazaran las coordenadas navegadas obtenidas en el posicionamiento de la base estática, cambiando su posición en norte, este y la cota geométrica, obteniendo la nube de puntos ajustada y amarrada a los puntos de control horizontal y vertical de cada uno de los proyectos.

**levantamiento Lidar aéreo + fotogramétrico**

El Lídar aéreo es un sistema que permite obtener una nube de puntos del terreno tomándolos mediante un escáner láser aerotransportado (ALS). Para realizar este escaneado se combinan dos movimientos. Uno longitudinal dado por la trayectoria del dron y otro transversal mediante un espejo móvil que desvía el haz de luz láser emitido por el escáner. Para conocer las coordenadas de la nube de puntos se necesita la posición del sensor y el ángulo del espejo en cada momento. Para ello el sistema se apoya en un sistema GPS diferencial y un sensor inercial de navegación (INS). Conocidos estos datos y la distancia sensor-terreno obtenida con el distanciómetro obtenemos las coordenadas buscadas (precisión en posición 0.02m).

Consiste en emplear un sensor Lidar especialmente diseñado para operar en modo aéreo móvil, mediante la adquisición masiva de datos, utilizando pulsos laser a lo largo de las zonas a levantar, donde se obtienen nubes de puntos densas.

Lidar es una tecnología de adquisición de información topográfica por medio de un sensor activo que en este caso es un Laser. Debe su nombre a un acrónimo del inglés Light Detection and Ranging (LIDAR) y permite obtener información topográfica detallada de forma rápida y precisa. Rendimiento de 360 grados móviles, lo que implica que tenga una nube de puntos bastante densa y que parezca una fotografía tridimensional de la zona o como si se hubiera escaneado el corredor.

Para su análisis, se utilizará tecnología LIDAR, permitiendo la generación de un modelo digital de alta resolución que garantice una representación precisa del relieve, los obstáculos y los elementos naturales o artificiales presentes en estas áreas, para lo cual se iluminarán los vértices de la poligonal como puntos de fotocontrol para control de calidad y ajuste de los vuelos.

Ilustración 15. Iluminación puntos de la poligonal fotocontrol



Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17

La elevada densidad de puntos obtenida con LIDAR facilitará la identificación precisa de posibles interferencias con las trayectorias de vuelo y contribuirá al análisis del cumplimiento normativo.

Se propone realizar sobrevuelos con sensor LiDAR a bordo de un Dron Matrice 300 RTK, capturando nube de puntos con mínimo 15 puntos/m2 usando tecnología PPK para la corrección. A partir de esta información, se generará y clasificará la nube de puntos, se obtendrá el DTM, curvas de nivel cada 50cm, y ortofoto de mínimo 5cm de resolución espacial.

Se usan equipos GNSS L1 L2 y Sensores de última tecnología, con especificaciones técnicas con capacidad de obtener un producto de alta calidad.

Ilustración 16. Equipo tecnológico Lidar



Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17

## PRODUCTOS

### TRABAJOS DE OFICINA

Las actividades de procesamiento de la información se realizarán posterior al registro y recopilación de las labores de campo, el cálculo y procesamiento de los insumos colectados en campo permitirán construir y presentar memorias de cálculo, informes y salidas gráficas de acuerdo con el objeto del estudio topográfico.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Post proceso de rastreo GNSS y cálculo de coordenadas**

- Descarga de archivos crudos de rastreo.
- Verificación de semana y día GNSS, según fecha de ocupación de los vértices.
- Descarga de datos RINEX de estaciones de rastreo continúo del IGAC.
- Descarga de coordenadas semanales y efemérides precisas.
- Importación y post proceso de rastreo GNSS en software especializado.
- Generación de reportes de coordenadas (Geográficas, Geocéntricas, Planas Cartesianas).
- Conversión de coordenadas en Magna sirgas.
- Traslado de época 2018.0 o la época oficial vigente actualizada en su momento por la autoridad geodésica oficial, en coordenadas origen único nacional
- Formatos descripción de vértices
- Esquemas GNSS.

**Cálculo y procesamiento de poligonal trazada**

- Descarga de datos crudos de equipos GNSS-RTK.
- Postproceso de coordenadas de los D-BMs
- Cálculo de coordenadas, error de cierre y precisión.

- Esquema de poligonal

**Cálculo y procesamiento de nivelación geométrica**

- Revisión carteras de campo de nivelación.
- Registro de información en formato digital para cálculo.
- Cálculo de información por diferencia de alturas entre nivelación y contra nivelación.
- Determinación de precisión, ajuste de nivelación geométrica y esquemas.

**Cálculo y procesamiento de datos crudos de levantamiento**

- Descarga archivos crudos de RTK.
- Verificación de numeración consecutiva, detalles.
- Cálculo de archivos crudos con coordenadas (E, N, Cota,) ajustadas en poligonal.
- Generación de archivo compilado en formato accesible (.csv, .txt)

**Procedimientos datos Lidar + fotogramétrico**

- En software especializado, se realiza el cálculo y ajuste de la información de posición obtenida por el sistema GNSS e IMU que se encuentra en el equipo de rastreo, este equipo le permite a la estación ubicarse geográficamente en el recorrido realizado.

- El primer paso desarrollado en el software especializado busca minimizar la desviación estándar de los datos.

- Se realiza la Importación de los datos obtenidos por los GNSS recopilados durante el recorrido, estos datos se encuentran en Formato RINEX.

- Luego es necesario descargar las efemérides de las estaciones utilizadas. Se utiliza la herramienta adecuada, la cual permite procesar la estación seleccionada.

- A continuación, se realiza el procesamiento de la información obtenida de la Ruta de los datos GNSS del recorrido. Haciendo uso de la herramienta GNSS Procesador Inercial detectando la estación utilizada y teniendo como requisito los pasos anteriormente referidos.

- Una vez es realizado el postproceso de los datos, mediante el uso del software de edición, se identifica en la nube de puntos los elementos de control topográfico GNSS y D-BMs; este se encarga de ajustar y re computar la nube de puntos a las coordenadas finales del proyecto.

- Luego de realizar todos los procesos anteriores se creará el Modelo Digital de Terreno (MDT).

- Se tendrá en cuenta todos los entregables establecidos en el anexo técnico del contrato.

**Dibujo de los detalles de levantamiento topográfico**

- Carga de archivo compilado para generación de nube de puntos convencional o Lidar de acuerdo con las necesidades de cada proyecto.
- Listado de códigos
- Listado de puntos capturados desde cada delta.
- Dibujo e interpretación de levantamiento topográfico. Vectorización 3d poly.
- Generación de salida gráfica y elementos complementarios.
- Elaboración de modelos digitales de terreno según tecnología utilizada.
- Elaboración de planos topográficos debidamente firmados.
- Elaboración de ortofoto
- Curvas de nivel
- Detalles del tramo vial de acuerdo con las necesidades de cada proyecto y lo indicado por supervisión.
- Se entregará lo indicado en el Anexo técnico del contrato.

**Planos y salidas Graficas.**

- Bloques
- Nube de puntos 3d .las (cruda y clasificada), dwg y demás formatos.
- MDT: modelo digital de terreno
- Planos con curvas de nivel, convenciones y otros.
- Se entregará todo lo indicado en el Anexo técnico del contrato.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

El trabajo de oficina se realizará paralelo a las labores de campo, estableciendo un control diario de calidad a la información recolectada.

**Informe General**

- Introducción
- Antecedentes y justificación
- Objetivos
- Localización
- Descripción y alcance
- Equipos y accesorios utilizados
- Personal involucrado en el estudio topográfico (Nombre y matricula profesional vigente).
- Metodología empleada en cada procedimiento (campo y oficina)
- Resumen de los datos obtenidos por cada subproducto y producto en términos de precisión y resultados, incluyendo los siguientes datos:
    - Materialización de placas (tipo de materialización, dimensiones, material placa,texto placa, foto placa, distancia entre pares y entre parejas)
    - Procedimiento de posicionamiento GNSS y de puntos de control, coordenadas finales obtenidas, precisión de cada punto expresada en metros

- Tipo de poligonal o marco de referencia, longitud, coordenadas finales de los vértices de control, precisión obtenida
- Punto amarre nivelación, tipo de cota vértice de amarre, tipo de nivelación realizada, longitud de los circuitos, cotas geométricas de los vértices y deltas del proyecto, errores obtenidos

- Conclusiones y recomendaciones.

## PERSONAL

El trabajo será ejecutado por un equipo de personal profesional y técnico debidamente registrados ante el consejo Profesional Nacional de Topografía y el Copnia, con amplia experiencia en este tipo de proyectos, quienes contaran con personal idóneo y equipos debidamente calibrados para garantizar la precisión del trabajo.

Todo el personal se encontrará debidamente afiliado al sistema general de seguridad social y parafiscales EPS, ARL, AFP y CCF y contará con los elementos de protección personal.

Se contará con el número de comisiones necesarias para ejecutar los estudios topográficos de manera simultánea, cumpliendo así, el plazo de ejecución solicitado.

## EQUIPOS Y ELEMENTOS

Todos los equipos que se utilizaran en el proyecto se encuentran debidamente patronados y cuentan con el respectivo certificado de calibración. El equipo requerido por la comisión en campo es el siguiente:

- Equipos GNSS RTK (tiempo real) doble frecuencia CHCNAV (Ibase e i73+)
- Estación Total electrónica topcon ES-103
- Nivel de Precisión Topcon AT-B4
- Dron DJI Enterprise Matrice 300 RTK
- LiDAR+RGB SYSTEM CHCNAV AA9
- Radios de onda corta
- Accesorios y elementos complementarios
- Elementos de protección personal
- Elementos de señalización
- Vehículos 4*4

El equipo de oficina será el siguiente

- Equipos de cómputo tipo Workstation, doble y simple procesador Intel Xeon, RAM 16 GB
- Computador portátil. (Procesamiento Inicial)
- Software de post proceso CHCNAV

- Software CAD
- Software especializado procesamiento Lidar fotogramétrico

## VOLUMEN III. GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA. ANÁLISIS DE HIDROGEOLOGÍA

### METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se plantea el siguiente esquema metodológico, de manera que se alcancen los objetivos y contenidos del estudio de geología, dentro del volumen de geología para ingeniería, de acuerdo con los términos de referencia para los estudios y diseños, correspondientes al Anexo 1 -Anexo técnico ICCU-CM-017-2025.

Como referentes metodológicos se cuenta con los siguientes documentos:

- Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia, CARVAJAL, 2012.
- Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, SGC, 2017.
- Guía de lineamientos técnicos y metodológicos para la incorporación del Concepto de Corredor Geotécnico (CG) en los proyectos de Infraestructura Vial, MINTRANSPORTE-INVIAS, 2025.
- Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía de geología para ingeniería para la zonificación geomecánica, Volumen INGEOMINAS, 2004.
- Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geomorfológica para la zonificación geomecánica, Volumen II INGEOMINAS, 2004.
- Propuesta metodológica para el desarrollo de una zonificación geotécnica para cartografía de zonificación geomecánica, Volumen III.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

### VOLUMEN DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA

Para la elaboración de los volúmenes de Geología para los 6 corredores viales que conforman el grupo de vías del Lote 1, se plantea desarrollar la siguiente metodología, la cual se desarrolla desde lo regional a lo local:

- Definición de los objetivos y alcances, aspectos generales del área de estudio y la metodología para adelantar el volumen de geología y el plan de campo, así como el cronograma para adelantar los estudios.

- Estudio de antecedentes: Recopilación, revisión y análisis de la información disponible del área de estudio, como la cartografía temática (SGC-geología y geomorfología regional), factores de riesgo sísmico y volcánico (SCG) y de procesos de remoción en masa (SIMMA-SGC, UNGRD, CDGRD), y modelo hidrogeológico (SGC); fotografías aéreas y cartografía publicada por el IGAC, especialmente los planos 1:10.000, los cuales se encuentran en diferentes años; imágenes disponibles, estudios de la CAR, la Gobernación de Cundinamarca, el INVIAS, y por los municipios en el área de influencia del corredor vial. La información y los resultados se plasmarán en el respectivo capítulo del informe de geología. La información será recopilada y analizada por el geólogo de apoyo, con supervisión del geólogo principal.

- Modelos geológico y geomorfológico regional de los corredores viales, a partir de la cartografía temática publicada por el SGC. Los mapas y memoria serán elaborados por el geólogo de apoyo.

- Estudios de campo: Reconocimiento de los corredores viales, adelantada por el geólogo principal. En el siguiente numeral se detallarán las actividades a desarrollar.

- Fotointerpretación y análisis de imágenes: A partir del reconocimiento de las vías y laderas aledañas, con la definición de sitios críticos o zonas potencialmente inestables, así como ponteaderos y sitios de obras especiales, se adelantará la fotointerpretación sobre los pares aerofotográficos disponibles para el área de estudio, en el IGAC, así como imágenes de sensores remotos, de tal forma que se caractericen, en el contexto regional, las observaciones del reconocimiento de campo. Desde este análisis se delimitan los CG, extendiendo el corredor vial en la franja de vertiente con influencia en la estabilidad tanto de la banca, como en sitios especiales, como puentes importantes, sitios críticos y zonas potencialmente inestables. Eventualmente se puede plantear la pertinencia de adelantar análisis multitemporal en zonas donde se aprecie recurrencia histórica de procesos de inestabilidad, así como ponteaderos importantes. Esta actividad está sujeto a la disponibilidad, en el registro histórico, de imágenes con adecuada escala y/o resolución, cartografía, publicaciones y la evaluación elaborada por los presentes estudios. La fotointerpretación será elaborada por el geólogo principal.

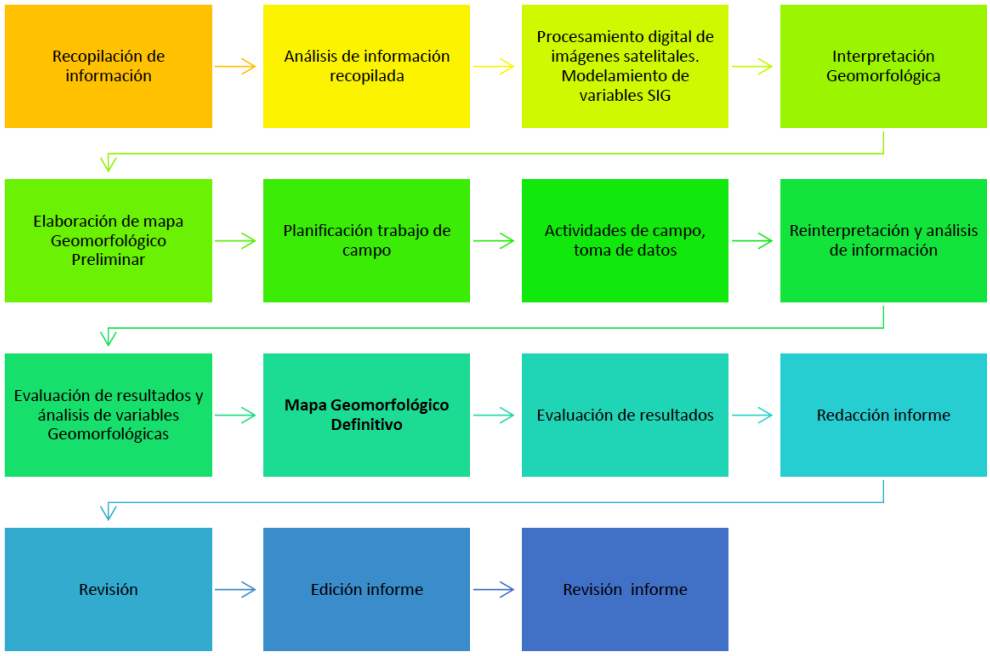
- Elaboración del informe y cartografía temática: Se plasma en el informe final los resultados de las fases previas del estudio, y el análisis de toda la información, construyendo el capítulo de geología para ingeniería, en el que se diferenciaran los sectores con comportamiento geotécnico homogéneo, la caracterización de los sitios críticos y potencialmente inestables, el detalle en ponteaderos, definiendo amenazas por susceptibilidad en las márgenes y cauces, y caracterización de las fuentes de materiales identificadas en la zona, así como sitios adecuados para la disposición de materiales sobrantes (ZODMES). El informe será elaborado por los dos geólogos.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- Elaboración de los planos de unidades de geología para ingeniería (UGI) y de elementos geomorfológicos (EGMF) a la escala del levantamiento topográfico de los CV (1:2.000), con la definición de unidades de materiales superficiales: roca y suelo, elementos geomorfológicos y los rasgos morfodinámicos diferenciados, tanto en campo como en los análisis de imágenes y planos (activos, recientes, antiguos, relictos), definiendo zonas de comportamiento geotécnico homogéneo, con secciones transversales representativas, especialmente en los sitios inestables y potencialmente inestables determinados, así como ponteaderos. Se plantea el modelo hidrogeológico conceptual de los corredores viales analizados.

- Para la elaboración de la cartografía geomorfológica se seguirá el el esquema metodológico planteado por Carvajal, 2012, el cual compendia los esquemas seguidos en Colombia. en la Ilustración 17 se esquemtatiza secuencialmente esta metodología:

Ilustración 17 Esquema metodológico secuencial (Carvajal, 2012).




Fuente: Adaptado de Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia (Carvajal, 2012) en Consorcio Río Garagoa, 2016.

- La cartografía temática será digitalizada sobre la base topográfica detallada levantada para la vía, adelantada con el sistema de coordenadas oficial MAGNA-SIRGAS, que incluye el uso de una proyección pertinente, como la Gauss-Krüger. La plantilla de los diferentes planos, estará acorde con los lineamientos establecidos para la topografía en los términos de referencia para los estudios, con leyendas particulares claras, acordes con los lineamientos de las guías metodológicas del SGC. La cartografía será elaborada por el geólogo principal, digitalizada por el geólogo de apoyo.

- Finalmente se redacta el capítulo de conclusiones y recomendaciones, plasmando las características geológicas y geomorfológicas del corredor de estudio, así como los comportamientos geotécnicos previsibles, y las recomendaciones para el manejo de taludes y sitios de obras especiales.

**PLAN DE CAMPO**

Se realizará el reconocimiento de los corredores viales, identificando las rocas y suelos aflorantes, rasgos estructurales, como fallas, buzamiento y diaclasas, el relieve y los procesos morfodinámicos que lo modelan actualmente, así como eventos antiguos y potenciales. Se definen los sitios inestables y potencialmente inestables, las características en las márgenes y cauces aferentes en los sitios de ponteadero, y de las obras especiales que se identifiquen.

La actividad se adelanta por parte del geólogo principal, en vehículo con conductor. Los equipos utilizados son:

- Martillo de geología
- Brújula

- GPS
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo y formatos de levantamiento de información
- Tabla Munsell digital (pdf)

En el recorrido de los corredores se adelantarán estaciones de campo, en puntos de buenas exposiciones de material y zonas de interés, como sitios inestables y potencialmente inestables, ponteaderos y sitios de obras especiales, describiendo las características geológicas identificables como la estratigrafía, rasgos estructurales (buzamiento, diaclasas – con levantamiento de estación estructural si lo amerita), geomorfología: relieve y morfodinámica, georreferenciando las estaciones de campo y toma del registro fotográfico (eventualmente con toma de imágenes con dron en sitios críticos). Se definen las zonas de comportamiento homogéneo para geotecnia e ingeniería, valorando en el terreno la estabilidad de taludes en corte y relleno proyectados, así como las características y prestaciones de las fuentes de materiales disponibles en la zona de influencia del proyecto. Se identifican sitios para ZODMES, describiéndolos, georreferenciándolos y toma de registro fotográfico.

Para los levantamientos en macizos rocosos se tiene como guía los procedimientos de la ISRM, 1981, adelantando análisis cinemático en zonas donde los macizos rocosos evidencien falla por la interacción de planos, en zonas donde se prevean cortes.

Para el levantamiento de los perfiles de rocas y suelo, se diferenciará como primera medida el substrato, que puede ser roca o depósito, definiendo el perfil residual que se pueda desarrollar, según sistemas de clasificación convencionales, como Dearman, Deere y Patton o ISRM (ver Ilustración 18 e Ilustración 19).

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Ilustración 18 Comparación de perfiles de meteorización del macizo rocoso según Deere y Patton (1971), Dearman (1974, 1991), Forero et. al. (1999). Tomado de SGC S.G., 2017.

<table>
<tr><th rowspan="2">DEERE Y PATTON (1971) (TODAS LAS ROCAS) ZONA</th><th colspan="3">DEARMAN (1974-1991) (TODAS LAS ROCAS)</th><th colspan="2" rowspan="2">FORERO ET AL. (1999) (TODAS LAS ROCAS)</th><th rowspan="2">DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CAMPO</th></tr>
<tr><th>ZONA</th><th>GRADO</th><th>UNIDAD</th></tr>
<tr><td rowspan="5">I -SUELO RESIDUAL</td><td>IA.<br>HORIZONTE A<br>(Capa vegetal)</td><td rowspan="2">SUELO RESIDUAL<br>(Sr)</td><td rowspan="2">VI</td><td rowspan="3">SUELO</td><td>SUELO</td><td>SUELO RESIDUAL TROPICAL (SUELO IN SITU) >50% Suelo</td><td>• Las capas superiores, ricas en materia orgánica, contienen humus y restos de raíces de plantas; generalmente de color gris oscuro.<br>• Todo el material rocoso es convertido a suelo.<br>• La macro fábrica y la estructura original es destruida. Característicamente arcillo-limoso. Suelo sin estructuras heredadas.</td></tr>
<tr><td>IB.<br>HORIZONTE B</td><td>SAPROLITO FINO</td><td rowspan="2">SAPROLITO</td><td>• Roca decolorada pasando generalmente a colores variados.<br>• Macizo rocoso completamente descompuesto y/o desintegrado a suelo, pero aun conservando algo de la macro fábrica original.<br>• Las estructuras heredadas (planos de estratificación, foliación, diaclasas y fallas) se conservan.<br>• Presencia de fragmentos rocosos entre 10 y 35%, fácilmente excavable y desmenuzable, aun sin ayuda del martillo. Ocasionalmente pueden recobrarse núcleos. Suelos con estructuras heredadas.</td></tr>
<tr><td>IC.<br>HORIZONTE C<br>(SAPROFITO) (Roca descompuesta)</td><td>ROCA COMPLETAMENTE METEORIZADA<br>(Rpm)</td><td>V</td><td>SAPROLITO GRUESO</td><td>• Roca decolorada y altamente alterada, en la cual más del 50% del material rocoso está descompuesto o desintegrado a suelo.<br>• Fragmentos rocosos rompibles y desmenuzables sin ayuda del martillo.<br>• Las estructuras heredadas (planos de estratificación, foliación, diaclasas y fallas) se mantienen, en general se presentan oxidadas, abiertas, con o sin relleno. Saprolito con fragmentos pequeños de roca.<br>• Las estructuras heredadas (planos de estratificación, foliación, diaclasas y fallas) se conservan.<br>• Las estructuras heredadas (planos de estratificación, foliación, diaclasas y fallas) se conservan.<br>• La meteorización esferoidal es común.<br>• Presencia de fragmentos de roca sin meteorizar entre 35 y 70%.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">II -ROCA METEORIZADA</td><td>IA<br>TRANSICIÓN DESDE SAPROLITO HASTA ROCA METEORIZADA</td><td>ROCA ALTAMENTE METEORIZADA<br>(Ram)</td><td>IV</td><td rowspan="2">ROCA Y SUELO - MATERIAL INTERMEDIO</td><td rowspan="2">MACIZO ROCOSO METEORIZADO >50% Roca</td><td rowspan="2">• La roca se presenta altamente decolorada con notable meteorización, en la cual menos del 50% del material rocoso está descompuesto o desintegrado a suelo.<br>• Material rocoso rompible y excavable con ayuda del martillo y otras herramientas.<br>• Las discontinuidades pueden estar oxidadas y abiertas, con o sin relleno. Bloques de roca sin entrabamiento.</td></tr>
<tr><td>IIB<br>ROCA PARCIALMENTE METEORIZADA</td><td>ROCA MODERADAMENTE METEORIZADA<br>(Rmm)</td><td>III</td></tr>
<tr><td rowspan="2">III -ROCA NO METEORIZADA</td><td rowspan="2">III<br>ROCA FRESCA</td><td>ROCA DÉBILMENTE METEORIZADA<br>(Rdm)</td><td>II</td><td rowspan="2">ROCA</td><td rowspan="2">MACIZO ROCOSO NO METEORIZADO</td><td>• Macizo rocoso débilmente decolorado.<br>• La roca puede estar decolorada en las superficies de las discontinuidades, las cuales pueden estar abiertas y oxidadas; la roca es dura resistente, excavable con ayuda de otras herramientas. Bloques de roca sin entrabamiento.</td></tr>
<tr><td>ROCA NO METEORIZADA (FRESCA)<br>(Rf)</td><td>I</td><td>• Roca fresca sin signos visibles de meteorización.<br>• Las discontinuidades mayores pueden presentar ocasionalmente decoloración y oxidación. +C1:19</td></tr>
</table>

Ilustración 19 Perfil de meteorización según ISRM, 1981. Tomado de U. de Oviedo, 2007.

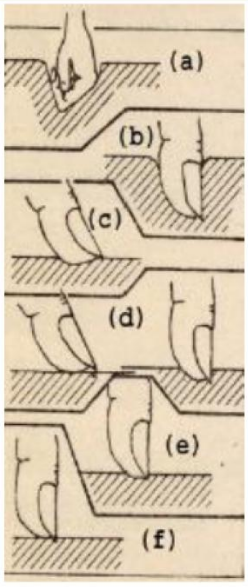
| Clase | Término | Descripción |
|---|---|---|
| I | Fresco | No aparecen signos visibles de meteorización, tal vez ligera decoloración en las grandes superficies de discontinuidad. |
| II | Ligeramente meteorizado | Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización. La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. |
| III | Moderadamente meteorizado | Menos de la mitad del macizo aparece descompuesto o trasformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece de forma continua o como núcleos aislados. |
| IV | Altamente meteorizado | Más de la mitad del macizo aparece descompuesto o trasformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece de forma discontinua o como núcleos aislados. |
| V | Completamente meteorizado | Todo el macizo aparece descompuesto o trasformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso. |
| VI | Suelo residual | Todo el material rocoso se ha trasformado en suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material. Existe cambio de volumen pero el suelo no se ha transportado significativamente. |

Para determinar la dureza relativa de rocas y suelos, se emplean estimados según la resistencia a herramientas habituales en campo, como la navaja y el martillo, para rocas (Ilustración 20), e índices de campo para la resistencia de suelos (Ilustración 21).

Ilustración 20 Dureza de la roca frente a la navaja y el martillo geológico. Fuente: Adaptado de US. Bureau of Reclamation (1990), en "Engineering Geology Field Manual".

| Grado | Descripción | Identificación de campo | Valor aproximado de la resistencia a compresión simple MPa |
|---|---|---|---|
| R1 | Roca muy débil | Deleznable bajo fuertes golpes con la parte puntiaguda del martillo geológico, puede desconcharse con una navaja | 1.0 – 5.0 |
| R2 | Roca débil | Puede desconcharse con dificultad con una navaja; pueden hacerse marcas poco profundas golpeando fuertemente la roca con la punta del martillo. | 5.0 – 25 |
| R3 | Roca media | No se pude rayar o desconchar con una navaja; las muestras se pueden romper con un golpe firme con el martillo. | 25 – 50 |
| R4 | Roca dura | Se necesita más de un golpe con el martillo geológico para romper la muestra. | 50 – 100 |
| R5 | Roca muy dura | Se necesitan muchos golpes con el martillo geológico para romper la muestra. | 100 – 250 |
| R6 | Roca extremadamente dura | Solo se pueden romper esquirlas de la muestra con el matillo geológico. | > 250 |

Ilustración 21 Resistencia del suelo a partir de índices de campo (ISRM). Fuente: Modificado de British Standard Institution (1999).

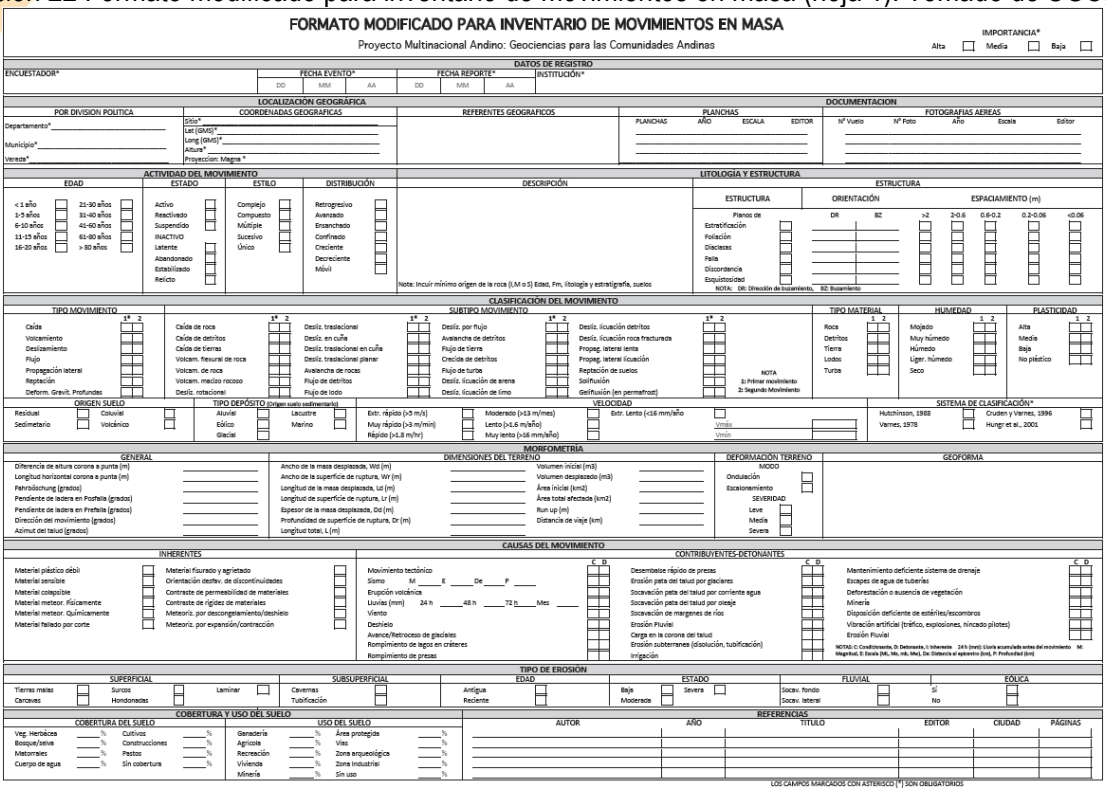
| Clase | Descripción | Identificación de campo | ≈ Resistencia a la compresión (MPa) | Esquema |
|---|---|---|---|---|
| S1 | Suelo muy blando (a). | El puño penetra fácilmente varios centímetros. | < 0,0025 |  |
| S2 | Suelo blando (b). | El dedo penetra fácilmente varios centímetros. | 0,0025 – 0,05 | |
| S3 | Suelo firme (c). | Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo. | 0,05 – 0,10 | |
| S4 | Suelo rígido (d). | Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo. | 0,10 – 0,25 | |
| S5 | Suelo muy rígido (e). | Con cierta presión puede marcarse con la uña. | 0,25 – 0,50 | |
| S6 | Suelo duro (f). | Se marca con dificultad al presionar con la uña. | > 0,50 | |

Para la determinación del color se emplea una tabla Munsell digital (pdf).

También se identifican, georreferencian y describen puntos de interés hidrogeológico, como manantiales, pozos y aljibes, en la zona de influencia de los corredores viales.

Para el levantamiento de los procesos morfodinámicos identificados en el terreno, se emplearán los formatos recomendados en los anexos de la Guía Metodológica para AVR de movimientos en masa (SGC, 2017), los cuales se presentan en la Ilustración 22 e Ilustración 23.

Ilustración 22 Formato modificado para inventario de movimientos en masa (hoja 1). Tomado de SGC, 2017.



FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas

IMPORTANCIA* Alta ☐ Media ☐ Baja ☐

DATOS DE REGISTRO

ENCUESTADOR* | FECHA EVENTO* DD MM AA | FECHA REPORTE* DD MM AA | INSTITUCIÓN*

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

POR DIVISION POLITICA: Departamento* / Municipio* / Vereda*

COORDENADAS GEOGRAFICAS: DMS* / Lat (GMS)* / Long (GMS)* / Altura* / Proyeccion: Magna *

REFERENTES GEOGRAFICOS

DOCUMENTACION

PLANCHAS: PLANCHAS | AÑO | ESCALA | EDITOR

FOTOGRAFIAS AEREAS: Nº Vuelo | Nº Foto | Año | Escala | Editor

ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO

EDAD: < 1 año; 1-5 años; 6-10 años; 11-15 años; 16-20 años; 21-30 años; 31-40 años; 41-60 años; 61-80 años; > 80 años

ESTADO: Activo; Reactivado; Suspendido; INACTIVO; Latente; Abandonado; Estabilizado; Relicto

ESTILO: Complejo; Compuesto; Múltiple; Sucesivo; Único

DISTRIBUCIÓN: Retrogresivo; Avanzado; Ensanchado; Confinado; Creciente; Decreciente; Móvil

DESCRIPCIÓN

Nota: Incuir mínimo origen de la roca (LM o S) Edad, Fm, litología y estratigrafía, suelos

LITOLOGÍA Y ESTRUCTURA

ESTRUCTURA: Planos de Estratificación; Foliación; Diaclasas; Falla; Discordancia; Esquistosidad

ORIENTACIÓN: DR; BZ

ESPACIAMIENTO (m): >2; 2-0.6; 0.6-0.2; 0.2-0.06; <0.06

NOTA: DR: Dirección de buzamiento, BZ: Buzamiento

CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO

TIPO MOVIMIENTO: Caída; Volcamiento; Deslizamiento; Flujo; Propagación lateral; Reptación; Deform. Gravit. Profundas

SUBTIPO MOVIMIENTO: Caída de roca; Caída de detritos; Caída de tierras; Volcam. flexural de roca; Volcam. de roca; Volcam. macizo rocoso; Desliz. rotacional; Desliz. traslacional; Desliz. en cuña; Desliz. traslacional en cuña; Desliz. traslacional planar; Avalancha de rocas; Flujo de detritos; Flujo de lodo; Desliz. por flujo; Avalancha de detritos; Flujo de tierra; Crecida de detritos; Flujo de turba; Desliz. licuación de arena; Desliz. licuación de limo; Desliz. licuación detritos; Desliz. licuación roca fracturada; Propag. lateral lenta; Propag. lateral licuación; Reptación de suelos; Solifluxión; Gelifluxión (en permafrost)

NOTA 1: Primer movimiento 2: Segundo Movimiento

TIPO MATERIAL: Roca; Detritos; Tierra; Lodos; Turba

HUMEDAD: Mojado; Muy húmedo; Húmedo; Liger. húmedo; Seco

PLASTICIDAD: Alta; Media; Baja; No plástico

ORIGEN SUELO: Residual; Sedimentario; Coluvial; Volcánico

TIPO DEPÓSITO (Origen suelo sedimentario): Aluvial; Eólico; Glacial; Lacustre; Marino

VELOCIDAD: Extr. rápido (>5 m/s); Muy rápido (>3 m/min); Rápido (>1.8 m/hr); Moderado (>13 m/mes); Lento (>1.6 m/año); Muy lento (>16 mm/año); Extr. Lento (<16 mm/año); Vmáx; Vmín

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN*: Hutchinson, 1988; Varnes, 1978; Cruden y Varnes, 1996; Hungr et al., 2001

MORFOMETRÍA

GENERAL: Diferencia de altura corona a punta (m); Longitud horizontal corona a punta (m); Fahrböschung (grados); Pendiente de ladera en Profelia (grados); Pendiente de ladera en Profelia (grados); Dirección del movimiento (grados); Azimut del talud (grados)

DIMENSIONES DEL TERRENO: Ancho de la masa desplazada, Wd (m); Ancho de la superficie de ruptura, Wr (m); Longitud de la masa desplazada, Ld (m); Longitud de superficie de ruptura, Lr (m); Espesor de la masa desplazada, Dd (m); Profundidad de superficie de ruptura, Dr (m); Longitud total, L (m); Volumen inicial (m3); Volumen desplazado (m3); Área inicial (km2); Área total afectada (km2); Run up (m); Distancia de viaje (km)

DEFORMACIÓN TERRENO: MODO: Ondulación; Escalonamiento; SEVERIDAD: Leve; Media; Severa

GEOFORMA

CAUSAS DEL MOVIMIENTO

INHERENTES: Material plástico débil; Material sensible; Material colapsible; Material meteor. Físicamente; Material meteor. Químicamente; Material fallado por corte; Material fisurado y agrietado; Orientación desfav. de discontinuidades; Contraste de permeabilidad de materiales; Contraste de rigidez de materiales; Meteoriz. por descongelamiento/deshielo; Meteoriz. por expansión/contracción

CONTRIBUYENTES-DETONANTES (C D): Movimiento tectónico; Sismo M ___ E ___ De ___ F ___; Erupción volcánica; Lluvias (mm) 24 h ___ 48 h ___ 72 h ___ Mes ___; Viento; Deshielo; Avance/Retroceso de glaciales; Rompimiento de lagos en cráteres; Rompimiento de presas; Desembalse rápido de presas; Erosión pata del talud por glaciares; Socavación pata del talud por corriente agua; Socavación pata del talud por oleaje; Socavación de margenes de ríos; Erosión Pluvial; Carga en la corona del talud; Erosión subterranea (disolución, tubificación); Irrigación; Mantenimiento deficiente sistema de drenaje; Escapes de agua de tuberías; Deforestación o ausencia de vegetación; Minería; Disposición deficiente de estériles/escombros; Vibración artificial (tráfico, explosiones, hincado pilotes); Erosión Fluvial

NOTAS: C: Condicionante, D: Detonante, I: Inherente 24 h (mm): Lluvia acumulada antes del movimiento Mi Magnitud, E: Escala (Ml, Mc, mb, Mw), De: Distancia al epicentro (km), P: Profundidad (km)

TIPO DE EROSIÓN

SUPERFICIAL: Tierras malas; Carcavas; Surcos; Hondonadas; Laminar

SUBSUPERFICIAL: Cavernas; Tubificación

EDAD: Antigua; Reciente

ESTADO: Baja; Moderada; Severa

FLUVIAL: Socav. fondo; Socav. lateral

EÓLICA: Sí; No

COBERTURA Y USO DEL SUELO

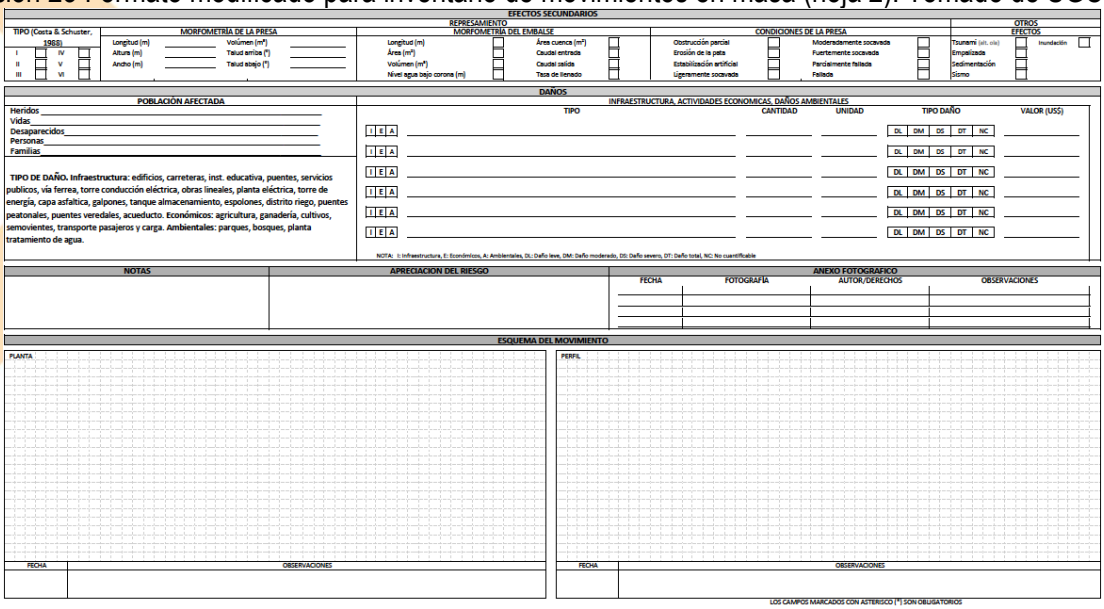
COBERTURA DEL SUELO: Veg. Herbácea; Bosque/selva; Matorrales; Cuerpo de agua; Cultivos; Construcciones; Pastos; Sin cobertura

USO DEL SUELO: Ganadería; Agrícola; Recreación; Vivienda; Minería; Áreas protegida; Vías; Zona arqueológica; Zona Industrial; Sin uso

REFERENCIAS: AUTOR | AÑO | TITULO | EDITOR | CIUDAD | PÁGINAS

LOS CAMPOS MARCADOS CON ASTERISCO [*] SON OBLIGATORIOS

Ilustración 23 Formato modificado para inventario de movimientos en masa (hoja 2). Tomado de SGC, 2017.




Los procesos morfodinámicos reconocidos en campo serán cartografiados en los mapas de Elementos Geomorfológicos, así como los rasgos y procesos identificados en el análisis de imágenes.

## PRELIMINARES

### CARTOGRAFÍA REGIONAL

Como aproximación a la caracterización geológica de los corredores viales, se han elaborado los mapas de cada uno de estos, a partir de las planchas regionales del SGC, sobre la capa de sombras, que muestra los contrastes del relieve que caracterizan cada área, las cuales se presentan en las Ilustración 24 (Lenguazaque-Villapinzón), Ilustración 25 (Guataquí-Jerusalen), Ilustración 26 (Tabacal-Quipile), Ilustración 27 (Chocontá-Cucunubá), Ilustración 28 (Facatativá – El Rosal) e Ilustración 29 (Supatá-Pacho):

Ilustración 24 Geología regional tramo Lenguazaque – Villapinzón (Fuente INGEOMINAS, 2003)

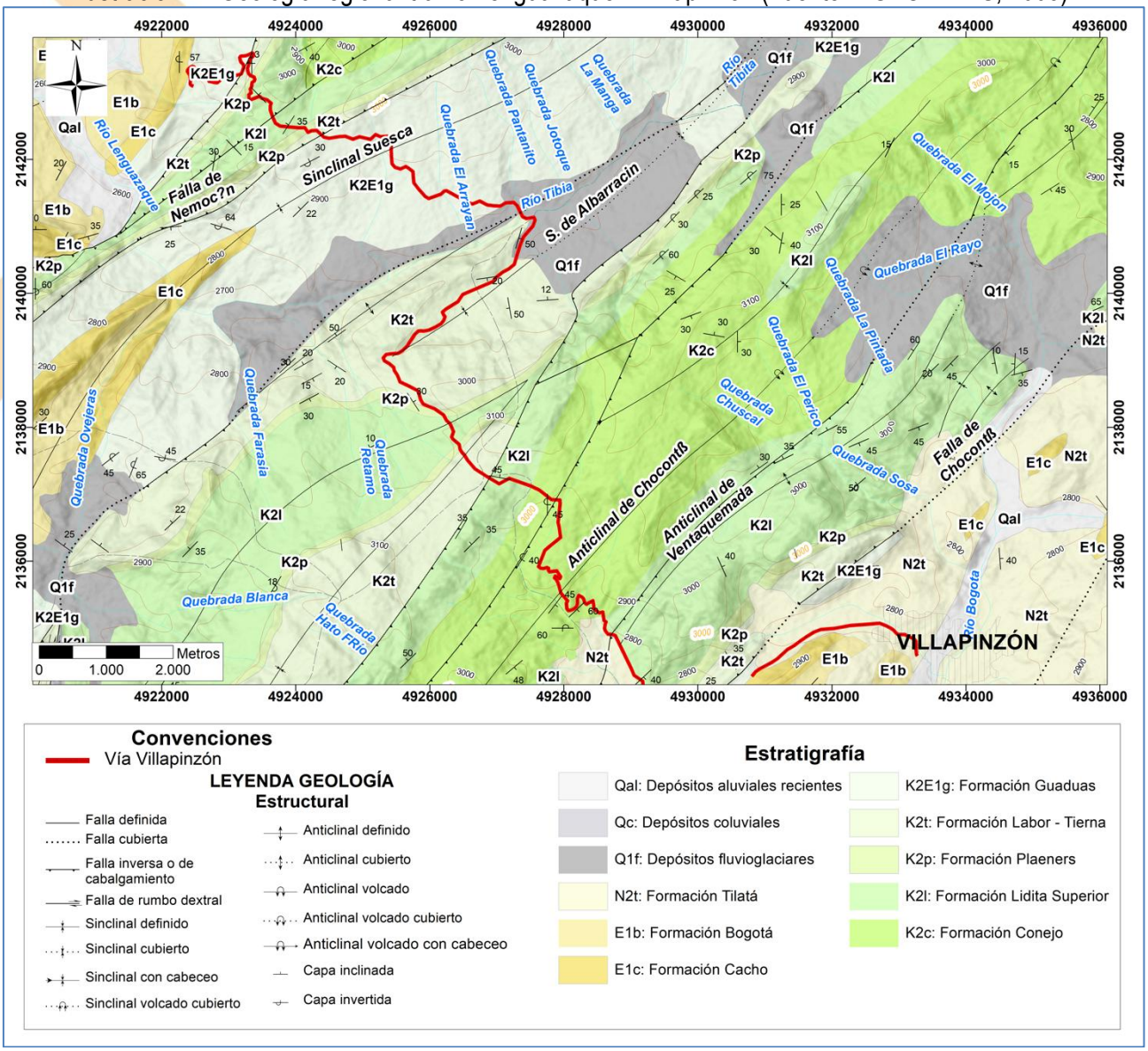


Ilustración 25 Geología regional tramo Guataquí – Jerusalén (Fuente INGEOMINAS, 1999)

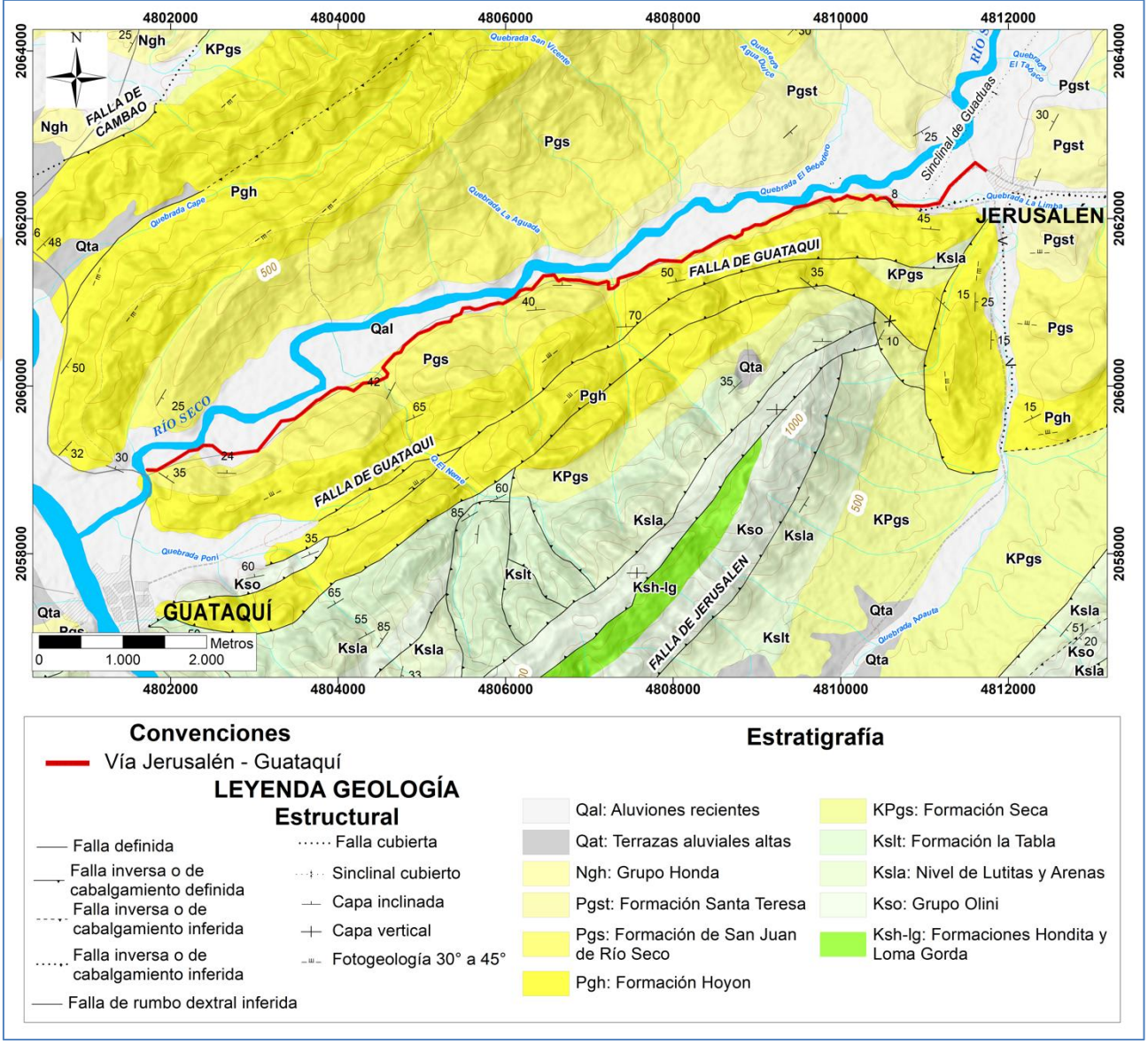


Ilustración 26 Geología regional tramo Quipile – Tabacal (Fuente INGEOMINAS, 1999)

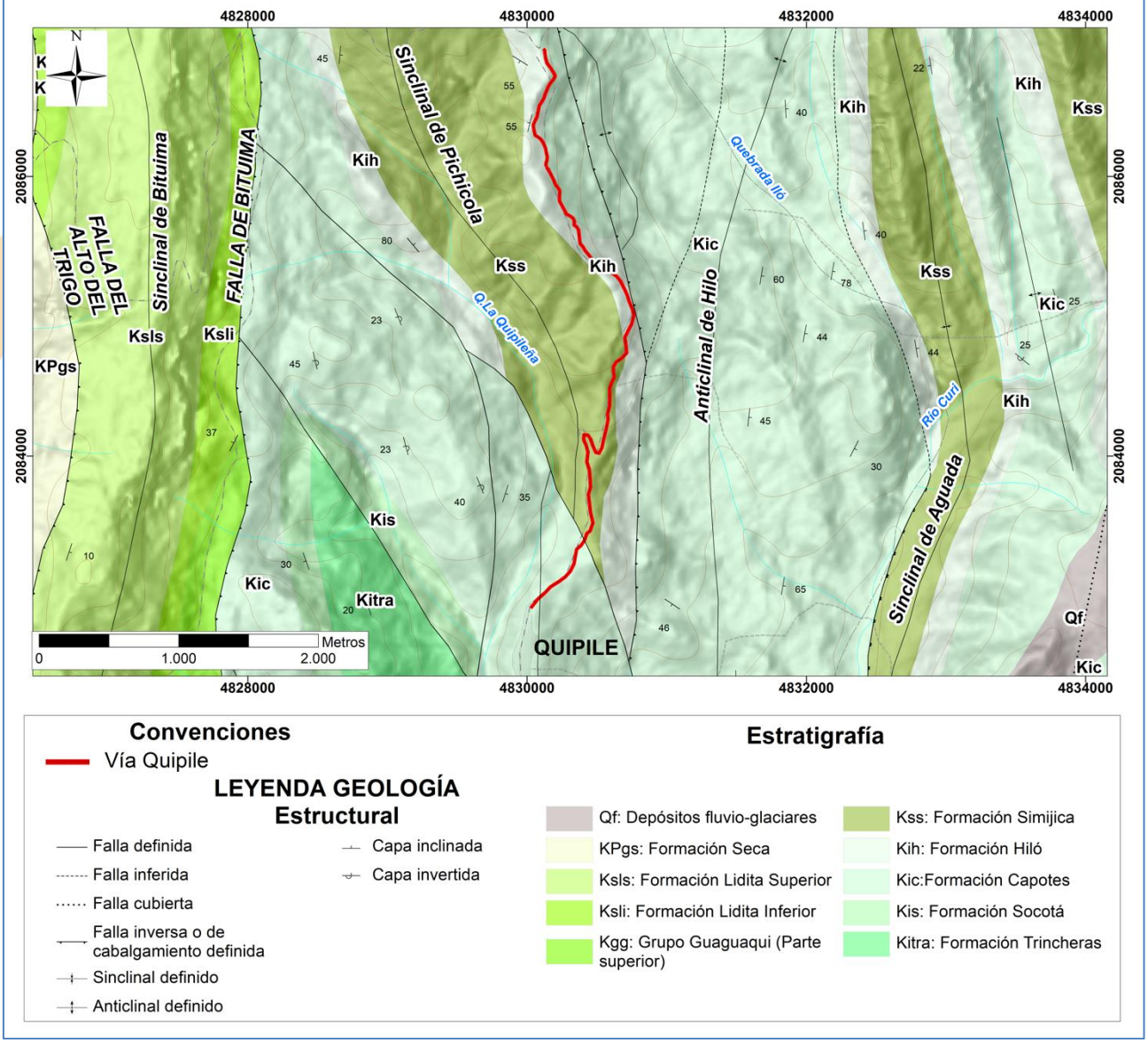


Ilustración 27 Geología regional tramo Chocontá – Cucunubá (Fuente INGEOMINAS, 2003)

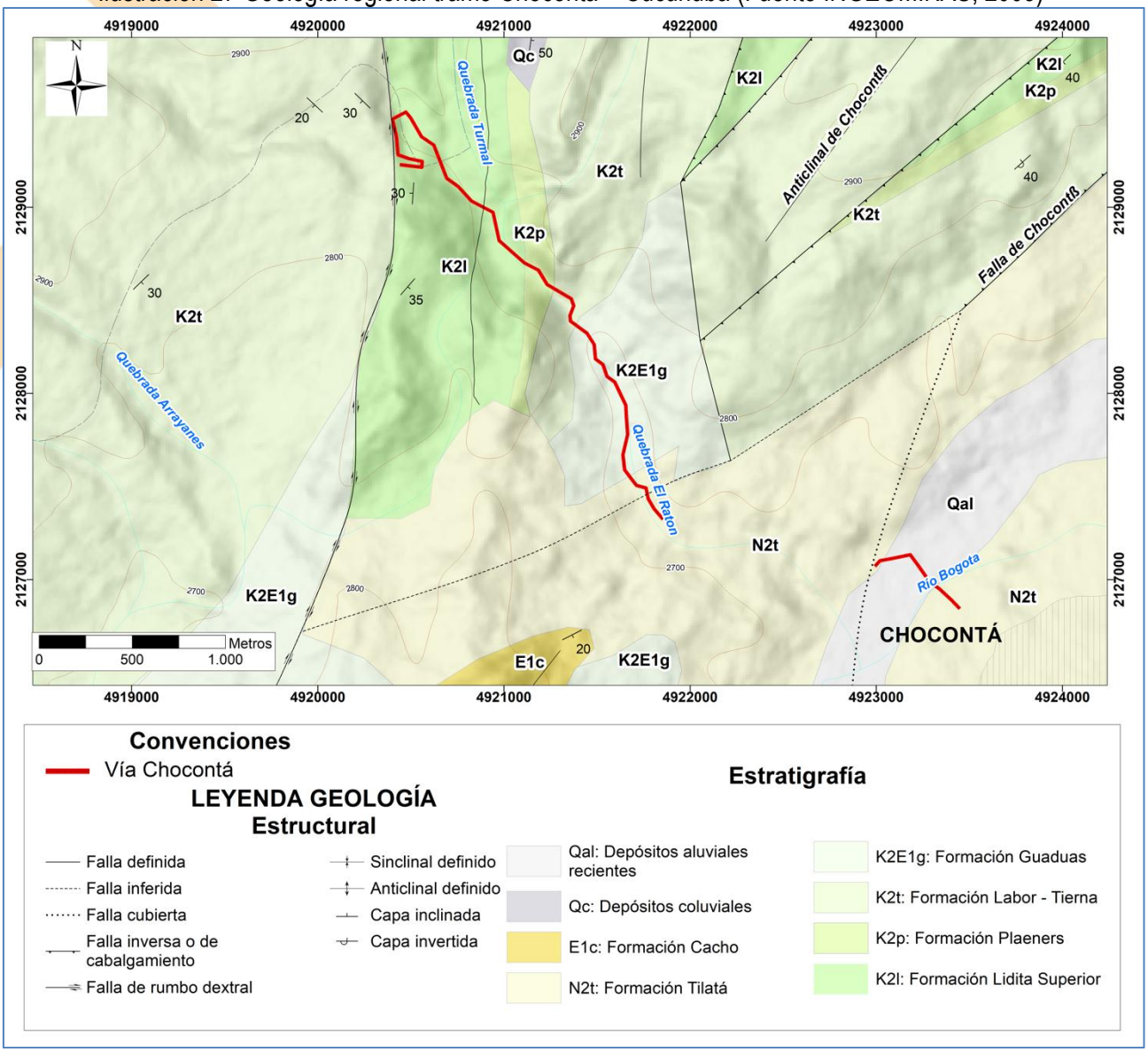


Ilustración 28 Geología regional tramo Facatativá – El Rosal (Fuente INGEOMINAS, 1998)

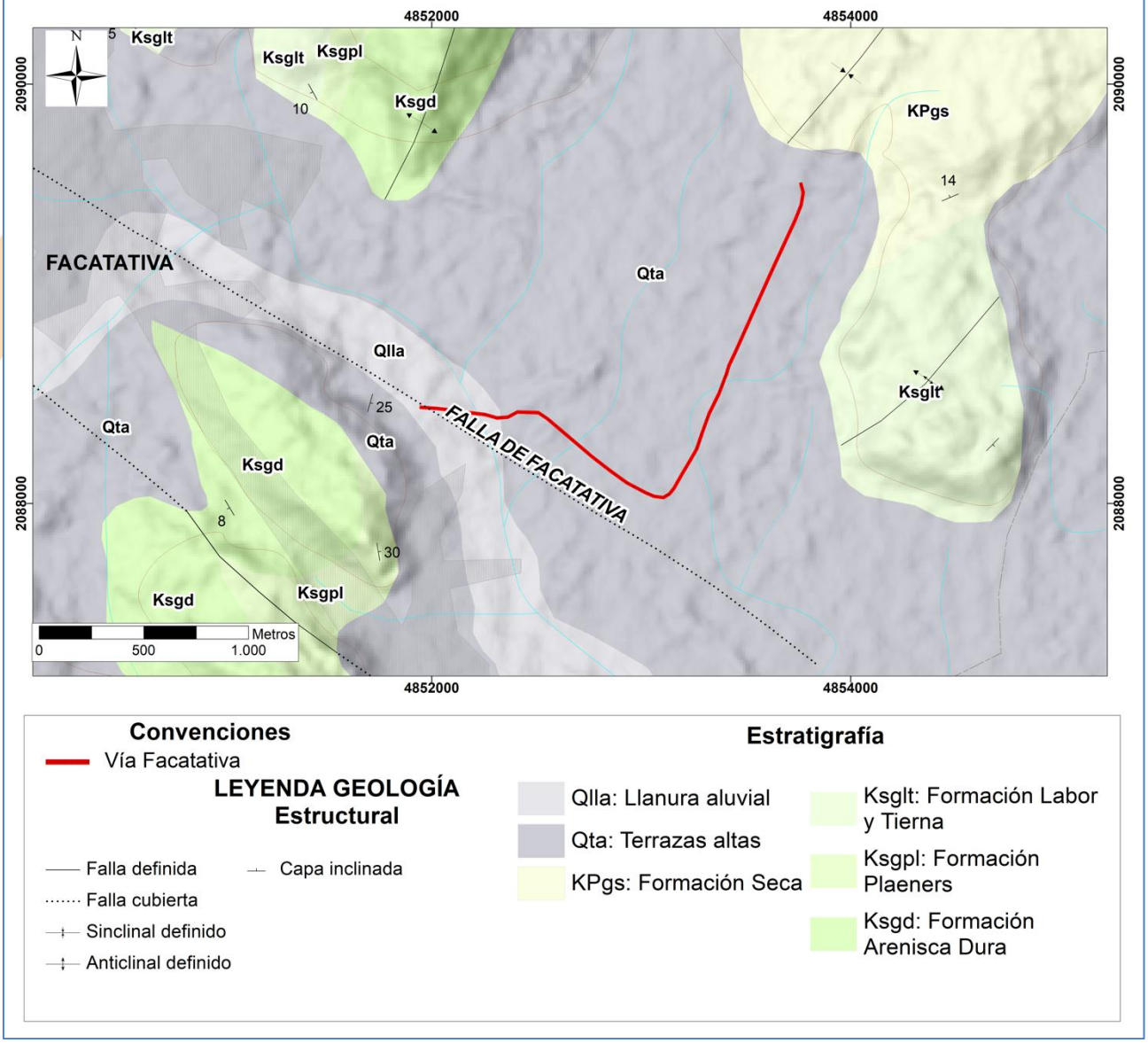
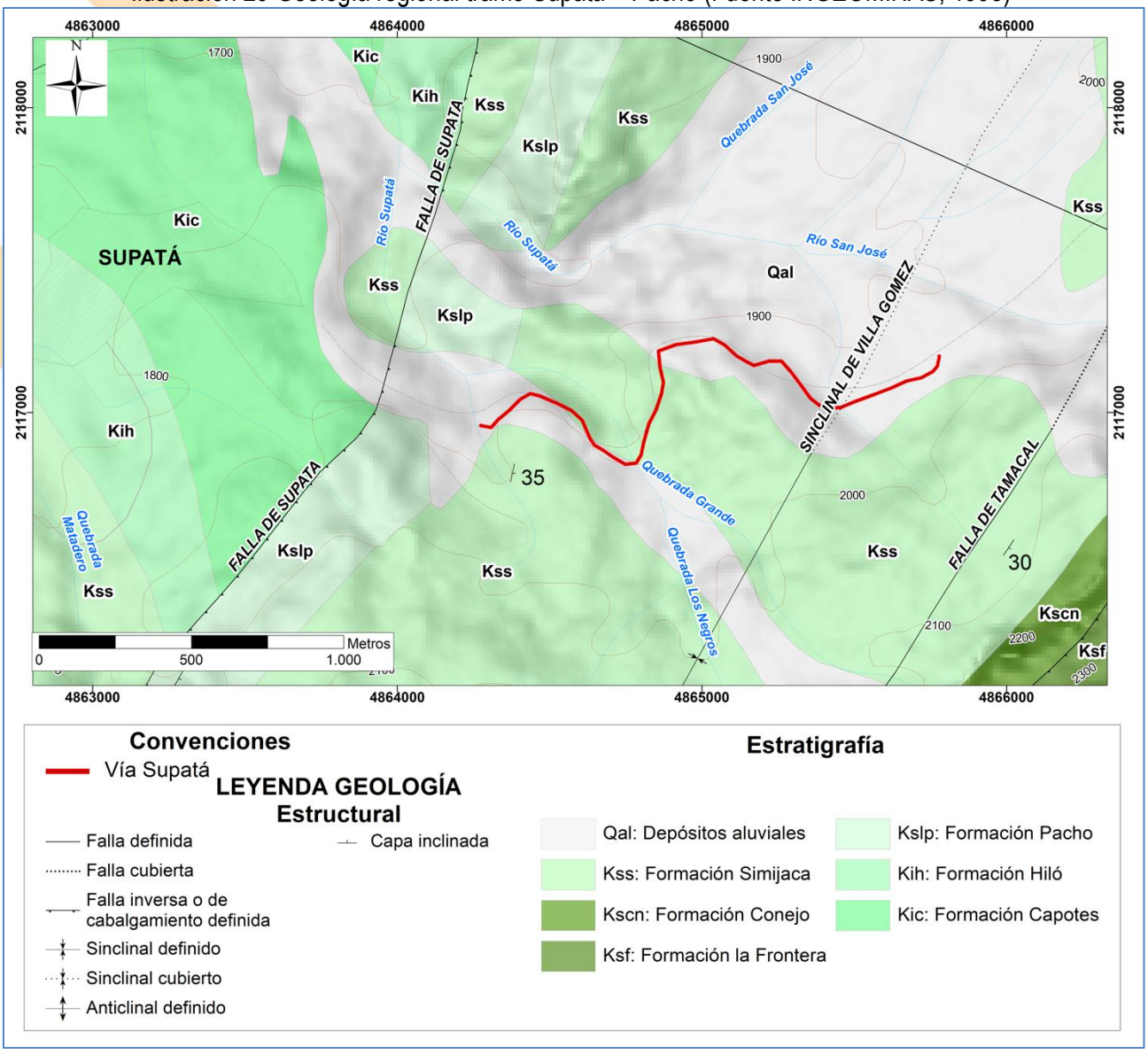


Ilustración 29 Geología regional tramo Supatá – Pacho (Fuente INGEOMINAS, 1998)




Esta información regional será complementada por las mismas planchas regionales de geomorfología, publicadas por el SGC, así como las planchas topográficas disponibles en el IGAC.

## 5.2 FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Para la evaluación local se han adquirido las fotografías aéreas disponibles en el IGAC, para los diferentes corredores viales, complementadas con el reconocimiento de campo.

- Villapinzón:
  - C-2051, fotografías 126, 127

  - C-2239, fotografías 274 - 276
  - C-2276, fotografías 44 - 46
  - C-2525, fotografías 21, 22
  - C-2525, fotografías 42 - 44
- Jerusalén:
  - 245030, fotografías 2061, 2062
  - 245030, fotografías 0586 - 0588
  - 245030, fotografías 0670, 0671
  - 245030, fotografías 0723 – 0725
  - C-1959, fotografías 39, 40
  - C-1959, fotografías 52, 53
  - C-1959, fotografías 84, 85
  - C-2384, fotografías 255, 256
  - C-2384, fotografías 271, 272
  - C-2549, fotografías 173 – 175
  - C-2549, fotografías 213 – 215

- Quipile:
  - 227030, fotografías 0177 – 0182
  - C-2283, fotografías 80 – 82

- Chocontá:
  - 209030, fotografías 1140 – 1142
  - C-1822, fotografías 339 – 341
  - C-2050, fotografías 72 – 74
  - C-2051, fotografías 136 -138
  - C-2525, fotografías 39, 40
  - C-2673, fotografías 463, 464
  - C-2800, fotografías 199, 200

- Facatativá:
  - 227030, fotografías 1193, 1194
  - 227030, fotografías 0599, 0600
  - C-2584, fotografías 66, 67
  - C-2661, fotografía 91
  - C-2673, fotografías 914, 915
  - C-2751, fotografías 12, 13
  - C-2801, fotografías 178, 179
  - C-2802, fotografías 57, 58

- Supatá:
  - C-2512, fotografías 157, 158
  - C-2636, fotografías 191, 192
  - C-2636, fotografía 211
  - C-2800, fotografías 16, 17

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- C-2802, fotografías 47, 48

## VOLUMEN IV. ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

***ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES Y OTRAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN***

### METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN

A continuación, se establecen criterios metodológicos básicos para la elaboración de los estudios geotécnicos para fundaciones que comprenden la recopilación de información secundaria, investigación del subsuelo, los análisis y las recomendaciones necesarios para diseño con el siguiente contenido:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPÍTULO 2. RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN
CAPITULO 3. TRABAJOS DE CAMPO
CAPÍTULO 4. CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO
CAPITULO 5. ANÁLISIS GEOTÉCNICO
CAPÍTULO 6. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO
CAPÍTULO 7. OBRAS COMPLEMENTARIAS
CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Metodológicamente el estudio está reglamentado por los términos de referencia del contrato, el anexo técnico, las normas del instituto y los métodos de diseño de la entidad.

Definidos los objetivos y alcances, enmarcados dentro de la normatividad vigente se procederá a realizar los levantamientos de la información secundaria principalmente geología, topografía, geotecnia, fuentes de materiales, drenaje y sub- drenaje, carga, factores ambientales, tipología de cargas y sistemas de fundación seleccionados.

Basados en la información secundaria (dependiendo de la calidad de está) se podrá tener una idea general de las condiciones básicas del proyecto como condiciones geológicas, geomorfológicas, composición del suelo, amenaza sísmica, entre otros aspectos.

Con la información secundaria y la construcción de los perfiles estratigráficos de cada perforación se podrá construir un perfil del suelo de cimentación para la estructura de los puentes.

Las conclusiones y recomendaciones se entregarán resumidas con las sugerencias y/o aportes que genera el estudio para ser tenidas en cuenta, antes, durante la construcción y la etapa de operación si aplicara.

De acuerdo con la capacidad de soporte del suelo y la calidad de materiales disponibles, y considerando las cargas externas aplicadas y el peso propio de la estructura, se diseñará la solución de cimentación, por sectores homogéneos de cada puente.

La normatividad que se tendrá en cuenta durante la ejecución del proyecto, cumpliendo con los requerimientos establecidos en el anexo técnico, es la siguiente:

1. "NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES CCP-14", elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS (2014).

2. "REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10", elaborado por la Asociación de Ingeniería Sísmica, AIS (2010).

3. "MANUAL DE DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y PROFUNDAS PARA CARRETERAS", elaborado por el Instituto Nacional de Vías (2013).

4. "NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS", elaboradas por el Instituto Nacional de Vías, INVIAS.

5. "ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN PARA CARRETERAS" elaboradas por el Instituto Nacional de Vías, INVIAS.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Esta información permitirá definir, entre otros aspectos, las características que deberán tener la exploración geotécnica requerida, y los lineamientos para la ejecución de los análisis geotécnicos requeridos.

## ACOPIO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Esta actividad estará ceñida a lo establecido en los Términos de Referencia, en el cual se contempla la recopilación de información de los antecedentes del proyecto, estudios y normatividad aplicable aspectos relacionados con la geología, zonificación sísmica, riesgo por inundaciones y por remoción en masa, y en general todos los aspectos que complementen el reconocimiento integral del proyecto desde el punto de vista geotécnico.

La información secundaria mínima que se empleará en el desarrollo del proyecto es la siguiente:

1. "NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES CCP-14", elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS (2014).

2. "REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10", elaborado por la Asociación de Ingeniería Sísmica, AIS (2010).

3. ATLAS GEOLÓGICO DE COLOMBIA – PLANCHAS 209-227-245. INGEOMINAS. 2002.

4. "AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS", elaborado por la AASHTO (2012).

Adicionalmente a esta información se plantea realizar una búsqueda en los diferentes entes a nivel nacional y local, esta información complementará la visita de campo y reconocimiento visual de las zonas que hacen parte del proyecto, todo esto con el fin de tener un diagnóstico preliminar.

Como resultado de la etapa de Recopilación de Información, se podrá definir la información geotécnica base para la zona de estudio, como por ejemplo el tipo de perfil de suelo y algunos parámetros de diseño, los cuales serán complementados en las etapas siguientes del proyecto; la complementación de esta información se hará mediante exploración de campo. La finalidad de esta etapa es establecer los requerimientos de equipos de perforación, revestimientos, brocas, cantidades, obtención de muestras y demás consideraciones que deban hacerse para completar adecuadamente la información geotécnica recopilada en esta primera etapa, y tener un conocimiento base de la geotecnia de la zona a intervenir.

## RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE PROYECTO Y SU ENTORNO

Se efectuará un reconocimiento visual de las zonas que hacen parte del proyecto y su entorno, con el objetivo fundamental de realizar un diagnóstico preliminar. El reconocimiento del terreno se realizará mediante la visita por parte del ingeniero especialista en geotecnia y, una vez realizada la visita a la zona del proyecto, donde se determinarán las necesidades de exploración geotécnica de los suelos predominantes, se procederá a hacer la planeación detallada de los trabajos de campo requeridos y a definir otros aspectos de interés en el proyecto.

Adicionalmente, la información recolectada durante este reconocimiento servirá como insumo técnico para la delimitación preliminar y posterior ajuste del Corredor Geotécnico (CG), permitiendo identificar unidades geomorfológicas, procesos geodinámicos y condiciones del entorno que influyen en la interacción entre la vía proyectada y el territorio.

Dentro de los aspectos a revisar se encuentra:

- Geología Local y Suelos Existentes
- Fenómenos de Remoción en Masa
- Morfología y Procesos Morfodinámicos
- Extensión y Cercanía de Cuerpos de Agua
- Accesibilidad para Exploración Geotécnica

- Requerimientos para Exploración Geofísica
- Drenaje
- Fuentes de Materiales

La inspección el sitio del proyecto incluirá la toma de Registros Fotográficos, con especial interés en las condiciones que limiten o definan la estabilidad geotécnica de las obras en estudio.

## METODOLOGÍA PARA LA DELIMITACIÓN DEL CORREDOR GEOTÉCNICO (CG)

La delimitación del Corredor Geotécnico (CG) se realizará siguiendo la metodología estandarizada descrita en la Guía Corredor Geotécnico, que integra cartografía temática, análisis territorial, fuentes secundarias y verificación de campo. El proceso consta de siete pasos sucesivos.

Pasos resumidos del procedimiento

1. Definición del contexto geográfico: identificar la ubicación del trazado dentro de la zona geomorfológica y unidad geomorfológica correspondiente.
2. Recolección y revisión de información secundaria: mapas geológicos, DEM, imágenes satelitales, inventarios de movimientos en masa, cartas hidrológicas, mapas sísmicos, POT/POMCA y registros de eventos históricos.
3. Identificación de procesos activos y pasivos: reconocer remoción en masa, erosión, dinámica fluvial, zonas de subsidencia, depósitos coluviales/aluviales, fallas y otras geodinámicas que puedan interactuar con la vía.
4. Delimitación preliminar del CG (SIG): superposición de capas temáticas en SIG para generar un polígono envolvente que capture la dinámica natural o socio-natural con potencial de interacción sobre el alineamiento.
5. Análisis de entradas y salidas del sistema: evaluación de factores que alimentan o afectan al sistema (p. ej. escorrentía, cuencas, actividades antrópicas).
6. Validación en campo: reconocimiento visual, verificación de pendientes, afloramientos, niveles freáticos, evidencia de procesos y accesibilidad para la exploración geotécnica; ajuste del polígono preliminar según hallazgos.
7. Delimitación final y documentación: generación de mapas finales (planos SIG/CAD), informe técnico justificando la extensión del CG y registro para actualización (integración a bases de datos o sistemas sectoriales).

Criterios técnicos y umbrales mínimos

- Criterio general mínimo: en sectores sin dinámica geodinámica relevante, el CG no será inferior al derecho de vía + 100 m (a cada lado del eje o según definición del proyecto), salvo justificación técnica para ampliarlo.

- Zonas montañosas: delimitar por criterios morfométricos (unidad de ladera adyacente y envolvente de procesos morfodinámicos activos e inactivos).

- Valles y cauces: delimitar según la ronda hídrica y dinámica fluvial (áreas de divagación, meandros, ancho de cauce mayor, zonas de inundación).

## EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Se prevé la ejecución de sondeos mecánicos y manuales, esto de acuerdo con las características de las obras requeridas.

Las perforaciones seguirán lo establecido en el Numeral 10.4.2 – Exploración del Subsuelo, de la norma CCP – 14, teniendo como referencia la exploración previa, previendo para el caso de cimentaciones profundas que en suelos se alcance una profundidad de al menos 6.0 m por debajo de la cota esperada donde quedará la punta del pilote, y en roca un nivel a 3.0 m por debajo de su punta.

En cada sondeo se tiene prevista la obtención de los siguientes datos:

- Determinación del Perfil Estratigráfico

- Ubicación y evolución del Nivel Freático

- Ensayos de Resistencia a la Penetración Estándar - SPT (ASTM D1586) cada 2.0 m de avance como máximo, con registro de la profundidad de ejecución de cada prueba.

- Ensayos de Resistencia al Corte con la Veleta de Campo - VST (ASTM D2573) en suelos finos, siempre que éstos se encuentren, con registro de la profundidad de ejecución de cada prueba, y a profundidades alternadas cada 1.0 m con las de ejecución de las pruebas de SPT.

- Recuperación de Muestras alteradas e inalteradas.

- Registro de Pérdida de Agua durante el sondeo.

- Registro del Índice de Calidad de la Roca - RQD (ASTM D6032) para el caso de la aparición del Macizo Rocoso dentro de las profundidades alcanzadas el sondeo.

Se presentará un registro de perforación para cada uno de los sondeos, indicando los aspectos más relevantes como lo son las cotas y coordenadas, la profundidad y descripción de las muestras recuperadas, muestreador utilizado, método de avance, y los resultados de los ensayos in-situ propuestos.

Las muestras se almacenarán en cajas de muestreo, con indicación de las profundidades de recuperación respectivas.

Para el caso de sondeos mecánicos profundos se estima que la ejecución de cada una de las perforaciones tendrá una duración de al menos 3 días en campo.

## ENSAYOS DE LABORATORIO

Cuando se hayan recuperado las muestras en cada sondeo (Alteradas o Inalteradas, dependiendo del tipo de material encontrado en la zona de exploración) se realizará los ensayos necesarios para la caracterización índice y geomecánica de los materiales. Todos los ensayos ejecutados seguirán lo estipulado en el MANUAL DE NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS (INVIAS) y para algunos casos particulares los requerimientos del AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM).

En este caso se prevé efectuar, se plantean los siguientes ensayos de laboratorio, para la caracterización geotécnica en la etapa de exploración:

Tabla 5. Ensayos de laboratorio previstos

| Ensayo | Norma |
|---|---|
| Determinación del Contenido de Humedad | INV E-122 |
| Gradación | INV E-123 |
| Determinación del Límite Líquido | INV E-125 |
| Determinación del Límite Plástico | INV E-126 |
| Consolidación Unidimensional | INV E-151 |
| Corte Directo (CD) | INV E-154 |
| Peso unitario | INV E-142 |

Se realizará una tabla resumen con los resultados de todos los ensayos de laboratorio realizados; para el Estudio de Fundaciones se prepararán gráficas de variación de los parámetros obtenidos con la profundidad de exploración alcanzada en cada sondeo.

**Nota**: Aunque los ensayos de compresión simple, compresión inconfinada y carga puntual no se encuentran mencionados explícitamente en el anexo técnico, se consideró pertinente incluirlos con el fin de lograr una caracterización mecánica más completa y representativa de los materiales evaluados. Asimismo, debido a la presencia de materiales de tipo roca inferida a partir de la geología y de las observaciones realizadas en campo, estos ensayos permiten obtener parámetros fundamentales para la clasificación geomecánica, la estimación de resistencia y la definición de los perfiles de diseño para cimentaciones que puedan interactuar con macizos rocosos.

## EXPLORACIÓN GEOFÍSICA – REFRACCIÓN SÍSMICA

La exploración indirecta mediante refracción sísmica se ejecutará con el fin de complementar la información obtenida en los sondeos geotécnicos, permitiendo ampliar la caracterización del subsuelo entre perforaciones y definir con mayor continuidad lateral los cambios de rigidez, velocidad y competencia de los materiales.
La adquisición se realizará siguiendo los lineamientos de las normas ASTM D5777 – Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method y aplicables de la NSR-10 en lo relacionado con la clasificación de perfiles de suelo a partir de velocidades sísmicas.
En cada línea se obtendrá:

- Modelo de velocidades P (Vp) por capas.
- Profundidad aproximada de interfaces geológicas identificadas por contrastes de velocidad.
- Continuidad lateral de estratos entre puntos de perforación.
- Estimación de espesores de suelos blandos, transicionales o competentes, según sus rangos de velocidad.
- Identificación preliminar de roca somera o materiales muy rígidos.

La información geofísica obtenida permitirá:

- Correlacionar las velocidades sísmicas con los estratos reconocidos en los sondeos.
- Delimitar variaciones laterales no detectables con perforaciones puntuales.
- Estimar espesores de estratos entre sondeos y ajustar el modelo geotécnico.
- Clasificar el tipo de perfil de suelo según la NSR-10, mediante la interpretación de las velocidades sísmicas y su correspondencia con las unidades geotécnicas identificadas.
-

La información procesada será integrada con los resultados de la exploración directa para establecer un modelo de subsuelo coherente y continuo, que sirva como base para los análisis geotécnicos posteriores del proyecto.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## ANÁLISIS GEOTÉCNICO

De acuerdo con las exigencias contractuales, los análisis geotécnicos para fundaciones se realizarán con base en los lineamientos de los siguientes documentos:

1. "NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES CCP-14", elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS (2014).

2. "REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10", elaborado por la Asociación de Ingeniería Sísmica, AIS (2010).

3. "MANUAL DE DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y PROFUNDAS PARA CARRETERAS", elaborado por el Instituto Nacional de Vías (2013).

4. "AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS", elaborado por la AASHTO (2012).

En este caso se prevé el análisis de cimentaciones profundas para el apoyo de cada una de las pilas o apoyos de las estructuras requeridas.

La descripción de los análisis requeridos se presenta a continuación:

## ANÁLISIS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Esta tarea se realizará de acuerdo con los lineamientos del Numeral 3.10.3.1 – Definición de los Tipos de Perfil de Suelo, de la CCP-14 para cada uno de los apoyos de las estructuras; para esta definición se emplearán uno o varios de los siguientes criterios:

- $N_{60}$ ponderado de las pruebas de SPT (golpes/pie) en los primeros 30 m del perfil estratigráfico del terreno.

- $s_u$ ponderado, con los parámetros de resistencia no drenada (kN/m2) en los primeros 30 m del perfil estratigráfico del terreno.

- $V_s$ ponderado, de acuerdo con los resultados de las pruebas geofísicas (m/s) en los primeros 30 m del perfil estratigráfico del terreno.

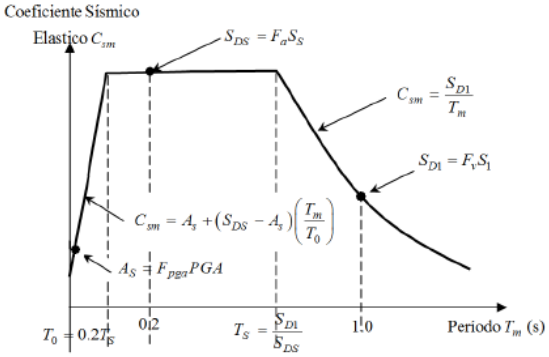
El perfil se clasificará como A, B, C, D, E o F, según estos resultados.

## PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO

En este caso se realizará lo establecido en los Numerales 3.10.3.2 – Factores de Sitio, y 3.10.4 – Caracterización de la Amenaza Sísmica, de la norma CCP-14, a fin de obtener el Espectro Sísmico de Diseño $C_{sm}$ para diseño, con un 5% de amortiguamiento según los perfiles de suelo.

Se prevé emplear los parámetros sísmicos establecidos en las figuras 3.10.2.1-1 (PGA), 3.10.2.1-2 ($S_s$) y 3.10.2.1-3 ($S_1$), esto de acuerdo con la ubicación de los puentes requeridos en el proyecto, para la definición del Espectro mencionado; para cada una de las estructuras se asignará el Perfil de Suelo más desfavorable que se encuentre a lo largo del alineamiento de cada puente.

Ilustración 30. Definición del Espectro Sísmico de diseño (CCP-14)




De acuerdo con la CCP-14, el periodo de retorno para diseño es de 975 años.

## PARÁMETROS DE RESISTENCIA EN SUELOS

Para cada sitio crítico se definirá un perfil estratigráfico de resistencias, considerando los siguientes aspectos:

- Estratigrafía
- Resultados de Ensayos de Campo
- Resultados de Ensayos de Laboratorio

Teniendo en cuenta que se propone emplear los resultados de las líneas sísmicas, se prevé estimar la resistencia en el ensayo a la penetración estándar $N_{SPT}$ mediante la expresión (Iyisan):

$$N_{SPT} = 4.95x10^{-4} (Vs)^{1.93}$$

Los valores de la velocidad de onda de corte se obtendrás de las curvas de inversión que se obtengan de las líneas sísmicas más cercanas a cada punto.

En el caso de los suelos finos es posible calcular el valor de la resistencia no drenada $c_u$ mediante la expresión:

$$c_u\ (kN/m^2) = 4.4\ N_{SPT}$$

Para el caso de los suelos granulares es posible calcular el valor del ángulo de fricción en condición no drenada $\phi$' mediante la expresión:

$$\phi' = 17 + \sqrt{20 N_{corr}}$$

En este caso $N_{corr}$ es el valor de la resistencia arrojada por la prueba de SPT en campo, corregida por confinamiento y por energía; el valor del factor de corrección por confinamiento se estima como:

$$Cn = \frac{9.78}{\sqrt{\sigma_v'}}$$

El factor de corrección por energía es:

$$e = (e1 / e2) = (45 / 60) = 0.75$$

En la expresión anterior $\sigma'_v$ es el esfuerzo vertical efectivo a la profundidad de ensayo; en este caso se asume que la energía de ensayo es del 45%.

Con esto, para cada profundidad de ensayo, se tiene:

$$N_{corr} = e \times Cn \times N_{campo}$$

Estos valores se emplearán en la determinación de valores de capacidad portante para cimientos profundos, si éstos son requeridos.

Se emplearán los resultados de los ensayos de laboratorio para la definición de los perfiles estratigráficos.

## PARÁMETROS DE RESISTENCIA EN ROCA

Es posible establecer el valor del Rock Mass Rating (RMR) con base en los siguientes parámetros de calificación (Bieniawski, 1975):

- Resistencia a la Compresión del Material Rocoso (1)
- Índice de Calidad de la Roca – RQD (2)
- Espaciamiento entre Juntas (3)
- Estado de las Juntas (4)
- Condición de Flujo del Agua (5)
- Ajustes por Orientación de Discontinuidades (6)

Se propone aplicar los siguientes criterios para la determinación de las calificaciones, según lo encontrado en las perforaciones:

- El espaciamiento entre juntas se establece visualmente de las muestras de roca obtenidas de las perforaciones.
- El estado de las juntas se califica con el segundo puntaje más desfavorable en todos los casos.
- La condición de flujo de agua se considera siempre como la más desfavorable.
- El ajuste por orientación de discontinuidades se realiza visualmente, dependiendo de la orientación de las diaclasas encontradas en las muestras de roca recuperadas.

La calificación se hace con ayuda de las Tablas 10.4.6.4-1 y 10.4.6.4-2 de la CCP-14, las cuales se presentan en la 4.

Ilustración 31. Criterios de determinación del RMR

**Tabla 10.4.6.4-1 — Clasificación de macizos rocosos geotécnicos**

| Parámetro | | | Rango de valores | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Resistencia del material de roca intacta | Índice de resistencia con carga puntual | >8 MPa | 4-8 MPa | 2-4 MPa | 1-2 MPa | Para este rango bajo, se prefiere la prueba de resistencia a la compresión uniaxial | | |
| | | Resistencia a la compresión uniaxial | >200 MPa | 100-200 MPa | 50-100 MPa | 25-50 MPa | 10-25 MPa | 3.5-10 MPa | 1.0-3.5 MPa |
| | Valoración relativa | | 15 | 12 | 7 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| 2 | Calidad del núcleo de la perforación RQD | | 90% a 100% | 75% a 90% | | 50% a 75% | | 25% a 50% | <25% |
| | Valoración relativa | | 20 | 17 | | 13 | | 8 | 3 |
| 3 | Espaciamiento de las juntas | | >3000 mm | 900-3000 mm | | 300-900 mm | | 50-300 mm | <50mm |
| | Valoración relativa | | 30 | 25 | | 20 | | 10 | 5 |
| 4 | Condición de las juntas | | • Superficies muy rugosas<br>• No continuas<br>• Sin separación<br>• Junta de pared de roca dura | • Superficies ligeramente rugosas<br>• Separación <1.25 mm.<br>• Junta de pared de roca dura | | • Superficies ligeramente rugosas<br>• Separación < 1.25mm<br>• Junta de pared de roca blanda | | • superficies suavizadas lateral o<br>• Gubia <5mm<br>• Espesor <5mm<br>• Juntas abiertas 1.25 - 5mm<br>• Juntas continuas | • Gubia suave >5mm Espesor o<br>• Juntas abiertas >5mm<br>• Juntas continuas |
| | Valoración relativa | | 25 | 20 | | 12 | | 6 | 0 |
| 5 | Condiciones del agua subterránea (use uno de los tres criterios de evaluación según sea apropiado para el método de exploración) | Caudal de entrada por cada 30 mm de longitud del túnel | Ninguna | <25 L/min | | 25-125 L/min | | >125 L/min | |
| | | Relación = presión del agua de la junta / principal mayor | 0 | 0.0-0.2 | | 0.2-0.5 | | >0.5 | |
| | | Condiciones generales | Completamente seco | Humedad solamente (agua intersticial) | | Agua a presión moderada | | Graves problemas por agua | |
| | Valoración relativa | | 10 | 7 | | 4 | | 0 | |

**Tabla 10.4.6.4-2 — Ajuste en la valoración geomecánica por orientación de las juntas**

| Orientaciones de Juntas | | Muy favorable | Favorable | Aceptable | Desfavorable | Muy desfavorable |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Valoraciones | Túneles | 0 | -2 | -5 | -10 | -12 |
| | Cimentaciones | 0 | -2 | -7 | -15 | -25 |
| | Pendientes | 0 | -5 | -25 | -50 | -60 |

El RMR puede emplearse para hallar parámetros de resistencia para la envolvente de Hoek, y para estimar el módulo de deformación del macizo rocoso.

## PARÁMETROS DE DEFORMACIÓN

Para el caso de los suelos finos, el valor del módulo de elasticidad $E_s$ se estima de acuerdo con la expresión:

$$E_s = 500\ c_u$$

En el caso de los estratos granulares, el valor del módulo de elasticidad $E_s$ puede estimarse mediante la expresión:

$$E_s = 3{,}000\ N_{campo}$$

Para el caso del basamento rocoso es posible estimar, a partir del módulo del Material Rocoso $E_R$, el valor del Módulo del Macizo $E_M$; el valor de $E_R$ se calcula como:

$$E_R = \rho\ (Vs)^2$$

Aquí, $\rho$ es la densidad de masa ($\gamma$ / g), y Vs es la velocidad de onda.

Con lo anterior, el módulo $E_M$ del Macizo puede estimarse como:

$E_M = E_R$ [RQD/350] Para RQD < 70%
$E_M = E_R$ [0.20+(RQD - 70) /37.5] Para RQD > 70%

De forma alternativa, el valor del Módulo de Elasticidad del Macizo Rocoso, Em, se obtiene de las ecuaciones 10.4.6.5-1 y 10.4.6.5-1 de la Norma CCP-14:

$$E_m(MPa) = 1000\left(10^{\frac{RMR-10}{40}}\right)$$

$$E_m(MPa) = E_R\left(0.1+\frac{RMR}{1150-11.4RMR}\right)$$

Estas expresiones son válidas para roca fracturada.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**MÓDULOS DE REACCIÓN**

A partir de estos valores es posible calcular los módulos de reacción horizontal $K_h$ y vertical $K_v$ del terreno a diferentes profundidades, de acuerdo con la expresión:

$$K_h = \left(\frac{0.65}{B}\right)\sqrt[12]{\frac{E_s B^4}{E_p I_p}}\frac{E_s}{1-\nu^2}$$

$$K_v = \frac{E_s}{(1-\upsilon^2)B}$$

En la expresión anterior $\nu$ es la relación de Poisson y B es el diámetro de un pilote.

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

Con base en la exploración geotécnica realizada, la topografía, la hidráulica y la geología de la zona se elaborará un perfil estratigráfico en cada sitio crítico en estudio, indicando:

- Descripción de cada estrato de suelo o roca encontrado
- Espesores de estrato

- Nivel freático

Este perfil permitirá establecer, entre otros aspectos, los niveles de cimentación requeridos por cada uno de los apoyos de las estructuras a diseñar.

Asimismo, la información obtenida a partir de los perfiles estratigráficos será integrada dentro del proceso de análisis y diseño, permitiendo relacionar los estratos identificados con la tipología estructural propuesta. Esta integración facilitará la definición preliminar de los niveles de cimentación recomendados para cada apoyo.

## CAPACIDAD PORTANTE DE CIMIENTOS SUPERFICIALES

La capacidad portante vertical del terreno de apoyo para cimientos superficiales estará definida por la expresión de Meyerhof (1963):

$$q_{máx} = c_u N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q' N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.50 \gamma B N\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Para el caso de suelos estratificados se empleó la metodología de Meyerhof y Hanna para el caso de estratos granulares sobre finos, de acuerdo con la expresión:

$$q_u = \left(1 + 0.2\frac{B}{L}\right) 5.14 c_2 + \gamma_1 H^2 \left(1 + \frac{B}{L}\right)\left(1 + \frac{2D_f}{H}\right)\frac{K_s tan\phi_1}{B} + \gamma_1 D_f$$

Aquí, $K_s$ es el coeficiente de corte por punzonamiento que es función de la capacidad portante máxima de cada estrato.

De forma alternativa, para el caso de suelos granulares es posible limitar los valores admisibles de capacidad portante con base en un asentamiento permitido $S_e$ de 12.7 mm (1/2"); el valor de la capacidad portante puede estimarse mediante la expresión:

$$q_{adm}(kN/m2) = 11.98 N_{corr}\left(\frac{3.28B + 1}{3.28B}\right)^2 F_d \left(\frac{Se}{25.4}\right)$$

Aquí:

$$F_d = 1 + 0.33\ (Df/B) <= 1.33$$

El valor de la resistencia $N_{corr}$ se calcula en la forma ya indicada.

## ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN

Para análisis, el espesor de la capa compresible está definido por la profundidad a la cual el incremento de esfuerzos es del 10% del esfuerzo aplicado por el cimiento y que, de forma aproximada, corresponde a dos veces el ancho del cimiento; además, se requiere calcular el incremento de esfuerzos en la mitad de esa capa. El valor del incremento de esfuerzos impuesto por las cargas se hace mediante la expresión:

$$q_v = q_o \frac{1}{4\pi}\left[\frac{2MN\sqrt{V}}{V+V_1}\frac{V+1}{V} + \tan^{-1}\left(\frac{2MN\sqrt{V}}{V-V_1}\right)\right]$$

Dónde:

$$M = \frac{B}{z}$$

$$N = \frac{L}{z}$$

qv = 0 para z=0

$$V = M^2 + N^2 + 1$$

$$V_1 = (MN)^2$$

Aquí, qv es la presión de contacto, B y L son el ancho y la longitud de cimiento, respectivamente, y z es la profundidad de cálculo.

El incremento de esfuerzo promedio qprom en la capa compresible se calcula como:

$$\Delta q_{prom} = \frac{1}{6}\left(\Delta q_{tope} + 4\Delta q_{medio} + \Delta q_b\right)$$

El asentamiento por consolidación se estima como:

Para arcillas normalmente consolidadas:

$$Sc = \frac{C_c H}{(1+e_0)} \log\left(\frac{\sigma'_v + \Delta q_{prom}}{\sigma'_v}\right)$$

Para arcillas preconsolidadas, donde:

$$\sigma'_v + \Delta q_{prom} < \sigma'_p$$

$$Sc = \frac{C_r H}{(1+e_0)} \log\left(\frac{\sigma'_v + \Delta q_{prom}}{\sigma'_v}\right)$$

Para arcillas preconsolidadas, donde:

$$\sigma'_v < \sigma'_p < \sigma'_v + \Delta q_{prom}\ Sc = \frac{C_r H}{(1+e_0)} \log\frac{\sigma'_p}{\sigma'_v} + \frac{C_c H}{(1+e_0)} \log\left(\frac{\sigma'_v + \Delta q_{prom}}{\sigma'_p}\right)$$

Fuente: (Terzaghi)

Con esta información es posible estimar el tiempo en el que se alcanzan distintos grados de consolidación por medio del Factor de Tiempo Tv, mediante la expresión:

$$t = \frac{T_v H^2}{c_v}$$

Fuente: (Terzaghi)

Para cada valor de asentamiento considerado, que es inferior al máximo, calcula el grado de consolidación U (%) correspondiente de acuerdo con:

$$U(\%) = 100\frac{S}{S_c}$$

El factor de tiempo Tv para cada grado de consolidación se calcula como:

$$T_v = \frac{\pi}{4}\left(\frac{U(\%)}{100}\right)^2 \qquad \text{Para U (\%) <= 60\%}$$

$$T_v = 1{,}781 - 0{,}933\, log\ (100 - U(\%)) \qquad \text{Para U (\%) > 60\%}$$

## CAPACIDAD PORTANTE DE CIMIENTOS PROFUNDOS A COMPRESIÓN

Se prevé plantear la construcción de cimientos profundos para las estructuras requeridas si se encuentra que éstas no pueden ser apoyadas mediante cimientos superficiales. Los cálculos se desarrollarán para los estados límites de servicio, resistencia y evento extremo siguiendo la metodología CCP-14.

Los Factores de Resistencia que deben emplearse en el Proyecto son los siguientes, de acuerdo con la CCP-14:

Tabla 6. Factores de Resistencia para Pilotes Excavados

| Método | Suelo | Condición | Factor de Resistencia |
|---|---|---|---|
| Resistencia Nominal a la Compresión Axial de Pilotes Perforados Individuales | Resistencia por Fuste en Arcillas | Método $\alpha$ – O´Neill & Reese (1999) | 0.45 |
| | Resistencia por Punta en Arcilla | Esfuerzo Total - O´Neill & Reese (1999) | 0.40 |
| | Resistencia por Fuste en Arena | Método $\beta$ - O´Neill & Reese (1999) | 0.55 |
| | Resistencia por Punta en Arena | O´Neill & Reese (1999) | 0.50 |
| | Resistencia por Fuste en IGM´s | O´Neill & Reese (1999) | 0.60 |
| | Resistencia por Punta en IGM´s | O´Neill & Reese (1999) | 0.55 |
| | Resistencia por Fuste en Roca | Horvath and Kenney (1979) | 0.55 |
| | Resistencia por Punta en Roca | O´Neill & Reese (1999) | 0.50 |
| Resistencia al Levantamiento de Pilotes Perforados Individuales | Arcilla | Método $\alpha$ – O´Neill & Reese (1999) | 0.35 |
| | Arena | Método $\beta$ - O´Neill & Reese (1999) | 0.45 |
| | Roca | Horvath and Kenney (1979) | 0.40 |

| Método | Suelo | Condición | Factor de Resistencia |
|---|---|---|---|
| Resistencia Geotécnica Horizontal del Pilote Individual | Todos los Materiales | | 1.0 |

Con base en lo establecido en el Numeral 10.8.3.5.4b – Resistencia Lateral, de la CCP-14, la resistencia por fuste en materiales rocosos debe calcularse como:

$$P_f = 0.65\alpha_E \pi D p_a \sum_{i=1}^{G} \sqrt{\frac{q_{ui}}{p_a}} (\Delta L_i)$$

Aquí, $\alpha_E$ es un factor de adhesión que depende de la relación $E_m/E_r$, D es el diámetro del pilote, $p_a$ es la presión atmosférica, G es el número de subtramos de pilote dentro de estratos rocosos, $q_{ui}$ es la resistencia a la compresión del material rocoso en cada subtramo de roca, y $\Delta L_i$ es la longitud de cada subtramo.

La resistencia máxima por punta para roca maciza se estima como:

$$P_p = 2.5 q_u A_p$$

La resistencia máxima por punta para roca fracturada se estima como:

$$P_p = \left[\sqrt{s} + \sqrt{(m\sqrt{s} + s)}\right] q_u A_p$$

Aquí, las variables m, y s son los parámetros de resistencia de la envolvente de Hoek para el macizo rocoso.

Para tramos de pilote embebidos en suelos granulares, la resistencia por fuste se calcula mediante:

$$P_{f\,granular} = \pi D \sum_{i=1}^{A} \beta_i \sigma'_{vi} (\Delta L_i)$$

En esta expresión, A es el número de subtramos de pilote dentro de estratos granulares. El valor de $\beta i\ \sigma'_{vi}$ se limita a un valor máximo de 190 kPa, y el valor de $\beta_i$ se obtiene como:

$$\beta_i = \left(\frac{N_{60}}{15}\right)\left(1.5 - 0.0077\sqrt{z}\right) \qquad para\ N_{60} < 15$$

$$\beta_i = \left(1.5 - 0.0077\sqrt{z}\right) \qquad para\ N_{60} \geq 15$$

Para tramos de pilote embebidos en suelos finos, siguiendo lo indicado en el Numeral 10.8.3.5.1b – Resistencia Lateral, la resistencia por fuste se calcula en función de la resistencia no drenada $c_{ui}$ mediante:

$$P_{f\,fino} = \pi D \sum_{i=1}^{F} \alpha_i c_{ui} \left(\Delta L_i\right)$$

En esta expresión, F es el número de subtramos de pilote dentro de estratos de suelo fino. El valor de $\alpha_i$ se obtiene como:

$$\alpha_i = 0.55 \qquad para\ \frac{c_{ui}}{p_a} \le 1.5$$

$$\alpha_i = 0.55 - 0.1\left(\frac{c_{ui}}{p_a} - 1.5\right) \qquad para\ \frac{c_{ui}}{p_a} \ge 1.5$$

Por otra parte, la resistencia por punta en suelos no cohesivos debe calcularse, según el Numeral 10.8.3.5.2c – Resistencia de Punta, con los siguientes criterios:

Si $N_{60}$ < 50 golpes/pie:

$$q_p = 58.64\ N_{60}$$

Si $N_{60}$ < 50 golpes/pie:

$$q_p = 0.59\left[N_{60}\left(\frac{p_a}{\sigma'_v}\right)\right]^{0.80}\sigma'_v$$

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

En este caso, $p_a$ es la presión atmosférica, con un valor de 101.3 kPa. El valor de $N_{60}$ no debe adoptarse como mayor a 100.

Para el caso de los suelos finos, el valor de la resistencia por punta debe calcularse como:

$$q_p = c_u\ N_c$$

El valor de factor de capacidad portante $N_c$ se calcula, según el Numeral 10.8.3.5.1c – Resistencia de Punta, como:

$$Nc = 6\left[1 + 0.20\left(\frac{Z}{D}\right)\right] \le 9$$

Aquí, Z es la penetración del pilote y D su diámetro.

La Capacidad Portante Permitida de Pilotes en cada uno de los apoyos de los puentes se calcula como:

$$P_R = \varphi_{qs} P_f + \varphi_{qp} P_p$$

En la expresión anterior $\varphi_{qs}$ es el Factor de Resistencia por Fuste, y $\varphi_{qp}$ es el Factor de Resistencia por Punta, de acuerdo con la Tabla 10.5.5.2.4-1 de la CCP-14.

Es necesario que la separación entre centros de pilote sea de al menos 3 veces el diámetro, esto con el fin de restringir la superposición de esfuerzos y evitar reducciones en la capacidad portante de cada cimiento individual.

## ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES PROFUNDAS

En este caso, el acortamiento elástico $S_e$ de los pilotes se calcula como:

$$S_e = P_{adm} \sum_{i=1}^{N} \frac{\Delta L_i}{A_p E_p}$$

En esta expresión $P_{adm}$ es la capacidad portante admisible del pilote $\Delta L_i$ es la longitud de cada subtramo de pilote, $A_p$ es la sección transversal del pilote, y $E_p$ es el módulo de elasticidad del concreto.

El asentamiento por transferencia de carga del pilote al terreno natural puede calcularse como (Bowles, 1996):

$$S_{tr} = F_E F_R \left( \frac{P_{adm}}{A_p} \right) D \frac{\left(1 - \upsilon^2\right)}{E_s}$$

Aquí, $F_E$ es un factor de empotramiento, con un valor máximo de 0.55, $F_R$ es un factor de reducción para considerar el aporte de la carga por fuste, con un valor máximo de 0.75, $\nu$ es la relación de Poisson del suelo, con un valor de 0.40, y $E_s$ corresponde al módulo de elasticidad del terreno en el que se apoya la punta del pilote.

Los asentamientos totales en los pilotes se calculan finalmente como:

$$S_T = S_e + S_{tr}$$

Los asentamientos esperados para las longitudes de pilote consideradas en los análisis se presentan en gráficas de variación con la longitud del pilote.

## CAPACIDAD PORTANTE A TRACCIÓN DE CIMIENTOS PROFUNDOS

De acuerdo con la CCP-14, se prevé que el cálculo de la Capacidad a Tracción se base en los mismos principios que se emplean para el cálculo a Compresión en cuanto a resistencia por fuste; en este caso, y a diferencia del cálculo de capacidad portante a compresión, para estimar la Capacidad a Tracción se considera el aporte de los suelos encontrados por encima de los macizos rocosos.

Considerando lo anterior, y con base en lo establecido en el Numeral 10.8.3.5.4b – Resistencia Lateral, de la CCP-14, la resistencia por fuste en materiales rocosos debe calcularse como:

$$P_{f\,roca} = 0.65\alpha_E \pi D p_a \sum_{i=1}^{G} \sqrt{\frac{q_{ui}}{p_a}} (\Delta L_i)$$

Aquí, $\alpha_E$ es un factor de adhesión que depende de la relación $E_m/E_r$, D es el diámetro del pilote, $p_a$ es la presión atmosférica, G es el número de subtramos de pilote dentro de estratos rocosos, $q_{ui}$ es la resistencia a la compresión del material rocoso en cada subtramo de roca, y $\Delta L_i$ es la longitud de cada subtramo.

Para tramos de pilote embebidos en suelos granulares, la resistencia por fuste se calcula mediante:

$$P_{f\,granular} = \pi D \sum_{i=1}^{A} \beta_i \sigma'_{vi} (\Delta L_i)$$

En esta expresión, A es el número de subtramos de pilote dentro de estratos granulares. El valor de $\beta i\ \sigma'_{vi}$ se limita a un valor máximo de 190 kPa, y el valor de $\beta_i$ se obtiene como:

$$\beta_i = \left(\frac{N_{60}}{15}\right)\left(1.5 - 0.0077\sqrt{z}\right) \qquad para\ N_{60} < 15$$

$$\beta_i = \left(1.5 - 0.0077\sqrt{z}\right) \qquad para\ N_{60} \geq 15$$

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Para tramos de pilote embebidos en suelos finos, la resistencia por fuste se calcula en función de la resistencia no drenada $c_{ui}$ mediante:

$$P_{f\,fino} = \pi D \sum_{i=1}^{F} \alpha_i c_{ui} (\Delta L_i)$$

En esta expresión, F es el número de subtramos de pilote dentro de estratos de suelo fino. El valor de $\alpha_i$ se obtiene como:

$$\alpha_i = 0.55 \qquad para\ \frac{c_{ui}}{p_a} \leq 1.5$$

$$\alpha_i = 0.55 - 0.1\left(\frac{c_{ui}}{p_a} - 1.5\right) \qquad para\ \frac{c_{ui}}{p_a} \geq 1.5$$

La Capacidad Portante Permitida a Tracción es, en consecuencia:

$$P_T = \varphi_{uproca} P_{f\,roca} + \varphi_{upgranular} P_{f\,granular} + \varphi_{upfino} P_{f\,fino} + W_{pilote}$$

En la expresión anterior $\varphi_{uproca}$ es el Factor de Resistencia contra Levantamiento por Fuste en roca, con un valor de 0.40, $\varphi_{upgranular}$ es el Factor de Resistencia contra Levantamiento por Fuste en granulares, con un valor de 0.45, y $\varphi_{uproca}$ es el Factor de Resistencia contra Levantamiento por Fuste en suelos finos, con un valor de 0.35 de acuerdo con la Tabla 10.5.5.2.4-1 de la CCP-14.

**RESISTENCIA ANTE CARGA HORIZONTAL EN PILOTES**

En este caso se emplea el método de Meyerhof para la determinación de la resistencia ante carga horizontal de los pilotes; en ese método un pilote se clasifica como flexible si:

$$K_r = \frac{E_p I_p}{E_s L^4} < 0.01$$

Kr es la rigidez relativa del pilote.

En el caso de suelos no cohesivos la resistencia máxima por carga horizontal Q en pilotes cortos o rígidos es:

$$Q = 0.12\ \gamma\ D\ L^2\ K_{br} < 0.4\ p_l\ D\ L$$

En esta expresión $K_{br}$ es un coeficiente de presión neta resultante que depende del ángulo de fricción del suelo, y $p_l$ es la presión límite en el presurómetro de Menard y equivale a:

$$p_l = 40\ N_q \tan\phi'$$

Para el caso de pilotes flexibles el valor de resistencia horizontal máxima Q se calcula reemplazando el valor de L por la longitud equivalente $L_e$, que se estima mediante:

$$L_e = 1.65\ L\ Kr^{0.12}$$

En suelos cohesivos el valor de la resistencia horizontal máxima en pilotes cortes o rígidos se calcula como:

$$Q = 0.40\ c_u\ K_{cr}\ D\ L^2 < 0.4\ p_l\ D\ L$$

El parámetro $K_{cr}$ depende la relación L/D, y $p_l$ es la presión límite en el presurómetro de Menard y equivale a:

$$p_l = 6\ c_u$$

Para el caso de pilotes flexibles el valor de resistencia horizontal máxima Q se calcula reemplazando el valor de L por la longitud equivalente Le, que se estima mediante:

$$L_e = 1.5\ L\ Kr^{0.12}$$

## COEFICIENTES DE EMPUJES ACTIVOS, PASIVOS Y EN REPOSO

Para el cálculo de empujes activos, se utilizará el método propuesto por Mononobe, 1929, Okabe, 1926 para condiciones seudo-estáticas. Este método permite obtener presiones dinámicas sobre una estructura de retención con relleno de material granular, considerando propiedades de resistencia del suelo de relleno y de fricción muro-suelo, geometría del muro, aceleración de la gravedad y aceleraciones seudo-estáticas, tal como lo indican las siguientes expresiones.

$$P_{h(MR\text{-}S)} = \frac{1}{2}\gamma H^2(1-k_v)K_{ae}$$

$$K_{ae} = \frac{\text{sen}^2(\theta+\eta-\varphi)}{\cos(\eta)\text{sen}^2(\theta)\text{sen}(\delta+\theta+\eta)\left[1+\sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi+\delta)\text{sen}(\varphi\ \ \eta\ \ \beta)}{\text{sen}(\delta+\theta+\eta)\text{sen}(\theta+\beta)}}\right]^2}$$

$$\eta = \tan^{-1}\left[\frac{k_h}{1\text{-}k_v}\right]$$

En estas expresiones Ph (MR-S) es la presión total activa, Kae es el coeficiente de presión de tierra activa, kh y kv son las aceleraciones horizontal y vertical entre la aceleración de la gravedad, respectivamente, γ es el peso volumétrico del suelo, φ es el ángulo de fricción interna del suelo, δ es el ángulo de fricción en el contacto suelo-muro, β y θ son los ángulos de inclinación correspondientes de la superficie del relleno y del respaldo del muro (en esta investigación se consideraron horizontal y vertical, respectivamente) y H es la altura del muro.

La presión de tierra activa total (Ph (MR-S)) corresponde a la suma de la componente estática (Ph-est (MR-S), ecuación 9) y la dinámica (Ph-din (MR-S)), como lo indica la siguiente expresión.

$$P_{h(MR\text{-}S)} = P_{h\text{-}est(MR\text{-}S)} + P_{h\text{-}din(MR\text{-}S)}$$

$$P_{h\text{-}est(MR\text{-}S)} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

En la ecuación anterior, Ka es el coeficiente de presión de tierra activa en condición estática, expresado en la siguiente ecuación:

$$K_a = \frac{1-\text{sen}\varphi}{1+\text{sen}\varphi}$$

## EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En esta etapa del proyecto se evaluarán la alternativa de cimentación más adecuada para las estructuras propuestas, dependiendo de las propiedades de resistencia y deformación del suelo, y de las características de

la obra a diseñar, de acuerdo con los aspectos indicados anteriormente; también se prevé revisar los diseños para la condición de carga horizontal en la cimentación.

Con la evaluación de alternativas se indicará la solución más viable, el tipo y profundidad de cimentación, las características geométricas, y toda información necesaria para el estudio.

**CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO**

Se hará un análisis de las condiciones especiales de los suelos tales como el potencial de expansión y el potencial de licuación, si estas condiciones se identifican en la exploración geotécnica.

**INFORME**

Se elaborará el Estudio de Suelos para el diseño de Fundaciones, el cual incluirá los resultados de los análisis de capacidad portante y asentamientos, y las recomendaciones de construcción para los puentes en estudio.

***PLAN DE EXPLORACIÓN GEOTECNIA DE FUNDACIONES Y TALUDES***

**EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA**

El plan de investigación geotécnico tiene como finalidad; el permitir que el consultor complemente la información existente o verifique los parámetros de suelo que le permitan realizar la evaluación de las características geotécnicas que se valoren para el proyecto.

A continuación, se hace un recuento de los procedimientos más relevantes.

**PROTOCOLO DE MANEJO, TRANSPORTE, ENSAYO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS DE CAMPO Y PROCEDIMIENTO DE REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CAMPO Y DE LAS MUESTRAS DE LABORATORIO.**

La caracterización y clasificación de los suelos es posible gracias a procedimientos efectuados a los mismos en las pruebas de laboratorio. Con el objetivo de garantizar que los resultados en los estudios de suelos tengan la menor variabilidad posible entre laboratorios, se han constituido normas estándar para la realización de dichos ensayos. La precisión en los resultados de los ensayos de laboratorio no solamente depende del seguimiento estricto de los pasos recomendados por las normas existentes, sino también de la calidad y buen estado de los equipos que se utilicen en el proceso. Así como de la preparación de las personas encargadas y de conocimientos que estos tengan acerca del tema, de las condiciones de los lugares destinados a los laboratorios, de los procedimientos de extracción y manejo de muestras y de otros tantos factores.

Con el fin de clasificar un suelo mediante la caracterización de este en el laboratorio, se debe contar con muestras o porciones del mismo. Cuando los objetivos son generales y no se requiere conocer propiedades específicas, se manejarán muestras de inspección, de las cuales solo se pide que manejen masas representativas. Por el contrario, si los datos a conocer son específicos se manejarán muestras de laboratorio

que deben cumplir con condiciones de tamaño, procesos de obtención, manejo en el traslado, ambiente de almacenamiento, entre otras. Según sean las propiedades que se deseen conocer acerca de los suelos en estudio se podrán manejar muestras alteradas e inalteradas: Se consideran muestras alteradas aquellas una vez son extraídas del terreno pierden la condición de su estructura original. Serán recolectadas por medios de perforación y almacenadas de manera tal que se conserve su humedad natural o contenido de agua. Se consideran muestras inalteradas aquella que son extraídas por métodos que hacen posible que se mantenga la estructura natural de los suelos, como son la humedad natural, composición mineralógica y la relación de poros o vacíos. De igual manera serán almacenadas y recubiertas con material impermeabilizante para mantener sus propiedades. Es necesario aclarar que la palabra inalterada no se maneja de manera totalmente literal, pues se considera poco posible el mantener el 100 % de las propiedades del suelo, una vez este haya sido extraído y trasladado a laboratorio.

Todas las muestras y testigos se envasarán convenientemente para evitar su alteración durante el transporte o almacenamiento y se enviarán a la mayor brevedad posible al laboratorio. Las cajas deberán estar siempre protegidas de la intemperie, retirándose cada día al almacén. Bajo ningún concepto se debe abandonar una caja a la intemperie durante la noche en el mismo emplazamiento del sondeo.

Las cajas porta-testigos podrán ser metálicas, madera, cartón parafinado o plástico. En terrenos húmedos o arenosos saturados no es aconsejable la utilización de cajas de cartón parafinado por su escasa durabilidad.

Las muestras inalteradas se conservarán en el laboratorio en un ambiente de temperatura y humedad controladas. Únicamente se procederá a la apertura de los envases de las muestras que vayan a ensayarse, y solo en el momento de la realización de los ensayos correspondientes.

El envasado de las muestras se realizará en sacos de plástico de suficiente consistencia para su transporte y de modo que se evite durante el mismo la pérdida de finos. De cada muestra en saco se tomará una fracción suficiente para la determinación de la humedad natural. Esta fracción se recogerá en un envase hermético. Cada envase será etiquetado correctamente para su identificación utilizando al menos dos etiquetas adhesivas, una de las cuales, se colocará en el interior del saco como medida de seguridad.

**PROCEDIMIENTO**

Para todas las muestras se identificarán apropiadamente las muestras con membretes, rótulos y marcas, antes de transportarlos, en la siguiente forma:

a) Nombre o número de la obra, o ambos.
b) Fecha del muestreo.
c) Muestra/número y localización de la perforación.
d) Profundidad o elevación, o ambas.
e) Orientación de la muestra.
f) Datos del ensayo de penetración si son aplicables.

Los demás pasos no descritos en el presente documento se llevarán a efecto cumpliendo con los protocolos que indica la especificación CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUELOS del Instituto Nacional de Vías.

Todos los ensayos de laboratorio que se realicen serán ejecutados por un laboratorio certificado – ISO 9001:2015 – Certificado CO23/0000008.

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO.**

Las muestras de suelo se clasificarán utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) y en caso de encontrar rocas se describirán incluyendo su formación, identificación, características litológicas y físicas, y demás características que lleven a una caracterización geomecánica reconocida, y cualquier otra información útil desde el punto de vista del diseño de ingeniería. La anterior información se presentará condensada en perfiles estratigráficos por sondeo. Se presentará la variación con la profundidad de cada una de las propiedades y parámetros obtenidos de la exploración y caracterización del subsuelo. En los registros de campo quedará indicada la información de la existencia o no del nivel freático aguas a presión superior a la cota de la superficie, y su variación durante los sondeos.

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

A las muestras recuperadas de las perforaciones, se les realizarán ensayos de clasificación de suelos, tales como límites de attemberg, humedad, granulometría, pesos unitarios, entre otros. Adicionalmente, se ejecutarán

ensayos de resistencia tales como cortes directos, compresiones inconfinadas en suelo y compresiones inconfinadas en rocas (si aplica).

Los ensayos se realizarán en un laboratorio que presente todos sus equipos calibrados y certificados para la ejecución de este tipo de ensayos.

**RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Los registros de perforación serán el insumo para los diseños geotécnicos. Estos serán presentados de forma clara se incluirá:

- Registros de perforación detallados.
- Registros fotográficos.

Se realizará perforación mecánica, con profundidades de 20.00 m a 30.00 m en promedio, la recuperación de las muestras se hará cada 1,5 metros o cada vez que cambie el material, El ensayo de SPT se ejecutará al momento de la toma de la muestra, y la recuperación de muestras inalteradas con tubo Shelby se recuperará con golpes inferiores a SPT<10. Adicionalmente, se tomará la fluctuación del Nivel Freático durante el tiempo que dure la perforación llevando registros diarios

**METODOLOGÍA**

Se prevé realizar los siguientes trabajos para la caracterización geotécnica en la zona del proyecto:

- Perforaciones Mecánicas

La metodología para la ejecución de cada una de estas modalidades de exploración se ilustra a continuación:

**PERFORACIONES MECÁNICAS**

Teniendo en cuenta que la caracterización geotécnica se orientará a la definición de parámetros de deformación, valga decir módulos de elasticidad y parámetros de consolidación, se propone adoptar el siguiente procedimiento en campo:

*Tabla 1 Procedimiento de campo para perforaciones mecánicas de 30 m, 20 m, 1 5 m y 10 m de profundidad*

| Profundidad | Muestreo | Ensayos de Campo |
|---|---|---|
| 0.00m – 30.00m | Recuperación de Muestras SS cada 1.5m o cambio de material y Tubo Shelby cada 3,0m, si el suelo lo permite SPT < 8 | SPT de 0.45 m, alternados con el muestreo con Tubo |

| Profundidad | Muestreo | Ensayos de Campo |
|---|---|---|
| | | Shelby si es posible sacar muestra |
| Diámetros | NQ 2.5" (Aprox) | 1,38" (Aprox) |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

El equipo de perforación se llevará hasta el sitio del sondeo con ayuda de un camión; además del equipo y de la tubería para la perforación.

El avance se hará de forma cuidadosa, esto debido a la cercanía entre muestras y entre niveles para el ensayo de SPT.

Para la realización de las perforaciones, ensayos de SPT y toma de muestras, se seguirá la secuencia lógica que se presenta a continuación de acuerdo a lo planteado en ASTM D 1586:

1. Posicionar el martillo arriba y fijar el yunque a la parte superior de las barras de muestrear. Esto se puede hacer antes de bajar las barras de muestrear y el muestreador dentro del agujero.

2. Marcar las barras de perforación en tres incrementos sucesivos de 0,15 m, de manera que el avance del muestreador por el impacto del martillo sea fácilmente visible para cada uno de los incrementos.

3. Levantar y liberar el martillo de 63,5 kg.

4. Por cada golpe del martillo, el operador levantará 0,76 m y liberará el martillo. La operación de levantamiento y liberación será realizada de una manera rítmica sin sostener la cuerda al llegar al tope de altura.

5. Guiar al muestreador aplicando golpes con el martillo y contar el número de golpes aplicados a cada incremento de 0,15 m hasta que ocurra alguna de las siguientes situaciones:
   a. RECHAZO:Se aplican más de 50 golpes durante cualquiera de los tres incrementos de 0,15 m.
   b. RECHAZO: Se aplican más de 100 golpes sumando dos intervalos.
   c. RECHAZO: No se observa avance del muestreador después de 10 golpes.
   d. NO RECHAZO: El muestreador ha avanzado completamente los 0,45 m sin que se alcance el límite de golpes mencionado.

Proceso de toma muestras en cucharas partidas de la perforación

1. Recoger el muestreador en la superficie y abrirlo. Registrar el porcentaje de recuperación o la longitud de muestra recuperada. Describir la muestra de suelo recuperada en cuanto a composición, color, estratificación y condición, luego colocar una o más muestras representativas dentro de las bolsas o de los contenedores sellados que resguarden la humedad, sin sobre presionar o distorsionar alguna estratificación aparente.
2. Sellar cada contenedor para prevenir la evaporación de la humedad del suelo.
3. Adjuntar a cada bolsa o contenedor, etiquetas que indiquen la designación del trabajo.
4. Proteger las muestras contra cualquier cambio extremo de temperaturas. Si hay algún cambio de suelo dentro del muestreador, colocar cada uno en un contenedor e indicar su localización dentro del tubo del muestreador.

Proceso de toma muestras inalteradas (shelby-denison) en la perforación:

1. La toma de muestras inalteradas en un intervalo ubicado dentro de las perforaciones realizadas por el método SPT, debe seguir lo establecido en la ASTM D 1587, no obstante, requiere de trabajos adicionales dentro del sondeo, debido a las diferencias de diámetros de ambos muestreadores.
2. Si está prevista la toma de muestras inalteradas dentro de un sondeo realizado por el método SPT, es necesario prever también que el equipo de perforación empleado tenga las características necesarias que permitan que el mismo pueda ejercer una presión hidráulica sobre el shelby.
3. Antes de la penetración del shelby se debe ampliar el sondeo con un diámetro mayor que el shelby hasta la profundidad deseada.
4. Si el suelo que será muestreado por el shelby es muy blando y en estado saturado, es necesario emplear un pistón en el interior del shelby que impida la salida de la muestra, adicionalmente el muestreador no se debe retirar rápidamente, sino que debe permanecer varios minutos dentro del sondeo hasta que termine de entrar la muestra.

Es muy común que los sondeos en suelos muy blandos o arenosos se derrumben continuamente, para tal situación el perforador debe emplear varias técnicas de estabilización que permitan el avance del mismo sin que se afecte la calidad en la toma de muestras y sin alterar el número de golpes real de cada intervalo, para tal caso brindamos alunas soluciones de estabilización según el tipo de suelos.

Condiciones que se deben cumplir antes de la estabilización:

1. No se puede estabilizar un sector del sondeo que no haya sido penetrado por el muestreador, eso alteraría el número de golpes del intervalo.
2. La estabilización debe permitir el libre paso del muestreador.

3. Se debe limpiar el intervalo estabilizado antes de continuar la perforación.
4. La estabilización no debe influir en la dirección del pozo.

## ENSAYOS DE LABORATORIO

Cuando se hayan recuperado las muestras en cada sondeo (Alteradas o Inalteradas, dependiendo del tipo de material encontrado en la zona de exploración) se realizará los ensayos necesarios para la caracterización índice y geomecánica de los materiales. Todos los ensayos ejecutados seguirán lo estipulado en el MANUAL DE NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS (INVIAS) y para algunos casos particulares los requerimientos del AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM).

En este caso se prevé efectuar, se plantean los siguientes ensayos de laboratorio, para la caracterización geotécnica en la etapa de exploración:

Tabla 7. Ensayos de laboratorio previstos

| Ensayo | Norma |
|---|---|
| Determinación del Contenido de Humedad | INV E-122 |
| Gradación | INV E-123 |
| Determinación del Límite Líquido | INV E-125 |
| Determinación del Límite Plástico | INV E-126 |
| Consolidación Unidimensional | INV E-151 |
| Corte Directo (CD) | INV E-154 |
| Peso unitario | INV E-142 |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Para garantizar una caracterización completa y representativa de los materiales del proyecto, se propone la ejecución de una serie de ensayos de laboratorio orientados a determinar las propiedades índice, mecánicas y de compresibilidad del suelo. Estos ensayos incluyen granulometría, límites de Atterberg, peso unitario, contenido de humedad, pruebas de corte directo y consolidación. La cantidad específica de cada uno se presenta en la siguiente tabla, la cual consolida el alcance de la campaña de ensayos considerada para el estudio geotécnico.

Tabla 8. Cantidad ensayos de laboratorio previstos

| Ensayo | **CANTIDAD** |
|---|---|
| Granulometría | 249 |
| Límites de Atterberg | 249 |
| Peso Unitario | 249 |
| Contenido Humedad | 249 |
| Corte Directo | 83 |
| Consolidación | 83 |

Los ensayos de laboratorio serán asignados en función de las muestras obtenidas durante la campaña de exploración y de la variabilidad identificada en la estratigrafía del proyecto, de manera que se garantice una caracterización representativa de los diferentes materiales presentes. La programación de cada tipo de ensayo podrá ajustarse conforme se avance en la identificación de los estratos y en la calidad de las muestras recolectadas. En este sentido, la cantidad estimada de los ensayos puede variar de acuerdo con las condiciones del suelo determinadas en los perfiles estratigráficos de campo, permitiendo optimizar el alcance de la investigación geotécnica sin comprometer la confiabilidad de los análisis posteriores.

Se realizará una tabla resumen con los resultados de todos los ensayos de laboratorio realizados; para el Estudio de Fundaciones se prepararán gráficas de variación de los parámetros obtenidos con la profundidad de exploración alcanzada en cada sondeo.

## EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA DIRECTA PROPUESTA

En atención de las condiciones encontradas en el corredor vial, específicamente de los problemas de estabilidad, puentes proyectados y demás obras hidráulicas, se prevé la ejecución de 795 m lineales de Perforación Mecánica y 105 m lineales de Perforación manual.

La distribución de la exploración propuesta se presenta a continuación :

Tabla 9 Localización aproximada de perforaciones en tramo 1

| VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN | | | |
|---|---|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. SONDEOS** | **PROF. (m)** | **TOTAL (m)** |
| SECTOR INESTABLE CORTE EN ROCA | 1 | 5 | 5 |
| PUENTE | 2 | 20 | 40 |
| ESCARPE CON INDICIOS DE INESTABILIDAD | 1 | 6 | 6 |
| ZONA FINAL DE PAVIMENTO CON PRESENCIA DE FALLA | 4 | 6 | 24 |
| **TOTAL DE METROS DE PERFORACIÓN** | | | **75** |

Tabla 10 Localización aproximada de perforaciones en tramo 2

| VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ | | | |
|---|---|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. SONDEOS** | **PROF. (m)** | **TOTAL (m)** |
| PUENTE | 2 | 10 | 20 |
| SECTOR REMOCIÓN EN MASA 2 SONDEOS PARTE ALTA Y UNO EN LA VÍA | 3 | 10 | 30 |
| **TOTAL DE METROS DE PERFORACIÓN** | | | **50** |

Tabla 11 Localización aproximada de perforaciones en tramo 3

| VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE | | | |
|---|---|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. SONDEOS** | **PROF. (m)** | **TOTAL (m)** |
| MOVIMIENTO CERCA A ZONA DENOMINADA COMO " PARAÍSO", ZONA DE FALLA EN LA MITAD DE LA CALZADA | 2 | 10 | 20 |
| ZONA DE INESTABILIDAD, SONDEOS SISTEMÁTICOS CADA 150 m A LO LARGO DE LOS 3 PRIMERO KM | 15 | 10 | 150 |
| **TOTAL DE METROS DE PERFORACIÓN** | | | **170** |

Tabla 12 Localización aproximada de perforaciones en tramo 4

| VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45 | | | |
|---|---|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. SONDEOS** | **PROF. (m)** | **TOTAL (m)** |
| TRES ALCANTARILLAS | 3 | 9 | 27 |
| SONDEOS BOX | 20 | 6 | 120 |
| PUENTES CORTOS | 4 | 20 | 80 |
| PUENTES LARGOS | 2 | 30 | 60 |
| SONDEOS EN 4 TALUDES CON INESTABILIDAD | 4 | 9 | 36 |
| OBRAS HIDRÁULICAS NUEVAS | 2 | 6 | 12 |
| **TOTAL DE METROS DE PERFORACIÓN** | | | **335** |

Tabla 13 Localización aproximada de perforaciones en tramo 5

| VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL | | | |
|---|---|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. SONDEOS** | **PROF. (m)** | **TOTAL (m)** |
| SONDEOS REDES URBANAS | 5 | 6 | 30 |
| PUENTE | 2 | 20 | 40 |
| **TOTAL DE METROS DE PERFORACIÓN** | | | **70** |

Tabla 14 Localización aproximada de perforaciones en tramo 6

| VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO | | | |
|---|---|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. SONDEOS** | **PROF. (m)** | **TOTAL (m)** |
| CARACTERIZACIÓN SECTOR CON INESTABILIDAD | 16 | 10 | 160 |
| PUENTE | 2 | 20 | 40 |
| **TOTAL DE METROS DE PERFORACIÓN** | | | **200** |

## EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA INDIRECTA PROPUESTA

En función de las condiciones geológicas y geotécnicas presentes a lo largo del corredor vial, y con el fin de caracterizar de manera precisa el comportamiento dinámico del subsuelo, se contempla la ejecución de 35 líneas de refracción sísmica. Este estudio permitirá identificar la estratigrafía del terreno, evaluar la rigidez de los materiales y definir parámetros geofísicos esenciales para el análisis de estabilidad, diseño de cimentaciones y verificación del desempeño de las estructuras proyectadas, tales como puentes y obras hidráulicas.

Tabla 15 Localización aproximada de líneas de refracción tramo 1

| VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN | |
|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. LÍNEAS** |
| SECTOR CORTE EN ROCA | 1 |
| ESCARPE CON INDICIOS DE INESTABILIDAD | 1 |
| PUENTE | 2 |
| ZONA FINAL DE PAVIMENTO CON PRESENCIA DE FALLA | 3 |
| **TOTAL** | **7** |

Tabla 16 Localización aproximada de líneas de refracción tramo 2

| VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ | |
|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. LÍNEAS** |
| SECTOR REMOCIÓN EN MASA | 1 |
| PUENTE | 2 |
| **TOTAL** | **3** |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Tabla 17 Localización aproximada de líneas de refracción tramo 3

| VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE | |
|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. LÍNEAS** |
| MOVIMIENTO CERCA AL PARAÍSO, ZONA DE FALLA EN LA MITAD DE CALZADA | 3 |
| ZONA DE INESTABILIDAD LÍNEAS SISTEMÁTICAS A LO LARGO DE LOS 3 PRIMEROS KM | 6 |
| **TOTAL** | **9** |

Tabla 18 Localización aproximada de líneas de refracción tramo 4

| VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45 | |
|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. LÍNEAS** |
| 4 TALUDES CON INESTABILIDAD | 2 |
| PUENTE | 6 |
| **TOTAL** | **8** |

Tabla 19 Localización aproximada de líneas de refracción tramo 5

| VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL | |
|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. LÍNEAS** |
| PUENTE | 2 |
| **TOTAL** | **2** |

Tabla 20 Localización aproximada de líneas de refracción tramo 6

| VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO | |
|---|---|
| **SECTOR** | **CANT. LÍNEAS** |
| CARACTERIZACIÓN SECTOR CON INESTABILIDAD | 4 |
| PUENTE | 2 |
| **TOTAL** | **6** |

A continuación, se presenta la ubicación de las perforaciones propuestas y de las líneas sísmicas, georreferenciadas sobre imágenes de Google Earth. Esta representación permite visualizar su distribución espacial dentro del área de estudio y facilita la comprensión de la implantación prevista para la campaña de exploración geotécnica.

Ilustración 5. Localización aproximada de perforaciones en tramo 1

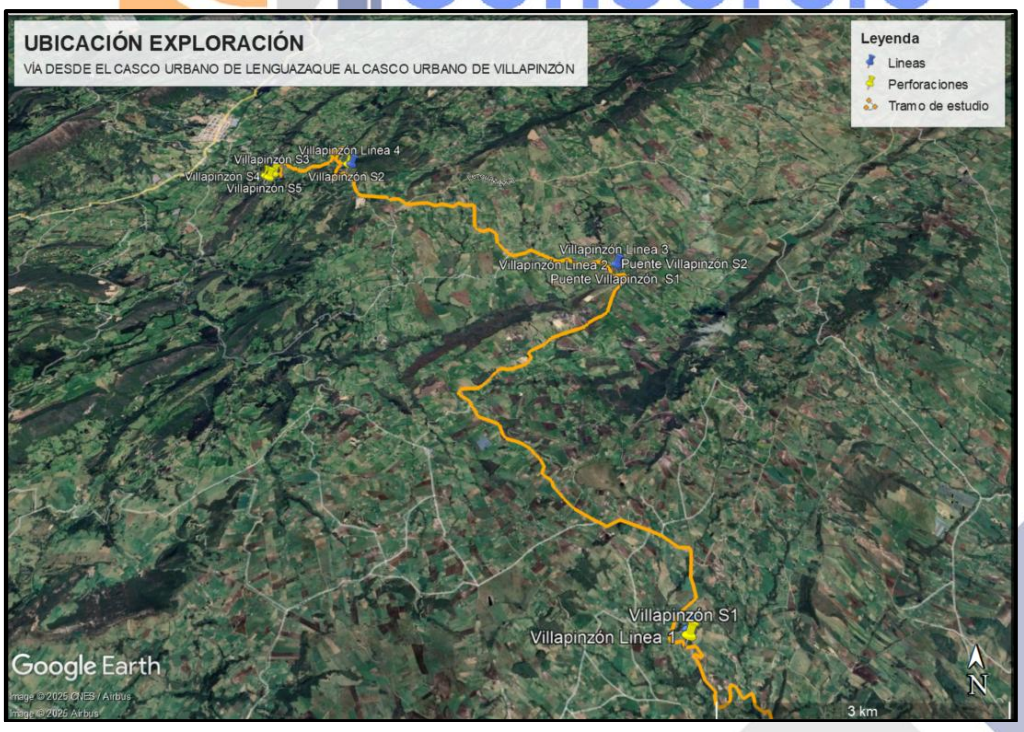


Ilustración 5. Localización aproximada de perforaciones en tramo 2




Ilustración 5. Localización aproximada de perforaciones en tramo 3



Ilustración 5. Localización aproximada de perforaciones en tramo 4

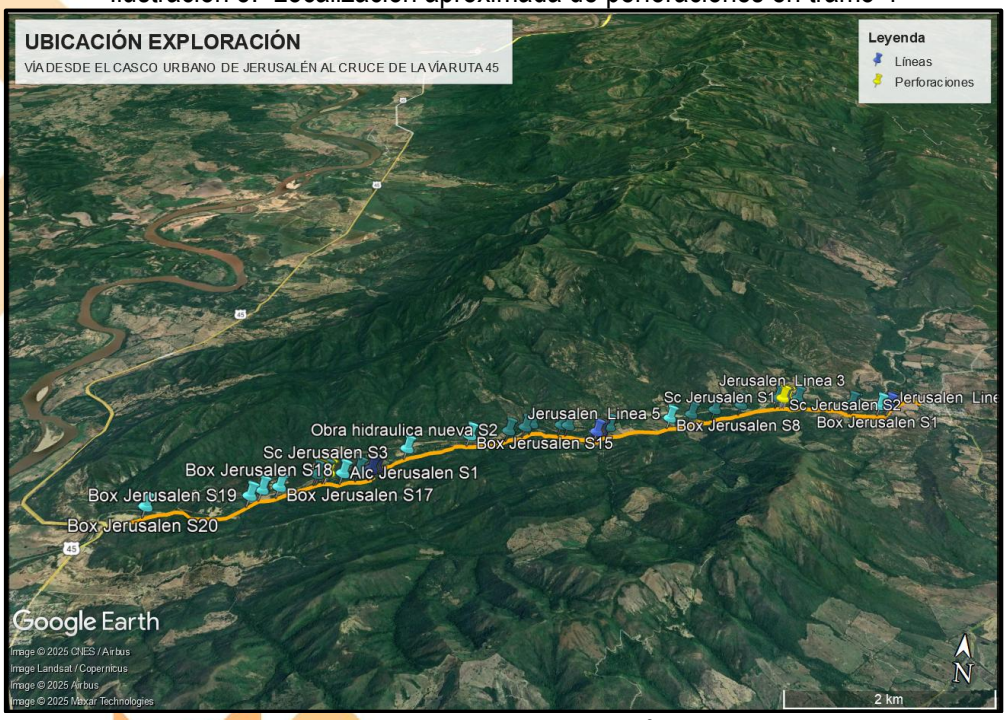



Ilustración 5. Localización aproximada de perforaciones en tramo 5

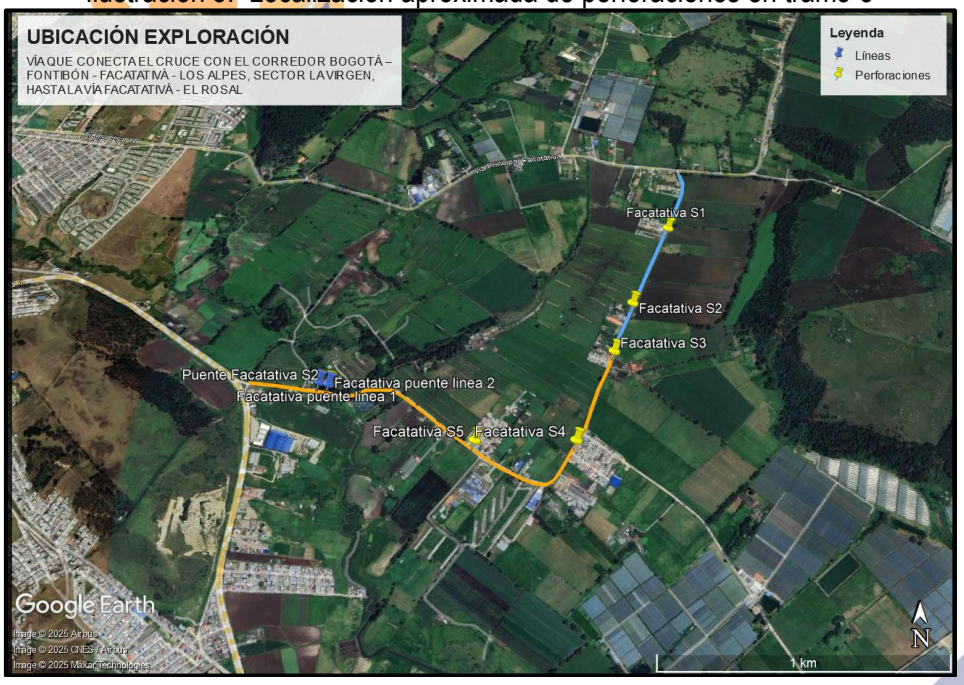


Ilustración 5. Localización aproximada de perforaciones en tramo 6.




## VOLUMEN V. ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

A continuación, se establecen criterios metodológicos básicos para la elaboración de los estudios geotécnicos para taludes y terraplenes que comprenden la recopilación de información secundaria, investigación del subsuelo, los análisis y las recomendaciones necesarios para diseño con el siguiente contenido:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO INICIAL DEL SECTOR VIAL Y SITIOS CRÍTICOS
CAPITULO 3. PLAN DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYOS
CAPITULO 4. TOPOGRAFÍA EN SITIOS CRÍTICOS
CAPITULO 5. RECOMENDACIONES Y ZONAS DE DISPOSICIÓN DE SOBRANTES
CAPITULO 6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN SITIOS CRÍTICOS
CAPITULO 7. PROCESO CONSTRUCTIVO DE OBRAS DE ESTABILIDAD
CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

Metodológicamente el estudio está reglamentado por los términos de referencia del contrato, el anexo técnico, las normas del instituto y los métodos de diseño de la entidad.

Definidos los objetivos y alcances, enmarcados dentro de la normatividad vigente se procederá a realizar los levantamientos de la información secundaria principalmente geología, topografía, geotecnia, fuentes de

materiales, drenaje y sub- drenaje, carga, factores ambientales, tipología de cargas y sistemas de estabilización seleccionados.

Basados en la información secundaria, y dependiendo de su calidad, se podrá tener una idea general de las condiciones básicas del proyecto como condiciones geológicas, geomorfológicas, composición del suelo etc.

Tanto con la información secundaria como con la construcción de los perfiles estratigráficos de cada perforación se podrá, entonces, construir un perfil geotécnico de las zonas críticas y determinar la sectorización geotécnica

Las conclusiones y recomendaciones se entregarán resumidas con las sugerencias y/o aportes que genera el estudio para ser tenidas en cuenta, antes, durante la construcción y la etapa de operación si aplicara.

De acuerdo con la capacidad de soporte del suelo y la calidad de materiales disponibles, y considerando las cargas externas aplicadas en las zonas, se propondrán las soluciones de taludes y terraplenes, en los puntos o zonas requeridas.

La normatividad que se tendrá en cuenta durante la ejecución del proyecto, cumpliendo con los requerimientos establecidos en el anexo técnico.

1. "NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES CCP-14", elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS (2014).
2. "REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10", elaborado por la Asociación de Ingeniería Sísmica, AIS (2010).
3. "MANUAL DE DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y PROFUNDAS PARA CARRETERAS", elaborado por el Instituto Nacional de Vías (2013).
4. "NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS", elaboradas por el Instituto Nacional de Vías, INVIAS.
5. "ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN PARA CARRETERAS" elaboradas por el Instituto Nacional de Vías, INVIAS.

Esta información permitirá definir, entre otros aspectos, las características que deberán tener la exploración geotécnica requerida, y los lineamientos para la ejecución de los análisis geotécnicos requeridos.

## ACOPIO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Esta actividad estará ceñida a lo establecido en los Términos de Referencia, en el cual se contempla la recopilación de información de los antecedentes del proyecto, estudios y normatividad aplicable aspectos relacionados con la geología, zonificación sísmica, riesgo por inundaciones y por remoción en masa, y en general todos los aspectos que complementen el reconocimiento integral del proyecto desde el punto de vista geotécnico.

La información secundaria mínima que se empleará en el desarrollo del proyecto es la siguiente:

5. "NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES CCP-14", elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS (2014).

6. "REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10", elaborado por la Asociación de Ingeniería Sísmica, AIS (2010).

7. ATLAS GEOLÓGICO DE COLOMBIA – PLANCHAS 209-227-245. INGEOMINAS. 2002.

8. "AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS", elaborado por la AASHTO (2012).

Adicionalmente a esta información se plantea realizar una búsqueda en los diferentes entes a nivel nacional y local, esta información complementará la visita de campo y reconocimiento visual de las zonas que hacen parte del proyecto, todo esto con el fin de tener un diagnóstico preliminar.

Como resultado de la etapa de Recopilación de Información, se podrá definir la información geotécnica base para la zona de estudio, como por ejemplo el tipo de perfil de suelo y algunos parámetros de diseño, los cuales serán complementados en las etapas siguientes del proyecto; la complementación de esta información se hará mediante exploración de campo. La finalidad de esta etapa es establecer los requerimientos de equipos de perforación, revestimientos, brocas, cantidades, obtención de muestras y demás consideraciones que deban hacerse para completar adecuadamente la información geotécnica recopilada en esta primera etapa, y tener un conocimiento base de la geotecnia de la zona a intervenir.

## RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE PROYECTO Y SU ENTORNO

Se efectuará un reconocimiento visual de las zonas que hacen parte del proyecto y su entorno, con el objetivo fundamental de realizar un diagnóstico preliminar. El reconocimiento del terreno se realizará mediante la visita por parte del ingeniero especialista en geotecnia y, una vez realizada la visita a la zona del proyecto, donde se determinarán las necesidades de exploración geotécnica de los suelos predominantes, se procederá a hacer la planeación detallada de los trabajos de campo requeridos y a definir otros aspectos de interés en el proyecto.

Adicionalmente, la información recolectada durante este reconocimiento servirá como insumo técnico para la delimitación preliminar y posterior ajuste del Corredor Geotécnico (CG), permitiendo identificar unidades geomorfológicas, procesos geodinámicos y condiciones del entorno que influyen en la interacción entre la vía proyectada y el territorio.

Dentro de los aspectos a revisar se encuentra:

- Geología Local y Suelos Existentes: Tipos de roca y suelo, perfiles de meteorización, drenaje.
- Fenómenos de Remoción en Masa: Tipo, extensión del fenómeno, materiales removidos y remanentes.
- Morfología y Procesos Morfodinámicos: Pendientes longitudinales y transversales, geoformas,

- Extensión y Cercanía de Cuerpos de Agua: Embalses, lagunas, reservorios, y su incidencia en la estabilidad de cortes y laderas en el proyecto.

- Accesibilidad para Exploración Geotécnica:

- Requerimientos para Exploración Geofísica: Si esta es requerida, determinar longitudes de tendido de líneas según la profundidad de prospección que debe alcanzarse.

- Drenaje: Manejo de las aguas en los taludes existentes y proyectados.

- Fuentes de Materiales: Tipo y calidad de materiales disponibles en fuentes aluviales o de peña.

La inspección el sitio del proyecto incluirá la toma de Registros Fotográficos, con especial interés en las condiciones que limiten o definan la estabilidad geotécnica de las obras en estudio.

## METODOLOGÍA PARA LA DELIMITACIÓN DEL CORREDOR GEOTÉCNICO (CG)

La delimitación del Corredor Geotécnico (CG) se realizará siguiendo la metodología estandarizada descrita en la Guía Corredor Geotécnico, que integra cartografía temática, análisis territorial, fuentes secundarias y verificación de campo. El proceso consta de siete pasos sucesivos.

Pasos resumidos del procedimiento

8. Definición del contexto geográfico: identificar la ubicación del trazado dentro de la zona geomorfológica y unidad geomorfológica correspondiente.

9. Recolección y revisión de información secundaria: mapas geológicos, DEM, imágenes satelitales, inventarios de movimientos en masa, cartas hidrológicas, mapas sísmicos, POT/POMCA y registros de eventos históricos.

10. Identificación de procesos activos y pasivos: reconocer remoción en masa, erosión, dinámica fluvial, zonas de subsidencia, depósitos coluviales/aluviales, fallas y otras geodinámicas que puedan interactuar con la vía.

11. Delimitación preliminar del CG (SIG): superposición de capas temáticas en SIG para generar un polígono envolvente que capture la dinámica natural o socio-natural con potencial de interacción sobre el alineamiento.

12. Análisis de entradas y salidas del sistema: evaluación de factores que alimentan o afectan al sistema (p. ej. escorrentía, cuencas, actividades antrópicas).

13. Validación en campo: reconocimiento visual, verificación de pendientes, afloramientos, niveles freáticos, evidencia de procesos y accesibilidad para la exploración geotécnica; ajuste del polígono preliminar según hallazgos.

14. Delimitación final y documentación: generación de mapas finales (planos SIG/CAD), informe técnico justificando la extensión del CG y registro para actualización (integración a bases de datos o sistemas sectoriales).

Criterios técnicos y umbrales mínimos

- Criterio general mínimo: en sectores sin dinámica geodinámica relevante, el CG no será inferior al derecho de vía + 100 m (a cada lado del eje o según definición del proyecto), salvo justificación técnica para ampliarlo.

- Zonas montañosas: delimitar por criterios morfométricos (unidad de ladera adyacente y envolvente de procesos morfodinámicos activos e inactivos).

- Valles y cauces: delimitar según la ronda hídrica y dinámica fluvial (áreas de divagación, meandros, ancho de cauce mayor, zonas de inundación).

## EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA DIRECTA

Se prevé la ejecución de sondeos mecánicos y manuales, esto de acuerdo con las características de las obras requeridas.

Las perforaciones seguirán lo establecido en el Numeral 10.4.2 – Exploración del Subsuelo, de la norma CCP – 14.

En cada sondeo se tiene prevista la obtención de los siguientes datos:

- Determinación del Perfil Estratigráfico

- Ubicación y evolución del Nivel Freático

- Ensayos de Resistencia a la Penetración Estándar - SPT (ASTM D1586) cada 2.0 m de avance como máximo, con registro de la profundidad de ejecución de cada prueba.

- Ensayos de Resistencia al Corte con la Veleta de Campo - VST (ASTM D2573) en suelos finos, siempre que éstos se encuentren, con registro de la profundidad de ejecución de cada prueba, y a profundidades alternadas cada 1.0 m con las de ejecución de las pruebas de SPT.

- Recuperación de Muestras alteradas e inalteradas.

- Registro de Pérdida de Agua durante el sondeo.

- Registro del Índice de Calidad de la Roca - RQD (ASTM D6032) para el caso de la aparición del Macizo Rocoso dentro de las profundidades alcanzadas el sondeo.

Se presentará un registro de perforación para cada uno de los sondeos, indicando los aspectos más relevantes como lo son las cotas y coordenadas, la profundidad y descripción de las muestras recuperadas, muestreador utilizado, método de avance, y los resultados de los ensayos in-situ propuestos.

Las muestras se almacenarán en cajas de muestreo, con indicación de las profundidades de recuperación respectivas.

Para el caso de sondeos mecánicos profundos se estima que la ejecución de cada una de las perforaciones tendrá una duración de al menos 3 días en campo.

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

Cuando se hayan recuperado las muestras en cada sondeo (Alteradas o Inalteradas, dependiendo del tipo de material encontrado en la zona de exploración) se realizará los ensayos necesarios para la caracterización índice y geomecánica de los materiales. Todos los ensayos ejecutados seguirán lo estipulado en el MANUAL DE NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS (INVIAS) y para algunos casos particulares los requerimientos del AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM).

En este caso se prevé efectuar, se plantean los siguientes ensayos de laboratorio por sondeo de 30m, para la caracterización geotécnica en la etapa de exploración:

Tabla 21. Ensayos de laboratorio previstos

| Ensayo | Norma |
|---|---|
| Determinación del Contenido de Humedad | INV E-122 |
| Gradación | INV E-123 |
| Determinación del Límite Líquido | INV E-125 |
| Determinación del Límite Plástico | INV E-126 |
| Consolidación Unidimensional | INV E-151 |
| Corte Directo (CD) | INV E-154 |
| Peso unitario | INV E-142 |

La cantidad estimada de los ensayos puede variar de acuerdo con las condiciones del suelo determinadas en los perfiles estratigráficos de campo.

Se realizará una tabla resumen con los resultados de todos los ensayos de laboratorio realizados; para el Estudio de Taludes se prepararán gráficas de variación de los parámetros obtenidos con la profundidad de exploración alcanzada en cada sondeo.

**Nota**: Aunque los ensayos de compresión simple, compresión inconfinada y carga puntual no se encuentran mencionados explícitamente en el anexo técnico, se consideró pertinente incluirlos con el fin de lograr una caracterización mecánica más completa y representativa de los materiales evaluados. Asimismo, debido a la

presencia de materiales de tipo roca inferida a partir de la geología y de las observaciones realizadas en campo, estos ensayos permiten obtener parámetros fundamentales para la clasificación geomecánica, la estimación de resistencia y la definición de los perfiles de diseño para cimentaciones que puedan interactuar con macizos rocosos.

## EXPLORACIÓN GEOFÍSICA – REFRACCIÓN SÍSMICA

La exploración indirecta mediante refracción sísmica se ejecutará con el fin de complementar la información obtenida en los sondeos geotécnicos, permitiendo ampliar la caracterización del subsuelo entre perforaciones y definir con mayor continuidad lateral los cambios de rigidez, velocidad y competencia de los materiales.
La adquisición se realizará siguiendo los lineamientos de las normas ASTM D5777 – Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method y aplicables de la NSR-10 en lo relacionado con la clasificación de perfiles de suelo a partir de velocidades sísmicas.
En cada línea se obtendrá:

- Modelo de velocidades P (Vp) por capas.
- Profundidad aproximada de interfaces geológicas identificadas por contrastes de velocidad.
- Continuidad lateral de estratos entre puntos de perforación.
- Estimación de espesores de suelos blandos, transicionales o competentes, según sus rangos de velocidad.
- Identificación preliminar de roca somera o materiales muy rígidos.

La información geofísica obtenida permitirá:

- Correlacionar las velocidades sísmicas con los estratos reconocidos en los sondeos.
- Delimitar variaciones laterales no detectables con perforaciones puntuales.
- Estimar espesores de estratos entre sondeos y ajustar el modelo geotécnico.
- Clasificar el tipo de perfil de suelo según la NSR-10, mediante la interpretación de las velocidades sísmicas y su correspondencia con las unidades geotécnicas identificadas.

La información procesada será integrada con los resultados de la exploración directa para establecer un modelo de subsuelo coherente y continuo, que sirva como base para los análisis geotécnicos posteriores del proyecto.

## ANÁLISIS GEOTÉCNICO

De acuerdo con las exigencias contractuales, los análisis geotécnicos para fundaciones se realizarán con base en los lineamientos de los siguientes documentos:

5. "NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES CCP-14", elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS (2014).

6. "REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10", elaborado por la Asociación de Ingeniería Sísmica, AIS (2010).

7. "MANUAL DE DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y PROFUNDAS PARA CARRETERAS", elaborado por el Instituto Nacional de Vías (2013).

8. "AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS", elaborado por la AASHTO (2012).

En este caso se prevé el análisis de cimentaciones profundas para el apoyo de cada una de las pilas o apoyos de las estructuras requeridas.

La descripción de los análisis requeridos se presenta a continuación:

## DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELO

Esta tarea se realizará de acuerdo con los lineamientos del Numeral 3.10.3.1 – Definición de los Tipos de Perfil de Suelo, de la CCP-14 para cada uno de los apoyos de las estructuras; para esta definición se emplearán uno o varios de los siguientes criterios:

- $N_{60}$ ponderado de las pruebas de SPT (golpes/pie) en los primeros 30 m del perfil estratigráfico del terreno.

- $s_u$ ponderado, con los parámetros de resistencia no drenada (kN/m2) en los primeros 30 m del perfil estratigráfico del terreno.

- $V_s$ ponderado, de acuerdo con los resultados de las pruebas geofísicas (m/s) en los primeros 30 m del perfil estratigráfico del terreno.

El perfil se clasificará como A, B, C, D, E o F, según estos resultados.

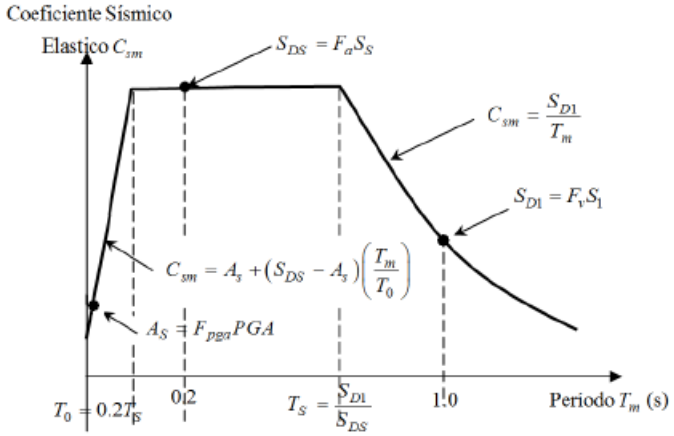
Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO

En este caso se realizará lo establecido en los Numerales 3.10.3.2 – Factores de Sitio, y 3.10.4 – Caracterización de la Amenaza Sísmica, de la norma CCP-14, a fin de obtener el Espectro Sísmico de Diseño $C_{sm}$ para diseño, con un 5% de amortiguamiento según los perfiles de suelo.

Se prevé emplear los parámetros sísmicos establecidos en las figuras 3.10.2.1-1 (PGA), 3.10.2.1-2 ($S_s$) y 3.10.2.1-3 ($S_1$), esto de acuerdo con la ubicación de las obras requeridas en el proyecto, para la definición del Espectro mencionado; para cada obra se asignará el Perfil de Suelo más desfavorable que se encuentre a lo largo del alineamiento de cada puente.

Ilustración 32. Definición del Espectro Sísmico de diseño (CCP-14)




De acuerdo con la CCP-14, el periodo de retorno para diseño es de 975 años.

## PARÁMETROS DE RESISTENCIA EN SUELOS

Para cada sitio crítico se definirá un perfil estratigráfico de resistencias, considerando los siguientes aspectos:

- Estratigrafía
- Resultados de Ensayos de Campo
- Resultados de Ensayos de Laboratorio

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Teniendo en cuenta que se propone emplear los resultados de las líneas sísmicas, se prevé estimar la resistencia en el ensayo a la penetración estándar $N_{SPT}$ mediante la expresión (Iyisan):

$$N_{SPT} = 4.95x10^{-4} (Vs)^{1.93}$$

Los valores de la velocidad de onda de corte se obtendrás de las curvas de inversión que se obtengan de las líneas sísmicas más cercanas a cada punto.

En el caso de los suelos finos es posible calcular el valor de la resistencia no drenada $c_u$ mediante la expresión:

$$c_u \text{ (kN/m}^2) = 4.4\ N_{SPT}$$

Para el caso de los suelos granulares es posible calcular el valor del ángulo de fricción en condición no drenada $\phi$' mediante la expresión:

$$\phi' = 17 + \sqrt{20 N_{corr}}$$

En este caso $N_{corr}$ es el valor de la resistencia arrojada por la prueba de SPT en campo, corregida por confinamiento y por energía; el valor del factor de corrección por confinamiento se estima como:

$$Cn = \frac{9.78}{\sqrt{\sigma_v'}}$$

El factor de corrección por energía es:

$$e = (e1 / e2) = (45 / 60) = 0.75$$

En la expresión anterior $\sigma'_v$ es el esfuerzo vertical efectivo a la profundidad de ensayo; en este caso se asume que la energía de ensayo es del 45%.

Con esto, para cada profundidad de ensayo, se tiene:

$$N_{corr} = e \times Cn \times N_{campo}$$

Estos valores se emplearán en la determinación de valores de capacidad portante para cimientos profundos, si éstos son requeridos.

Se emplearán los resultados de los ensayos de laboratorio para la definición de los perfiles estratigráficos.

**PARÁMETROS DE RESISTENCIA EN ROCA**

Es posible establecer el valor del Rock Mass Rating (RMR) con base en los siguientes parámetros de calificación (Bieniawski, 1975):

- Resistencia a la Compresión del Material Rocoso (1)
- Índice de Calidad de la Roca – RQD (2)
- Espaciamiento entre Juntas (3)
- Estado de las Juntas (4)
- Condición de Flujo del Agua (5)
- Ajustes por Orientación de Discontinuidades (6)

Se propone aplicar los siguientes criterios para la determinación de las calificaciones, según lo encontrado en las perforaciones:

- El espaciamiento entre juntas se establece visualmente de las muestras de roca obtenidas de las perforaciones.
- El estado de las juntas se califica con el segundo puntaje más desfavorable en todos los casos.
- La condición de flujo de agua se considera siempre como la más desfavorable.
- El ajuste por orientación de discontinuidades se realiza visualmente, dependiendo de la orientación de las diaclasas encontradas en las muestras de roca recuperadas.

La calificación se hace con ayuda de las Tablas 10.4.6.4-1 y 10.4.6.4-2 de la CCP-14, las cuales se presentan en la 4.

Ilustración 33. Criterios de determinación del RMR

**Tabla 10.4.6.4-1 — Clasificación de macizos rocosos geotécnicos**

| Parámetro | | | Rango de valores | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Resistencia del material de roca intacta | Índice de resistencia con carga puntual | >8 MPa | 4-8 MPa | 2-4 MPa | 1-2 MPa | Para este rango bajo, se prefiere la prueba de resistencia a la compresión uniaxial | | |
| | | Resistencia a la compresión uniaxial | >200 MPa | 100-200 MPa | 50-100 MPa | 25-50 MPa | 10-25 MPa | 3.5-10 MPa | 1.0-3.5 MPa |
| | Valoración relativa | | 15 | 12 | 7 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| 2 | Calidad del núcleo de la perforación RQD | | 90% a 100% | 75% a 90% | | 50% a 75% | | 25% a 50% | <25% |
| | Valoración relativa | | 20 | 17 | | 13 | | 8 | 3 |
| 3 | Espaciamiento de las juntas | | >3000 mm | 900-3000 mm | | 300-900 mm | | 50-300 mm | <50mm |
| | Valoración relativa | | 30 | 25 | | 20 | | 10 | 5 |
| 4 | Condición de las juntas | | • Superficies muy rugosas<br>• No continuas<br>• Sin separación<br>• Junta de pared de roca dura | • Superficies ligeramente rugosas<br>• Separación <1.25 mm.<br>• Junta de pared de roca dura | | • Superficies ligeramente rugosas<br>• Separación < 1.25mm<br>• Junta de pared de roca blanda | | • superficies suavizadas lateral o<br>• Gubia <5mm<br>• Espesor <5mm<br>• Juntas abiertas 1.25 - 5mm<br>• Juntas continuas | • Gubia suave >5mm Espesor o<br>• Juntas abiertas >5mm<br>• Juntas continuas |
| | Valoración relativa | | 25 | 20 | | 12 | | 6 | 0 |
| 5 | Condiciones del agua subterránea (use uno de los tres criterios de evaluación según sea apropiado para el método de exploración) | Caudal de entrada por cada 30 mm de longitud del túnel | Ninguna | <25 L/min | | 25-125 L/min | | >125 L/min | |
| | | Relación = presión del agua de la junta / principal mayor | 0 | 0.0-0.2 | | 0.2-0.5 | | >0.5 | |
| | | Condiciones generales | Completamente seco | Humedad solamente (agua intersticial) | | Agua a presión moderada | | Graves problemas por agua | |
| | Valoración relativa | | 10 | 7 | | 4 | | 0 | |

**Tabla 10.4.6.4-2 — Ajuste en la valoración geomecánica por orientación de las juntas**

| Orientaciones de Juntas | | Muy favorable | Favorable | Aceptable | Desfavorable | Muy desfavorable |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Valoraciones | Túneles | 0 | -2 | -5 | -10 | -12 |
| | Cimentaciones | 0 | -2 | -7 | -15 | -25 |
| | Pendientes | 0 | -5 | -25 | -50 | -60 |

El RMR puede emplearse para hallar parámetros de resistencia para la envolvente de Hoek, y para estimar el módulo de deformación del macizo rocoso.

## PARÁMETROS DE DEFORMACIÓN

Para el caso de los suelos finos, el valor del módulo de elasticidad $E_s$ se estima de acuerdo con la expresión:

$$E_s = 500\ c_u$$

En el caso de los estratos granulares, el valor del módulo de elasticidad $E_s$ puede estimarse mediante la expresión:

$$E_s = 3{,}000\ N_{campo}$$

Para el caso del basamento rocoso es posible estimar, a partir del módulo del Material Rocoso $E_R$, el valor del Módulo del Macizo $E_M$; el valor de $E_R$ se calcula como:

$$E_R = \rho\ (Vs)^2$$

Aquí, $\rho$ es la densidad de masa ($\gamma$ / g), y Vs es la velocidad de onda.

Con lo anterior, el módulo $E_M$ del Macizo puede estimarse como:

$E_M = E_R\ [RQD/350]$ Para RQD < 70%
$E_M = E_R\ [0.20+(RQD - 70)\ /37.5]$ Para RQD > 70%

De forma alternativa, el valor del Módulo de Elasticidad del Macizo Rocoso, Em, se obtiene de las ecuaciones 10.4.6.5-1 y 10.4.6.5-1 de la Norma CCP-14:

$$E_m(MPa) = 1000\left(10^{\frac{RMR-10}{40}}\right)$$

$$E_m(MPa) = E_R\left(0.1+\frac{RMR}{1150-11.4RMR}\right)$$

Estas expresiones son válidas para roca fracturada.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## MÓDULOS DE REACCIÓN

A partir de estos valores es posible calcular los módulos de reacción horizontal $K_h$ y vertical $K_v$ del terreno a diferentes profundidades, de acuerdo con la expresión:

$$K_h = \left(\frac{0.65}{B}\right)\sqrt[12]{\frac{E_s B^4}{E_p I_p}}\frac{E_s}{1-\nu^2}$$

$$K_v = \frac{E_s}{(1-\upsilon^2)B}$$

En la expresión anterior $\nu$ es la relación de Poisson y B es el diámetro de un pilote.

## PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Con base en la exploración geotécnica realizada, la topografía, la hidráulica y la geología de la zona se elaborará un perfil estratigráfico en cada sitio crítico en estudio, indicando:

- Descripción de cada estrato de suelo o roca encontrado

- Espesores de estrato
- Nivel freático

Este perfil permitirá establecer, entre otros aspectos, los niveles de cimentación requeridos por cada uno de los apoyos de las estructuras a diseñar.

Asimismo, la información obtenida a partir de los perfiles estratigráficos será integrada dentro del proceso de análisis y diseño, permitiendo relacionar los estratos identificados con la tipología estructural propuesta. Esta integración facilitará la definición preliminar de los niveles de cimentación recomendados para cada apoyo.

## SECTORIZACIÓN GEOTÉCNICA

Esta tarea se ejecutará con base en los siguientes insumos:

- Diseño Geométrico del proyecto, particularmente el Perfil longitudinal, para determinar zonas o sectores de corte o de relleno y sus alturas.
- Geología y Geomorfología Local, incluyendo datos de geología estructural.
- Resultados de la exploración geotécnica ejecutada, particularmente resistencias en suelos y rocas, y espesores de meteorización encontrados.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Los resultados de los ensayos en suelos y rocas se referenciarán a las abscisas correspondientes, esto con el fin de tener un perfil longitudinal de variación de cada uno de los tipos de parámetros de resistencia obtenidos c', $\phi$', $\sigma_c$ (material rocoso), GSI, RMR.

Con esto, la secuencia de aplicación de cada uno de estos insumos para obtener la sectorización es la siguiente:

Etapa 1 - Sectorización por Formaciones Geológicas: Los límites entre sectores serán los contactos entre formaciones.

Etapa 2: Sectorización por Espesor Total de los Suelos Residuales con el Saprolito: Se considerará un cambio significativo una diferencia de 2.0 m entre sectores.

Etapa 3 - Sectorización por Resistencia de los Suelos Residuales: Se propone que se utilice el valor medio de los resultados de SPT obtenidos dentro de los suelos residuales y los saprolitos, sin considerar los resultados para Rechazo en el contacto con la roca.

Etapa 4 – Sectorización por Resistencia del Material Rocoso: Se considerará un campo significativo una diferencia de 5,000 kPa en el valor de la resistencia a la compresión simple.

La superposición de estas sectorizaciones permitirá obtener la Sectorización Final del corredor para Estabilidad y Estabilización de Taludes.

Par cada tramo o sector se asignarán los siguientes parámetros para análisis:

- Alturas máximas de taludes de corte y terraplén, incluyendo las secciones transversales correspondientes.
- Parámetros de resistencia: c', $\phi$', $\sigma_c$ (material rocoso), GSI, RMR.
- Parámetros de deformación: Módulos de elasticidad en suelos y macizos rocosos.
- Si se requiere, proyecciones estereográficas de planos de diaclasas.
- Parámetros sísmicos: Perfil de Suelos, PGA, $S_s$, $S_1$, $A_h$.

Esta información se obtiene para cada uno de los sectores que se determinen se empleará en la ejecución de los análisis de estabilidad de taludes requeridos, los cuales se discuten a continuación.

## ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN DE TALUDES

Se prevé que es posible que se requiera evaluar las siguientes alternativas de construcción en cada sector:

- Cortes viales
- Terraplenes
- Enrocados
- Muros de Contención
- Muros en Suelo Mecánicamente Estabilizado (SME)

Para el caso de los taludes de corte se establecerá el perfil estratigráfico de resistencia y posteriormente se analizará la geometría que requiere cada talud en particular en función de los factores de seguridad mínimos requeridos; para el caso de estos taludes los factores de seguridad mínimos propuestos son los siguientes:

- Condición estática: F.S=1.54
- Condición bajo sismo: F.S=1.11

Para cada sitio se identificará el talud que requiere verificación de estabilidad con base en:

- Altura máxima del corte o relleno.

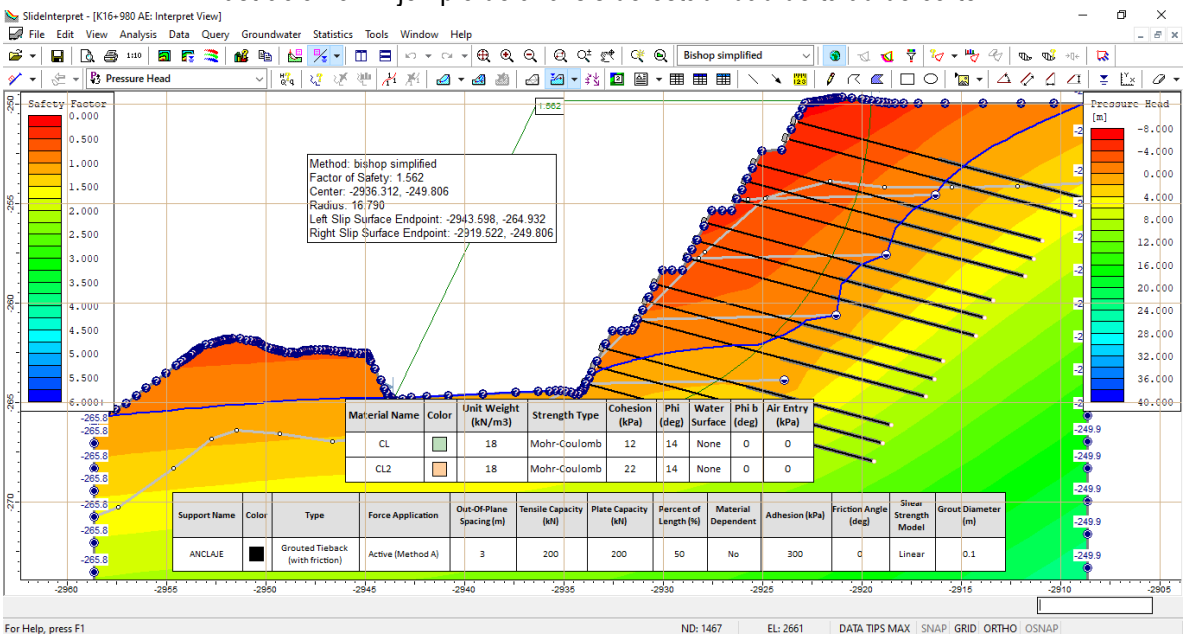
- Ángulos de talud proyectados.
- Presencia de materiales potencialmente inestables (arcillas blandas, suelos residuales, coluviones, meteorización).
- Condiciones hidrológicas desfavorables (nivel freático elevado, drenajes insuficientes).
- Variaciones significativas en la geometría o en la estratigrafía.

Selección de la Sección Representativa
La sección utilizada para el análisis de estabilidad se seleccionará bajo los siguientes criterios:

- La mayor altura de talud dentro del sitio crítico.
- El material de menor resistencia identificado en la estratigrafía.

Dentro de los análisis se incluirán las obras de subdrenaje necesarias para obtener los factores de seguridad requeridos.

Ilustración 34. Ejemplo de análisis de estabilidad de talud de corte



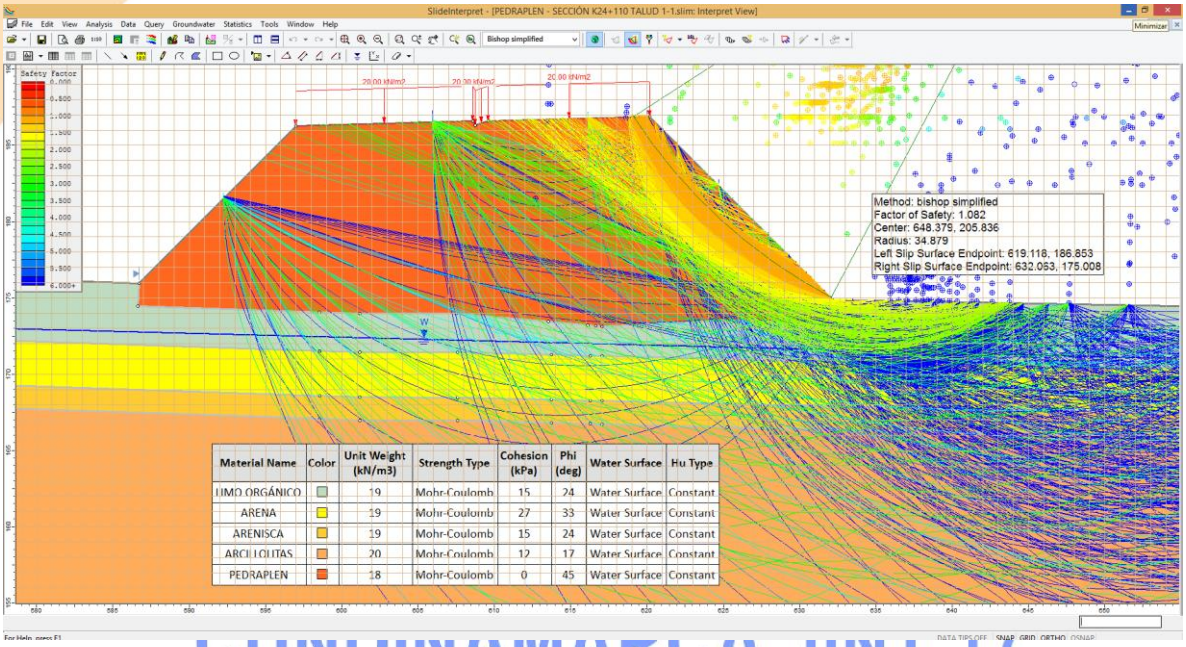

Para el caso de los Terraplenes y Enrocados, entendidos como estructuras térreas sin confinamientos laterales ni refuerzos internos y conformadas con taludes relativamente tendidos, se efectuarán análisis de estabilidad en condición drenada, y para condiciones estáticas y bajo sismo, ésta última mediante modelaciones seudoestáticas, en cálculos de equilibrio límite; el análisis se hará modificando la geometría de la sección transversal de mayor altura en cada estructura, hasta que el cálculo permita obtener los siguientes factores de seguridad mínimos:

- Condición Estática: 1.54

- Condición Bajo Sismo: 1.11

Dentro de los parámetros de análisis se incluirán cargas vivas, tanto para Terraplenes como para Muros SME, en los términos determinados por el Numeral 3.11.6.4 de la CCP-14.

Ilustración 35. Ejemplo de análisis de estabilidad de un Terraplén




| Material Name | Color | Unit Weight (kN/m3) | Strength Type | Cohesion (kPa) | Phi (deg) | Water Surface | Ru Type |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LIMO ORGÁNICO | | 19 | Mohr-Coulomb | 15 | 24 | Water Surface | Constant |
| ARENA | | 19 | Mohr-Coulomb | 27 | 33 | Water Surface | Constant |
| ARENISCA | | 19 | Mohr-Coulomb | 15 | 24 | Water Surface | Constant |
| ARCILOLITAS | | 20 | Mohr-Coulomb | 12 | 17 | Water Surface | Constant |
| PEDRAPLEN | | 18 | Mohr-Coulomb | 0 | 45 | Water Surface | Constant |

CUNDINAMARCA JINT 17

La estabilidad de los taludes será evaluada mediante análisis de equilibrio límite utilizando el software Slide (Rocscience). El desarrollo teórico adoptado corresponde al método de Bishop simplificado, el cual plantea el equilibrio de fuerzas y momentos en rebanadas verticales y resolviendo iterativamente el factor de seguridad para superficies de falla. Este método permite incorporar la estratigrafía definida, las variaciones del nivel freático, las propiedades drenadas o no drenadas y las cargas externas, proporcionando una estimación del comportamiento global del talud frente a mecanismos de falla.

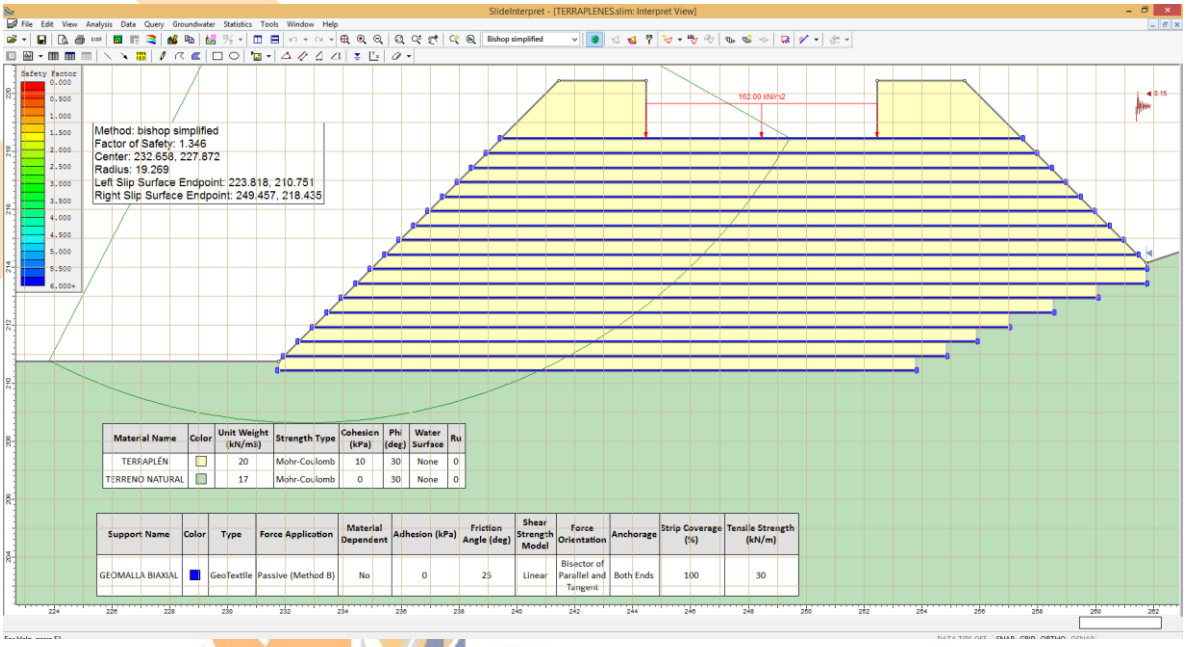
Por otra parte, para el caso de los Suelos Mecánicamente Estabilizados (SME) se realizarán análisis de estabilidad global e interna, a fin de determinar las características de los refuerzos requeridos; en el caso de la estabilidad Interna, y teniendo en cuenta la cercanía al mar, es necesario evitar el uso de refuerzos en acero para estas estructuras.

En el análisis de estabilidad global, basado en la evaluación del equilibrio límite, es posible variar la geometría y las características del refuerzo hasta alcanzar los siguientes factores de seguridad mínimos:

- Condición Estática: 1.54

- Condición Bajo Sismo: 1.11

Ilustración 36. Ejemplo de análisis de estabilidad global para un Muro SME




Por otra parte, se revisa la estabilidad interna de las obras empleando la metodología indicada por Koerner (2012) para la determinación de las longitudes totales de refuerzo y de la resistencia nominal Rn requerida por geomallas o por geotextiles, aplicando para esto los factores de seguridad por Instalación, Creep y Durabilidad; en general, la fuerza aplicada Fa sobre un manto de geosintético de refuerzo ubicado a una profundidad h bajo la parte superior del muro y bajo una sobrecarga q se estimará como:

$$Fa = [\gamma\ h + q]\ ka\ Sc$$

Aquí, Ka es el coeficiente de presión de tierras del terreno, y Sc es el espesor de capa aferente al manto la cual es, en esencia, el espesor de capa alrededor.

La longitud de empotramiento Le del geosintético detrás de la superficie de falla a cualquier nivel dentro del SME se calcula como:

$$Le = (FS)\ Fa\ /\ (2\ \sigma_v\ \tan\ \delta)$$

En esta expresión FS es un factor de seguridad por arrancamiento del manto, $\sigma_v$ es el esfuerzo vertical geostático a la profundidad de instalación del manto, y $\delta$ es el ángulo de fricción suelo – geosintético.

La longitud total LT de geosintético se calcula como:

$$LT = Le + Ld + Sc + La$$

Aquí, Ld es la longitud de desarrollo del manto dentro de la cuña de falla de análisis, Sc es el espesor de capa sobre el geosintético, y La es la longitud de envoltura detrás de la pared del muro.

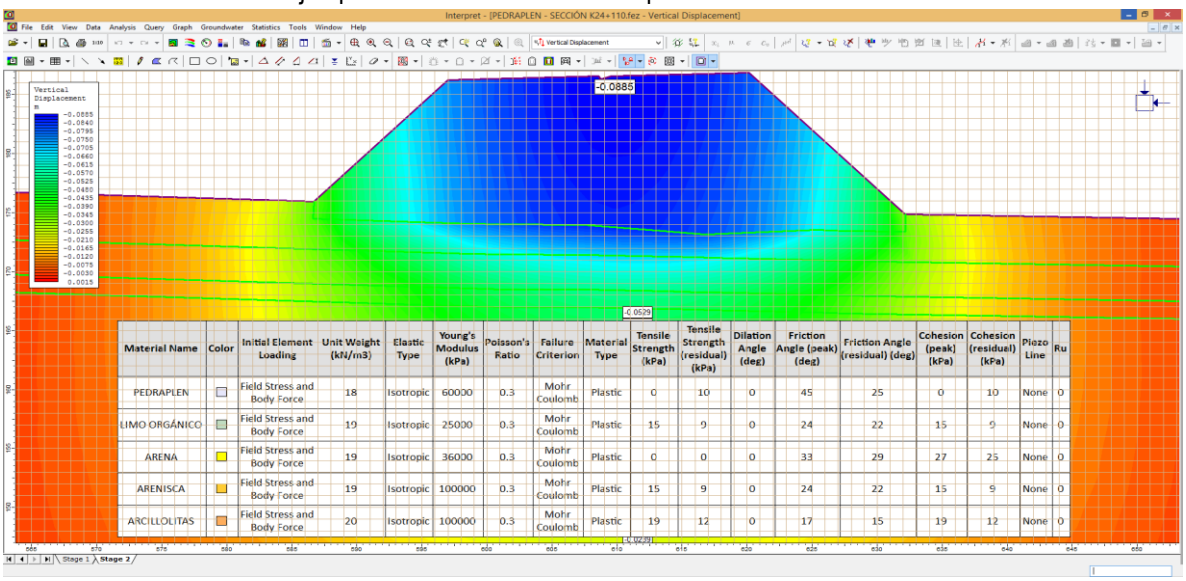
La resistencia nominal que debe tener el geosintético se calcula como:

$$Rn = (FS)\ F_{creep}\ F_{dur}\ F_{instal}\ (Fa)$$

En este caso $F_{creep}$ es el factor de seguridad por creep, $F_{dur}$ es el factor de seguridad por durabilidad, y $F_{instal}$ es el factor de seguridad por instalación del geosintético considerado.

Por último, y con base en los parámetros de deformación del terreno natural y de los materiales de las estructuras, se efectuará un cálculo de asentamientos y de esfuerzos aplicados, esto con la ayuda de modelos numéricos.

Ilustración 37. Ejemplo de modelación numérica para la determinación de asentamientos




La información de estos modelos permite calcular no solamente las deformaciones verticales en las obras y en el terreno de cimentación, sino también los esfuerzos verticales inducidos en profundidad, esto para el cálculo de asentamientos por consolidación si el terreno natural muestra estratos finos compresibles.

## CAPACIDAD PORTANTE DE CIMIENTOS SUPERFICIALES

La capacidad portante vertical del terreno de apoyo para cimientos superficiales estará definida por la expresión de Meyerhof (1963):

$$q_{máx} = c_u N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q' N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.50\ \gamma\ B\ N\gamma\ F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Para el caso de suelos estratificados se empleó la metodología de Meyerhof y Hanna para el caso de estratos granulares sobre finos, de acuerdo con la expresión:

$$q_u = \left(1 + 0.2\frac{B}{L}\right) 5.14c_2 + \gamma_1 H^2 \left(1 + \frac{B}{L}\right)\left(1 + \frac{2D_f}{H}\right)\frac{K_s tan\phi_1}{B} + \gamma_1 D_f$$

Aquí, $K_s$ es el coeficiente de corte por punzonamiento que es función de la capacidad portante máxima de cada estrato.

De forma alternativa, para el caso de suelos granulares es posible limitar los valores admisibles de capacidad portante con base en un asentamiento permitido $S_e$ de 12.7 mm (1/2"); el valor de la capacidad portante puede estimarse mediante la expresión:

$$q_{adm}(kN/m2) = 11.98N_{corr}\left(\frac{3.28B + 1}{3.28B}\right)^2 F_d \left(\frac{Se}{25.4}\right)$$

Aquí:

$$F_d = 1 + 0.33\ (Df/B) <= 1.33$$

El valor de la resistencia $N_{corr}$ se calcula en la forma ya indicada.

## CAPACIDAD PORTANTE DE CIMIENTOS PROFUNDOS A COMPRESIÓN

Se prevé plantear la construcción de cimientos profundos para las estructuras requeridas si se encuentra que éstas no pueden ser apoyadas mediante cimientos superficiales. Los cálculos se desarrollarán para los estados límites de servicio, resistencia y evento extremo siguiendo la metodología CCP-14.

Los Factores de Resistencia que deben emplearse en el Proyecto son los siguientes, de acuerdo con la CCP-14:

Tabla 22. Factores de Resistencia para Pilotes Excavados

| Método | Suelo | Condición | Factor de Resistencia |
|---|---|---|---|
| Resistencia Nominal a la Compresión Axial de Pilotes Perforados Individuales | Resistencia por Fuste en Arcillas | Método α – O´Neill & Reese (1999) | 0.45 |
| | Resistencia por Punta en Arcilla | Esfuerzo Total - O´Neill & Reese (1999) | 0.40 |
| | Resistencia por Fuste en Arena | Método β - O´Neill & Reese (1999) | 0.55 |
| | Resistencia por Punta en Arena | O´Neill & Reese (1999) | 0.50 |
| | Resistencia por Fuste en IGM´s | O´Neill & Reese (1999) | 0.60 |
| | Resistencia por Punta en IGM´s | O´Neill & Reese (1999) | 0.55 |
| | Resistencia por Fuste en Roca | Horvath and Kenney (1979) | 0.55 |
| | Resistencia por Punta en Roca | O´Neill & Reese (1999) | 0.50 |

| Método | Suelo | Condición | Factor de Resistencia |
|---|---|---|---|
| Resistencia al Levantamiento de Pilotes Perforados Individuales | Arcilla | Método $\alpha$ – O´Neill & Reese (1999) | 0.35 |
| | Arena | Método $\beta$ - O´Neill & Reese (1999) | 0.45 |
| | Roca | Horvath and Kenney (1979) | 0.40 |
| Resistencia Geotécnica Horizontal del Pilote Individual | Todos los Materiales | | 1.0 |

Con base en lo establecido en el Numeral 10.8.3.5.4b – Resistencia Lateral, de la CCP-14, la resistencia por fuste en materiales rocosos debe calcularse como:

$$P_f = 0.65\alpha_E \pi D p_a \sum_{i=1}^{G} \sqrt{\frac{q_{ui}}{p_a}} (\Delta L_i)$$

Aquí, $\alpha_E$ es un factor de adhesión que depende de la relación $E_m/E_r$, D es el diámetro del pilote, $p_a$ es la presión atmosférica, G es el número de subtramos de pilote dentro de estratos rocosos, $q_{ui}$ es la resistencia a la compresión del material rocoso en cada subtramo de roca, y $\Delta L_i$ es la longitud de cada subtramo.

La resistencia máxima por punta para roca maciza se estima como:

$$P_p = 2.5 q_u A_p$$

La resistencia máxima por punta para roca fracturada se estima como:

$$P_p = \left[\sqrt{s} + \sqrt{(m\sqrt{s} + s)}\right] q_u A_p$$

Aquí, las variables m, y s son los parámetros de resistencia de la envolvente de Hoek para el macizo rocoso.

Para tramos de pilote embebidos en suelos granulares, la resistencia por fuste se calcula mediante:

$$P_{f\,granular} = \pi D \sum_{i=1}^{A} \beta_i \sigma'_{vi} (\Delta L_i)$$

En esta expresión, A es el número de subtramos de pilote dentro de estratos granulares. El valor de $\beta i\, \sigma'_{vi}$ se limita a un valor máximo de 190 kPa, y el valor de $\beta_i$ se obtiene como:

$$\beta_i = \left(\frac{N_{60}}{15}\right)\left(1.5 - 0.0077\sqrt{z}\right) \qquad para\ N_{60} < 15$$

$$\beta_i = \left(1.5 - 0.0077\sqrt{z}\right) \qquad para\ N_{60} \geq 15$$

Para tramos de pilote embebidos en suelos finos, siguiendo lo indicado en el Numeral 10.8.3.5.1b – Resistencia Lateral, la resistencia por fuste se calcula en función de la resistencia no drenada $c_{ui}$ mediante:

$$P_{f\ fino} = \pi D \sum_{i=1}^{F} \alpha_i c_{ui} \left(\Delta L_i\right)$$

En esta expresión, F es el número de subtramos de pilote dentro de estratos de suelo fino. El valor de $\alpha_i$ se obtiene como:

$$\alpha_i = 0.55 \qquad para\ \frac{c_{ui}}{p_a} \leq 1.5$$

$$\alpha_i = 0.55 - 0.1\left(\frac{c_{ui}}{p_a} - 1.5\right) \qquad para\ \frac{c_{ui}}{p_a} \geq 1.5$$

Por otra parte, la resistencia por punta en suelos no cohesivos debe calcularse, según el Numeral 10.8.3.5.2c – Resistencia de Punta, con los siguientes criterios:

Si $N_{60}$ < 50 golpes/pie:

$$q_p = 58.64\ N_{60}$$

Si $N_{60}$ < 50 golpes/pie:

$$q_p = 0.59\left[N_{60}\left(\frac{p_a}{\sigma_v'}\right)\right]^{0.80} \sigma_v'$$

En este caso, $p_a$ es la presión atmosférica, con un valor de 101.3 kPa. El valor de $N_{60}$ no debe adoptarse como mayor a 100.

Para el caso de los suelos finos, el valor de la resistencia por punta debe calcularse como:

$$q_p = c_u\ N_c$$

El valor de factor de capacidad portante $N_c$ se calcula, según el Numeral 10.8.3.5.1c – Resistencia de Punta, como:

$$Nc = 6\left[1 + 0.20\left(\frac{Z}{D}\right)\right] \leq 9$$

Aquí, Z es la penetración del pilote y D su diámetro.

La Capacidad Portante Permitida de Pilotes en cada uno de los apoyos de los puentes se calcula como:

$$P_R = \varphi_{qs} P_f + \varphi_{qp} P_p$$

En la expresión anterior $\varphi_{qs}$ es el Factor de Resistencia por Fuste, y $\varphi_{qp}$ es el Factor de Resistencia por Punta, de acuerdo con la Tabla 10.5.5.2.4-1 de la CCP-14.

Es necesario que la separación entre centros de pilote sea de al menos 3 veces el diámetro, esto con el fin de restringir la superposición de esfuerzos y evitar reducciones en la capacidad portante de cada cimiento individual.

**ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES PROFUNDAS**

En este caso, el acortamiento elástico $S_e$ de los pilotes se calcula como:

$$S_e = P_{adm} \sum_{i=1}^{N} \frac{\Delta L_i}{A_p E_p}$$

En esta expresión $P_{adm}$ es la capacidad portante admisible del pilote $\Delta L_i$ es la longitud de cada subtramo de pilote, $A_p$ es la sección transversal del pilote, y $E_p$ es el módulo de elasticidad del concreto.

El asentamiento por transferencia de carga del pilote al terreno natural puede calcularse como (Bowles, 1996):

$$S_{tr} = F_E F_R \left(\frac{P_{adm}}{A_p}\right) D \frac{\left(1-\upsilon^2\right)}{E_s}$$

Aquí, $F_E$ es un factor de empotramiento, con un valor máximo de 0.55, $F_R$ es un factor de reducción para considerar el aporte de la carga por fuste, con un valor máximo de 0.75, $\nu$ es la relación de Poisson del suelo, con un valor de 0.40, y $E_s$ corresponde al módulo de elasticidad del terreno en el que se apoya la punta del pilote.

Los asentamientos totales en los pilotes se calculan finalmente como:

$$S_T = S_e + S_{tr}$$

Los asentamientos esperados para las longitudes de pilote consideradas en los análisis se presentan en gráficas de variación con la longitud del pilote.

## CAPACIDAD PORTANTE A TRACCIÓN DE CIMIENTOS PROFUNDOS

De acuerdo con la CCP-14, se prevé que el cálculo de la Capacidad a Tracción se base en los mismos principios que se emplean para el cálculo a Compresión en cuanto a resistencia por fuste; en este caso, y a diferencia del cálculo de capacidad portante a compresión, para estimar la Capacidad a Tracción se considera el aporte de los suelos encontrados por encima de los macizos rocosos.

Considerando lo anterior, y con base en lo establecido en el Numeral 10.8.3.5.4b – Resistencia Lateral, de la CCP-14, la resistencia por fuste en materiales rocosos debe calcularse como:

$$P_{f\,roca} = 0.65\alpha_E \pi D p_a \sum_{i=1}^{G} \sqrt{\frac{q_{ui}}{p_a}} (\Delta L_i)$$

Aquí, $\alpha_E$ es un factor de adhesión que depende de la relación $E_m/E_r$, D es el diámetro del pilote, $p_a$ es la presión atmosférica, G es el número de subtramos de pilote dentro de estratos rocosos, $q_{ui}$ es la resistencia a la compresión del material rocoso en cada subtramo de roca, y $\Delta L_i$ es la longitud de cada subtramo.

Para tramos de pilote embebidos en suelos granulares, la resistencia por fuste se calcula mediante:

$$P_{f\,granular} = \pi D \sum_{i=1}^{A} \beta_i \sigma'_{vi} (\Delta L_i)$$

En esta expresión, A es el número de subtramos de pilote dentro de estratos granulares. El valor de $\beta i\ \sigma'_{vi}$ se limita a un valor máximo de 190 kPa, y el valor de $\beta_i$ se obtiene como:

$$\beta_i = \left(\frac{N_{60}}{15}\right)\left(1.5 - 0.0077\sqrt{z}\right) \qquad para\ N_{60} < 15$$

$$\beta_i = \left(1.5 - 0.0077\sqrt{z}\right) \qquad para\ N_{60} \geq 15$$

Para tramos de pilote embebidos en suelos finos, la resistencia por fuste se calcula en función de la resistencia no drenada $c_{ui}$ mediante:

$$P_{f\ fino} = \pi D \sum_{i=1}^{F} \alpha_i c_{ui} (\Delta L_i)$$

En esta expresión, F es el número de subtramos de pilote dentro de estratos de suelo fino. El valor de $\alpha_i$ se obtiene como:

$$\alpha_i = 0.55 \qquad para\ \frac{c_{ui}}{p_a} \leq 1.5$$

$$\alpha_i = 0.55 - 0.1\left(\frac{c_{ui}}{p_a} - 1.5\right) \qquad para\ \frac{c_{ui}}{p_a} \geq 1.5$$

La Capacidad Portante Permitida a Tracción es, en consecuencia:

$$P_T = \varphi_{uproca} P_{f\,roca} + \varphi_{upgranular} P_{f\,granular} + \varphi_{upfino} P_{f\,fino} + W_{pilote}$$

En la expresión anterior $\varphi_{uproca}$ es el Factor de Resistencia contra Levantamiento por Fuste en roca, con un valor de 0.40, $\varphi_{upgranular}$ es el Factor de Resistencia contra Levantamiento por Fuste en granulares, con un valor de 0.45, y $\varphi_{uproca}$ es el Factor de Resistencia contra Levantamiento por Fuste en suelos finos, con un valor de 0.35 de acuerdo con la Tabla 10.5.5.2.4-1 de la CCP-14.

## COEFICIENTES DE EMPUJES ACTIVOS, PASIVOS Y EN REPOSO

Para el cálculo de empujes activos, se utilizará el método propuesto por Mononobe, 1929, Okabe, 1926 para condiciones seudo-estáticas. Este método permite obtener presiones dinámicas sobre una estructura de retención con relleno de material granular, considerando propiedades de resistencia del suelo de relleno y de fricción muro-suelo, geometría del muro, aceleración de la gravedad y aceleraciones seudo-estáticas, tal como lo indican las siguientes expresiones.

$$\mathrm{P_{h(MR\text{-}S)}} = \frac{1}{2}\gamma \mathrm{H}^2 (1 - \mathrm{k_v}) \mathrm{K_{ae}}$$

$$\mathrm{K_{ae}} = \frac{\mathrm{sen}^2(\theta+\eta-\varphi)}{\cos(\eta)\mathrm{sen}^2(\theta)\mathrm{sen}(\delta+\theta+\eta)\left[1+\sqrt{\frac{\mathrm{sen}(\varphi+\delta)\mathrm{sen}(\varphi\ \ \eta\ \ \beta)}{\mathrm{sen}(\delta+\theta+\eta)\mathrm{sen}(\theta+\beta)}}\right]^2}$$

$$\eta = \tan^{-1}\left[\frac{\mathrm{k_h}}{1\text{-}\mathrm{k_v}}\right]$$

En estas expresiones Ph (MR-S) es la presión total activa, Kae es el coeficiente de presión de tierra activa, kh y kv son las aceleraciones horizontal y vertical entre la aceleración de la gravedad, respectivamente, γ es el peso volumétrico del suelo, φ es el ángulo de fricción interna del suelo, δ es el ángulo de fricción en el contacto suelo-muro, β y θ son los ángulos de inclinación correspondientes de la superficie del relleno y del respaldo del muro (en esta investigación se consideraron horizontal y vertical, respectivamente) y H es la altura del muro.

La presión de tierra activa total (Ph (MR-S)) corresponde a la suma de la componente estática (Ph-est (MR-S), ecuación 9) y la dinámica (Ph-din (MR-S)), como lo indica la siguiente expresión.

$$\mathrm{P_{h(MR\text{-}S)}} = \mathrm{P_{h\text{-}est(MR\text{-}S)}} + \mathrm{P_{h\text{-}din(MR\text{-}S)}}$$

$$P_{h\text{-}est(MR\text{-}S)} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

En la ecuación anterior, Ka es el coeficiente de presión de tierra activa en condición estática, expresado en la siguiente ecuación:

$$K_a = \frac{1-\text{sen}\varphi}{1+\text{sen}\varphi}$$

**CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO**

Se hará un análisis de las condiciones especiales de los suelos tales como el potencial de expansión y el potencial de licuación, si estas condiciones se identifican en la exploración geotécnica.

**INFORME**

Se elaborará el Estudio de Estabilidad y Estabilización de Taludes, el cual incluirá los resultados de los análisis de estabilidad interna y global, y de deformaciones, y las recomendaciones de construcción para las obras requeridas.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**VOLUMEN VI. ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DEL PAVIMENTO**

***ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DEL PAVIMENTO***

**METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Se plantea el siguiente esquema metodológico, de manera que se alcancen los objetivos y contenidos del estudio de Geotécnico y de pavimentos, de acuerdo con los términos de referencia para los estudios y diseños, correspondientes al Anexo 1 -Anexo técnico ICCU-CM-017-2025.

**Información Existente**

Se realizará la recopilación y análisis de toda la información existente de los tramos en estudio y que representen alguna utilidad para el proyecto proveniente del ICCU y de otras entidades gubernamentales y/o privadas.

La información para recopilar hace referencia a aspectos como: Geología, Topografía, Geotecnia, Fuentes de Materiales, Drenajes, Tránsito, factores ambientales, diseños de mezcla y pavimentos. Se debe recopilar

información sobre módulos de los materiales, leyes de fatigade las mezclas asfálticas y caracterización de materiales granulares; de la misma forma se debe realizar cálculos de la vida remanente de los tramos pavimentados en caso de ser necesario para lo cual se empleará la evaluación superficial y estructural y a partir de la guía de rehabilitación de INVIAS se establecerá el número estructural existente, el cual se compara contra el número estructural requerido según el periodo de diseño estimado.

**Trabajos de Campo**

A partir de los resultados de la visita inicial de la cual se genera la evaluación preliminar de los tramos en estudio se procede a determinar el estado del corredor y las necesidades de evaluación para determinar el diseño de pavimento requerido se procede a estimar los trabajos de campo a ejecutar.

**Inspección Visual del Pavimento.**

En los tramos pavimentados a rehabilitar, se realizará el registro de daños existentes indicando el tipo de daño según la categorización dada en el Manual de Inspección de pavimentos Flexibles de INVIAS, para lo cual se tendrá en cuenta los formatos de inspección y la metodología plasmada en este documento y se apoyara con un registro fotográfico de los mismos; para la ejecución de esta actividad se llevara una cuadrilla de 2 personas previamente capacitadas sobre el tipo de daños y la severidad de los mismos, los formatos a diligenciar y estarán acompañados por un ingeniero con experiencia en la inspección de pavimentos.

Una vez realizado el levantamiento se procede a procesar y analizar la información de campo agrupando los daños encontrados por tipo y severidad en tramos de 100 m o similar, en una hoja de cálculo donde se estimará el porcentaje de afectación por tipo de daño y severidad y el porcentaje de afectación general y de lo cual se puede concluir los daños más frecuentes, los tramos más afectados y las áreas totales de daño.

**Medida de Deflexión.**

Sobre los tramo a rehabilitar se ejecutara la toma de deflexiones con deflectómetro de impacto (FWD) según las indicaciones dadas en la Guía de Rehabilitación del INVIAS, el quipo FWD envía una fuerza de impacto transitoria al pavimento que normalmente es de 40 KN, los desplazamientos verticales producidos en el pavimento son detectados por geófonos situados en línea recta a una distancia de la aplicación de la carga de 0, 300, 600, 900, 1200, 1500 y 1800 mm.

Las medidas se realizaran a tres bolillos en carreteras de dos carriles en la huella externa de circulación vehículos con separación de 50 m en atención a la tabla 2.8.3 de la guía de rehabilitación para tramos viales con Nivel de tránsito NT1, las medidas serán ejecutadas conforme a lo establecido en la norma INV. E-795, INV. E-797, INV. E-798.

La información recopilada en campo con el uso del FWD será procesada tomando en campo registro de las lecturas de cada uno de los geófonos, la carga aplicada, la temperatura del pavimento y la temperatura ambiente y mediante metodología AASHTO, se procede a determinar por retro cálculo el módulo de la subrasante y los números estructurales efectivos.

Los equipos empleados para la medición deberán contra con el certificado de calibración el cual se presentara previo a su uso en campo, de la misma forma de cada punto se tomara 3 lecturas cuya tolerancia para la aceptación debe ser alrededor del 2% en cada uno de los diales y con respecto a la carga estándar.

**Georradar**

A lo largo de los tramos en estudio se realizará la caracterización de manera no destructiva con georradar para vías con nivel de tráfico NT1 se realiza la medida continua, el equipo permite a través de la emisión de pulsos cortos de energía electromagnética de alta frecuencia localizar los cambios en los materiales de la estructura de pavimento y de esta forma establecer los espesores de las distintas capas de la estructura, así como los cambios en humedad y los vacíos, el procedimiento de medición se realizará acorde a las indicaciones dadas en la norma ASTM D4748 y previo a su uso deberá ser calibrado con apiques y/o sondeos de verificación en cada uno de los tramos.

Para calibrar el equipo se usa un tramo de referencia de 1 Km donde se verifica la precisión del odómetro o GPS, de la misma forma las lecturas del perfil se ajustaran acorde a los registros de los apiques realizado previamente para la interpretación del perfil generado.

**Apiques Manuales.**

Para determinar las condiciones geotécnicas de la subrasante y los rellenos en la calzada se realizara apiques manuales en cada uno de los tramos distribuidos cada 250 m a profundidades entre 1.5 m a 2.0 m a partir de la rasante.

De cada una de las capas de relleno y/o subrasante encontrados se tomara muestra en bolsa para realizar ensayos de clasificación, La actividad será desarrollada en campo por personal suministrado por el laboratorio de suelos certificado que desplazara a la zona el personal y herramientas idóneos para la realización de los apiques, la toma de muestras y los ensayos de campo requeridos serán ejecutados acorde a los lineamientos de las especificaciones técnicas de INVIAS, especialmente las normas:

- INV. E101 Investigación de Suelos y Roca para Propósitos de Ingeniería,
- INV. E102 Descripción e Identificación de Suelo,
- INV. E103 Conservación y Transporte de Muestras de Suelo,
- INV. E 104 Toma de Muestras Inalteradas de Suelo en Superficie,
- INV. E106 Preparación de Muestras de suelo por Vía Seca para análisis granulométrico y determinación de constantes Físicas,
- INV. E172 Uso de Penetrómetro Dinámico de Cono en aplicaciones de pavimento a poca Profundidad,
- INV. E180 Clasificación de Suelos y mezclas de suelo y agregados con fines de construcción de carreteras (Sistema AASHTO),

- INV. E181 Sistema Unificado de clasificación de suelos para propósitos de Ingeniería,
- INV. E201 Muestreo de Agregados para Construcción de Carreteras.

Para la ejecución de los trabajos de se contará con un vehículo adecuado para el transporte de los equipos, herramienta, personal y muestras recolectadas, una cuadrilla para la ejecución de las perforaciones y un profesional técnico con la capacidad de dirigir la cuadrilla y hacer la evaluación en campo de las características físicas de los materiales encontrados, quien será el encargado de tomar los respectivos registros de campo de los materiales encontrados y organizar las muestras para su clasificación y transporte a laboratorio donde se realizara los respectivos ensayos.

En las perforaciones se realizara una caja de por lo menos 80 cm de largo x 80 cm de ancho bajando verticalmente hasta por lo menos 1.50 m o hasta encontrar la subrasante natural, Con lo cual se busca obtener una descripción detallada del suelo a lo largo de los tramos en estudio.

En cada una de las perforaciones se tomará registro fotográfico y registro en formato de campo del espesor y las características de cada una de las capas encontradas acorde con lo indicado en la especificación INV. E-102, adicionalmente se recopilará muestras del material de subrasante y de los rellenos existentes a las cuales se les ejecutará ensayos de clasificación (Granulometría, Contenido de Humedad, Limites de Atterbert, peso unitario). Sobre la capa de subrasante en cada uno de los apiques se deberá recolectar muestras inalteradas de la subrasante, en la medida de lo posible para ordenar ensayos de CBR de muestra inalterada en condición de humedad natural y saturada según norma INV. E-148, y en el evento que las características de la subrasante no permitan la toma de muestras inalteradas se deberá recopilar muestras en lona en la cantidad suficiente de la subrasante para ejecutar ensayos de Proctor modificado INV. E142 y ensayo de CBR de muestras compactadas en laboratorio INV. E 148. Adicionalmente a profundidad de subrasante se tomará en terreno ensayos de cono dinámico (PDC) INV. E 172 con lo cual mediante correlación se podrá estimar un valor de CBR en condición de humedad natural.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Las muestras recolectadas serán debidamente marcadas indicando el número de apique, el numero de la muestra, la profundidad a la que ha sido recolectada la muestra y la abscisa del apique, se depositara la muestra en bolsa plástica cerrada para conservar las condiciones de humedad y está dentro de otra bolsa donde se coloca la marcación de la muestra con el fin de preservar la integridad del formato de identificación de la muestra.

Las muestras de la jornada son recolectadas en sitio fresco, donde se pueda garantizar su integridad y serán acopiadas y transportadas hasta las instalaciones del laboratorio debidamente organizadas en cajas o guacales.

Una vez llevados al laboratorio se organizaran por apiques y muestras y se comparara las muestras enviadas contra las ordenes de ensayo enviadas previamente por el especialista de pavimentos. Posteriormente se realizara la visita al laboratorio para hacer la inspección visual de las muestras remitidas y ratificar los ensayos a realizar en cada muestra.

Una vez son revisadas las muestras entregadas al laboratorio y ratificados los ensayos a ejecutar en cada muestra conforme a las órdenes de ensayo debidamente diligenciado por el Ing. de pavimentos, quien deberá

analizar previamente los formatos de campo y las muestras remitidas para validar los ensayos a realizar dependiendo de la calidad y cantidad de las muestras recolectadas.

Tentativamente se espera la ejecución de los siguientes ensayos, lo cual será ajustado en terreno dependiendo de las condiciones del terreno y la calidad de las muestras obtenidas:

Tabla 23 Ensayos Proyectados de apiques

| Tramo | Cantidad de Apiques | Ensayo | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Granulometría / Pasa Tamiz 200 | Contenido de Humedad | Límites de Atterbert | Peso Unitario | Ensayo de Penetración con Cono Dinámico | CBR |
| | | INV. E 123 INV. E 213 INV. E 214 | INV. E 122 | INV. E 125 INV. E 126 | INV. E 161 | INV. E 172 | INV. E 148 |
| Lenguazaque - Villa pinzón | 90 | 180 | 180 | 180 | 180 | 90 | 90 |
| Jerusalén – Guataqui | 49 | 98 | 98 | 98 | 98 | 49 | 49 |
| Quipile – Tabacal | 21 | 42 | 42 | 42 | 42 | 21 | 21 |
| Chocontá - Cucunuba | 17 | 34 | 34 | 34 | 34 | 17 | 17 |
| Facatativá – El Rosal | 13 | 26 | 26 | 26 | 26 | 13 | 13 |
| Supatá - Pacho | 9 | 18 | 18 | 18 | 18 | 9 | 9 |
| **Total** | **199** | **398** | **398** | **398** | **398** | **199** | **199** |

Los ensayos serán ejecutados a medida que sean enviadas al laboratorio de suelos certificado que cuenta con los equipos certificados y calibrados para la elaboración de los ensayos solicitados y cuyos documentos serán adjuntados en el volumen de pavimentos. los reportes en laboratorio serán procesados por el profesional del laboratorio responsable quien los remitirá firmados al especialista de pavimentos para su procesamiento y análisis.

Las muestras ensayadas serán mantenidas en custodia durante la vigencia del contrato con el fin de poder hacer verificaciones del caso de los resultados que lo ameriten, según criterios del especialista de pavimentos.

## Núcleos

Previo a la ejecución de los apiques en los tramos de rehabilitación se realizara la toma de núcleos de la capa asfáltica existente para lo cual se tendrá en cuenta la norma INV. E 758-13 con el fin de determinar las características de la capa asfáltica existente, se cara un mínimo de 4 muestras por Km los cuales serán extraídos con maquina saca núcleos cuya broca deberá tener un diámetro nominal de 100 mm abarcando todo el espesor de la capa asfáltica existente, en campo se deberá tomar registro del diámetro y espesor de cada muestra recolectada, así como registro fotográfico del mismo. Las muestras deberán ser debidamente identificadas y protegidas y se dispondrán para su transporte a laboratorio en posición vertical sobre un cartón, ya en el laboratorio se ordenará ensayos de granulometría y contenido de asfalto, estabilidad, gravedad especifica y porcentaje de vacíos para de cada muestra.

Tentativamente se espera la ejecución de los siguientes ensayos, lo cual será ajustado en terreno dependiendo de las condiciones del terreno y la calidad de las muestras obtenidas:

Tabla 24 Ensayos Proyectados de núcleos

| Tramo | Cantidad de Núcleos | Ensayo | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Granulometría / | Contenido de Asfalto | Gravedad Especifica | Estabilidad y Flujo | Porcentaje de Vacíos |
| | | INV. E 782 | INV. E 732 | INV. E 733 INV. E 802 | INV. E 748 INV. E 800 | INV. E 736 |
| Lenguazaque - Villa pinzón | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Quipile – Tabacal | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Chocontá - Cucunuba | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Facatativá – El Rosal | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| **Total** | **27** | **27** | **27** | **27** | **27** | **27** |

## Resumen de trabajos de campo Proyectados

Acorde con el plan de exploración se realizara los siguientes trabajos de campo:

Tabla 25 Resumen Trabajos de Campo

| Tramo | Inspección Visual (Km) | Deflectometria (puntos) | Georradar (km) | Apiques | Ensayo de Penetración dinámica de Cono | Núcleos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lenguazaque - Villa pinzón | 3 | 60 | 23.4 | 90 | 90 | 13 |
| Jerusalén – Guataqui | 0 | 0 | 12 | 49 | 49 | 0 |
| Quipile – Tabacal | 1 | 20 | 5 | 21 | 21 | 5 |
| Chocontá - Cucunuba | 0.6 | 12 | 4 | 17 | 17 | 4 |
| Facatativá – El Rosal | 1 | 20 | 3 | 13 | 13 | 5 |
| Supatá - Pacho | 0 | 0 | 2.1 | 9 | 9 | 0 |
| Total | 5.6 | 112 | 49.5 | 199 | 199 | 27 |

Se proyecta en total la siguiente cantidad de ensayos para los tramos en estudio

Tabla 26. Cantidad de Ensayos Proyectados.

| Ensayo | Especificación | Cantidad | Observación |
|---|---|---|---|
| Granulometría | INV. E 123 / INV. E 213 | 398 | Muestras de suelo grueso / Materiales Granulares<br>Muestras de Suelo Fino |
| Contenido de Humedad | INV. E 122 | 398 | Muestras de relleno y de subrasante |
| Limite Liquido | INV. E 125 | 398 | Muestras de relleno y de subrasante |
| Limite Plástico | INV. E 126 | 398 | Muestras de relleno y de subrasante |
| Peso Unitario | INV. E 161 | 398 | Muestras de relleno y de subrasante |
| Ensayo de CBR | INV. E 148 | 199 | en principio en campo se procurara tomar muestras inalteradas de la subrasante las cuales serán expuestas a ensayo en condición de humedad natural y posteriormente sometidas a estado de saturación para repetir el ensayo en condición sumergida; Si las condiciones de la subrasante no permite su obtención se deberá recolectar muestra de la subrasante en lonas ( mínimo 2 lonas) para realizar el moldeo de las muestras en laboratorio y realizar su fallo acorde con la metodología de la especificación INVIAS |
| Granulometría por extracción | INV. E 782 | 27 | de cada uno de los núcleos y una vez determinado el porcentaje de asfalto se realizara la caracterización granulométrica |

| Ensayo | Especificación | Cantidad | Observación |
|---|---|---|---|
| Contenido de Asfalto | INV. E 732 | 27 | De cada Núcleo extraído en los tramos de rehabilitación |
| Gravedad Especifica | INV. E 733<br>INV. E 802 | 27 | De cada Núcleo extraído en los tramos de rehabilitación, a partir de lo cual se determinara la densidad de la capa asfáltica |
| Estabilidad y Flujo | INV. E 748<br>INV. E 800 | 27 | De cada Núcleo extraído en los tramos de rehabilitación |
| Porcentaje de Vacíos | INV. E 736 | 27 | De cada Núcleo extraído en los tramos de rehabilitación |

**Campaña de Caracterización de Fuentes de Materiales.**

Paralelo a la ejecución de los trabajos de campo el personal de campo de la consultoría con base a la investigación previa de las especialidades de geología y geotecnia y el área ambiental realizará visita a las posibles fuentes de materiales de la zona, para validar la disponibilidad de materiales granulares requeridos, los volúmenes disponibles, la distancia a los centros de gravedad del proyecto, recolectando muestras en lona de los materiales requeridos para la estructura de pavimentos en cantidad suficiente para realizar los ensayos de caracterización acorde a los requerimientos de las especificaciones de construcción de carreteras de INVIAS versión 2022:

Articulo 220 -22 Terraplenes.
Articulo 221 -22 Pedraplenes.
Articulo 230-22 Mejoramiento de la subrasante con adición de Materiales.
Articulo 320-22 Subbase Granular
Articulo 330-22 Base Granular
Articulo 450-22 Mezclas Asfálticas
Articulo 630-22 Concreto Estructural
Artículo 610-22 Relleno para estructuras
Articulo 673-22 Subdrenajes en geotextil y material granular

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Para cada tramo en estudio se procederá a evaluar las fuentes de materiales cercanas tanto de materiales granulares como de procesamiento y fabricación de mezclas asfálticas para lo cual se ha programado la ejecución de los siguientes ensayos a las muestras recopiladas:

Tabla 27. Cantidad de Ensayos Proyectados para fuentes de materiales.

| Ensayo | Especificación | Cantidad | Observación |
|---|---|---|---|
| Desgaste Máquina de los Ángeles | INV. E 218 | 14.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Degradación por Abrasión Micro-Deval | INV. E 238 | 14.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Resistencia Mecánica Método 10% de finos | INV. E 224 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Coeficiente Pulimento Acelerado para Rodadura | INV. E 232 | 7.00 | agregados de asfalto, |
| Solidez en Sulfato | INV. E 220 | 7.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Impurezas en Agregado Grueso | INV. E 237 | 7.00 | agregados de asfalto, |
| Límites de Atterberg (límite líquido y plástico) | INV. E 125<br>INV. E 126 | 14.00 | Muestras de agregados para capas de mejoramiento, subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Equivalente Arena | INV. E 133 | 7.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |

| Ensayo | Especificación | Cantidad | Observación |
|---|---|---|---|
| Azul de Metileno | INV. E 235 | 7.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto |
| Contenido de Terrones de Arcilla | INV. E 211 | 7.00 | Muestras de agregados para capas de mejoramiento, subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Partículas planas y alargadas | INV. E 230<br>INV. E 240 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Caras Fracturadas | INV. E 227 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Angularidad de la Fracción Fina | INV. E 239 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Adhesividad | INV. E 774 | 7.00 | agregados de asfalto, |
| CBR | INV. E 148 | 14.00 | Muestras de agregados para capas de mejoramiento, subbases y bases granulares, |
| Diseño de Mezcla | | 7.00 | Mezcla asfáltica, bases tratadas, concreto |

Las muestras serán acopiadas con las muestras de la jornada de exploración de la vía, y se remitirán en conjunto hasta el laboratorio de suelos donde será evaluada por el especialista de pavimentos para realizar la orden de ensayos dependiendo de su uso en la estructura del pavimento y el volumen de la muestra enviado.

una vez obtenidos los resultados de los ensayos ordenados se procederá a hacer la comparación de los resultados obtenidos contra los requisitos de la norma en base al nivel de tránsito estimado para la vía en estudio y acorde a los resultados se procederá a hacer las recomendaciones sobre el uso o no de la fuente en estudio.

**Caracterización Geotécnica.**

**Resultados de Ensayos de Laboratorio.**

Durante la etapa de elaboración del estudio con la información de los ensayos de laboratorio de las muestras tomadas durante la etapa de exploración de campo el especialista de pavimentos deberá realizar una caracterización del corredor, enfocado en los resultados de la investigación geotécnica,

Para establecer las condiciones de soporte de la subrasante y considerando la sectorización de los corredores y la cantidad de ensayos de CBR programados en cada sector, se realizara el cálculo estadístico de los resultados obtenidos en condición de humedad natural y en condición sumergida lo que permiten arrojar valores fiables para establecer la condición de soporte de la subrasante en cada sector homogéneo.

Los resultados de laboratorio permitirán determinar las condiciones de la subrasante determinando condiciones índice de la subrasante estableciendo el Índice de Liquidez e índice de consistencia con lo cual se puede establecer el aprovechamiento de estos materiales para su uso como capas de mejoramiento, o de soporte y los posibles tratamientos para su empleo y las condiciones de consistencia del material de subrasante.

A partir de los resultados de humedad índices de plasticidad, limites líquidos y limites plásticos se emplea las siguientes relaciones:

$$I_c = \frac{L_L - w_n}{IP} \qquad IL = \frac{w_n - LP}{IP}$$

A partir de los resultados de limite liquido e índice de plasticidad se procede a estimar el potencial de expansibilidad de la subrasante a partir de los resultados de límites líquidos y plásticos de las muestras evaluadas, los valores de expansión obtenidos en los ensayos de CBR, según las indicaciones de la especificación de ensayos INV. – E 132 – 13, Inicialmente se estimará a partir de las condiciones índices de Límite Líquido y límite plástico indicadas en las tablas 132.1 y 132.2 de la norma INV. – E 132 – 13.

Tabla 28 Clasificación Suelos expansivos Según INV. E 132 - 13

Tabla 132 - 1. Predicción de la expansividad a partir del límite líquido

| GRADO DE EXPANSIÓN | LÍMITE LÍQUIDO | |
|---|---|---|
| | CHEN | NORMA IS 1498 |
| Bajo | < 30 | 20 – 35 |
| Medio | 30 – 40 | 35 – 50 |
| Alto | 40 – 60 | 50 – 70 |
| Muy alto | > 60 | 70 - 90 |

Tabla 132 - 2. Predicción de la expansividad a partir del índice de plasticidad

| GRADO DE EXPANSIÓN | ÍNDICE DE PLASTICIDAD | | |
|---|---|---|---|
| | HOLTZ Y GIBBS | CHEN | NORMA IS 1498 |
| Bajo | < 20 | 0 – 15 | < 12 |
| Medio | 12 – 34 | 10 – 35 | 12 – 23 |
| Alto | 23 – 45 | 20 – 55 | 23 – 32 |
| Muy alto | > 32 | > 35 | > 32 |

Tabla 132 - 3. Predicción de la expansividad a partir de otras medidas

| GRADO DE EXPANSIÓN | CONTENIDO DE COLOIDES (% MENOR DE 0.001 mm) | LÍMITE DE CONTRACCIÓN | ÍNDICE DE CONTRACCIÓN [A] | ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE [B] (%) | PORCENTAJE DE EXPANSIÓN EN ODÓMETRO (HOLTZ Y GIBBS) [C] | PORCENTAJE DE EXPANSIÓN EN EDÓMETRO (SEED et al.) [D] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bajo | < 17 | > 13 | < 15 | < 50 | < 10 | 0 – 1.5 |
| Medio | 12 – 27 | 8 – 18 | 15 – 30 | 50 – 100 | 10 – 20 | 1.5 – 5.0 |
| Alto | 18 – 37 | 6 – 12 | 30 – 60 | 100 – 200 | 20 – 30 | 5 – 25 |
| Muy alto | > 27 | < 10 | > 60 | > 200 | > 30 | > 25 |

[A] Índice de contracción = Límite plástico – Límite de contracción
[B] Ver Sección 4
[C] De condición seca a saturada bajo una sobrecarga de 7 kPa
[D] Muestra compactada, en condición saturada bajo una sobrecarga de 7 kPa

Considerando los resultados obtenidos a partir de las comparaciones de límites de Atterbert para llegar a las condiciones de potencial de expansión, eventualmente se podrá ordenar puntualmente ejecución del ensayo INV. E120-13 "Determinación de Cambio Volumétrico de un suelo empleando el aparato de Lambe". ensayos

de expansión libre, límites de contracción y/o índice de contracción previo aval de la interventoría y/o el cliente dado que no se encuentran relacionados dentro de la bolsa de ensayos del proyecto.

También se evaluara las condiciones de soporte de la subrasante a partir de los ensayos de CBR y PDC recopilados con lo cual se buscara hacer la sectorización a lo largo del corredor y estimar estrategias de estabilización e intervención de cada corredor.

En campo se ejecuta el ensayos de penetración con Cono Dinámico de lo cual se obtiene un valor de Índice de penetración que es correlacionado con las expresiones propuestas para estimar el valor de CBR del cuerpo de ingenieros Militares de USA, la expresión propuesta por INVIAS y la expresión propuesta por la Universidad javeriana que a continuación se relacionan:

| | |
|---|---|
| Formula de correlación: | CBR = A*DCP^B |
| factor martillo: | 1 |
| Índice DCP promedio: | mm/golpe |

| Formula | AUTOR | A | B |
|---|---|---|---|
| 1 | Ing. Militares. U.S.A. | 292 | -1.12 |
| 2 | INVIAS 1997 | 567 | -1.4 |
| 3 | Pastrana U.J. | 239 | -1.24 |

Los valores obtenidos por correlación del PDC se compararan con los valores de CBR en condición de humedad natural y acorde a estos se realizara la sectorización geotécnica del corredor en estudio.

De acuerdo con las condiciones ambientales se realizara la evaluación de la capacidad en condiciones de humedad natural y/o en condiciones saturadas del ensayo de CBR

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

La información recopilada de los ensayos de laboratorio será consolidada y procesada en tablas resumen de resultados para cada sector vial que permitan condensar la caracterización geotécnica obtenida. De la misma forma se generará perfiles de la exploración en cada apique donde se georreferencia con coordenadas y abscisa cada apique, incluyendo el registro fotográfico , la fecha de la toma, los espesores de cada capa y la presencia de nivel freático.

**Caracterización para Aprovechamiento de materiales existentes**

En cuanto a los rellenos existentes se realizara la caracterización de los materiales existentes a partir de los ensayos de granulometría, limite líquido y limite plástico determinando su posible aprovechamiento como capas de mejoramiento o como aporte de las capas estructurales del pavimento.

En los tramos de rehabilitación se realizará la caracterización de la capa de rodadura existente a partir de los resultados de los ensayos de las muestras tomadas en los núcleos tomados, estableciendo las características de calidad y funcionamiento de la capa de rodadura.

Los resultados de los ensayos realizados serán comparados contra los requisitos establecidos en las especificaciones técnicas de INVIAS referidas a capas de material para mejoramiento, subbase granular, base granular, capas de materiales tratados (cemento, asfalto, químicos).

Articulo 230-22 Mejoramiento de la subrasante con adición de Materiales.
Articulo 320-22 Subbase Granular
Articulo 330-22 Base Granular
Articulo 340-22 Base Estabilizada con emulsión.
Articulo 350-22 Material Granular Tratado con cemento
Articulo 461-22 / 462-22 Reciclado de Pavimento Asfaltico

Dependiendo de los resultados obtenidos en la caracterización de los rellenos existentes se realizará las recomendaciones para su aprovechamiento y /o se planteara los ensayos complementarios para los diseños de mezcla requeridos.

**Perfil estratigráfico.**

Los resultados de campo y laboratorio realizados a lo largo de la vía servirán para determinar el perfil estratigráfico con la respectiva clasificación U.S.C. y AASHTO de cada una de las muestras. Con el análisis de este perfil se llevará a cabo la respectiva sectorización de cada corredor, considerando los resultados de los ensayos de laboratorio, las características geológicas, la evaluación deflectometrica, los perfiles definidos en la toma de georradar.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Sectorización Geotécnica del Corredor.**

La información secundaria, recopilada, de los ensayos de laboratorio, georradar y deflectometria será procesada con el fin de definir los sectores homogéneos de diseño para cada tramo en evaluación, de la misma forma a partir de los resultados de CBR se determinará las secciones homogéneas mediante El método de las diferencias acumuladas que es un método estadístico utilizado por la AASHTO 1993.

La metodología se basa en los siguientes pasos:

- Se realiza una hoja de cálculo en donde la primera columna anota la abscisa del punto donde se efectuó el ensayo correspondiente.
- En la segunda columna se coloca el valor obtenido del parámetro o dato en evaluación.
- La tercera columna indica el número del intervalo o consecutivo de los datos.
- La cuarta columna denominada "Distancia de Intervalo" mostrará la diferencia entre las Abscisas de la columna 1, longitud expresada en metros, kilómetros, etc.
- La quinta columna denominada "Distancia Acumulada" es el cálculo del acumulado de las distancias de la columna 4.

- La sexta columna expresa el promedio entre las mediciones o resultados obtenidos.
- La columna séptima es denominada el "Área de Intervalo".
- La columna octava se denominada "Área Acumulativa". En esta columna se determina el factor de diferencia mediante la siguiente fórmula:
-

$$A_t = \sum_{i=1}^{Nt} a_i$$

$$F = {}^{At}/_{Lp}$$

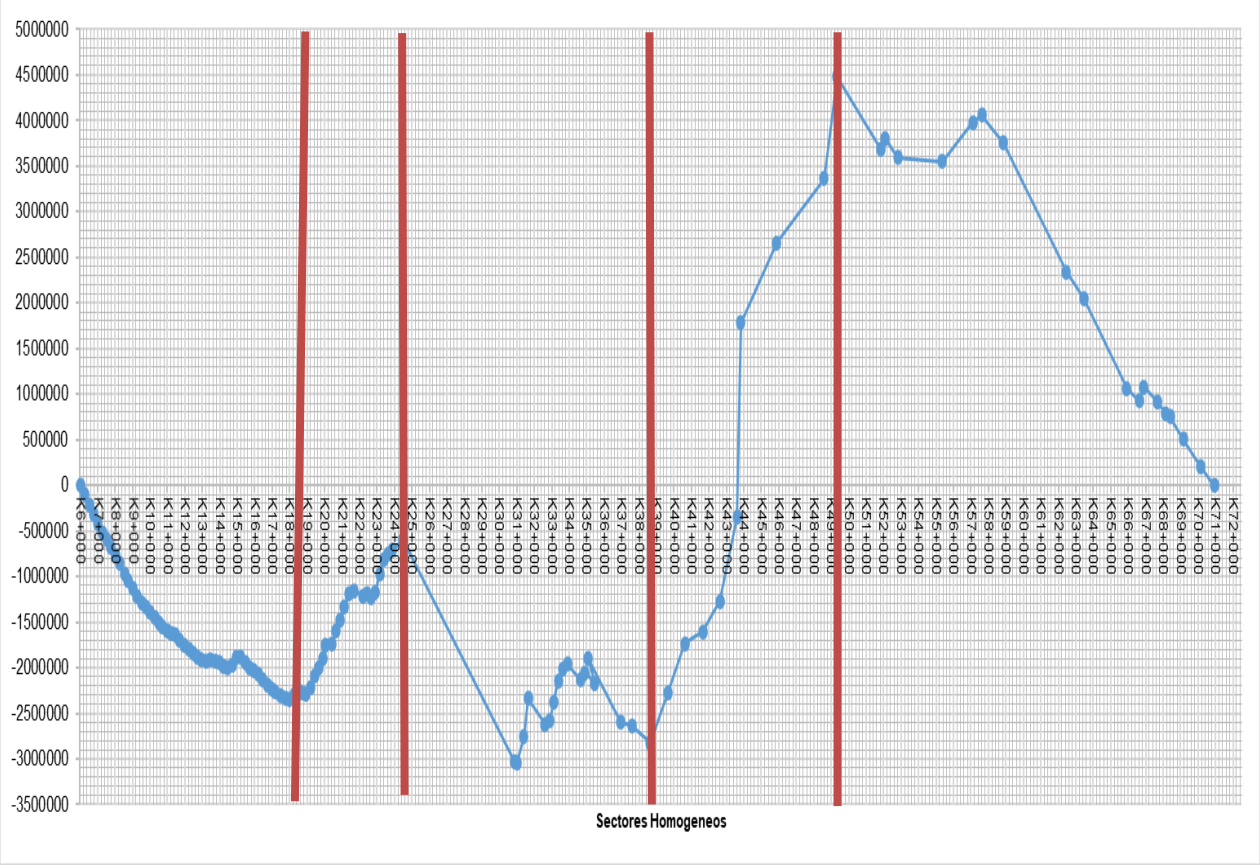
- La columna novena determina la Diferencia Acumulada "Zx".
- En el siguiente cuadro se indican las expresiones y/o procedimiento empleado, para la determinación de cada uno de los parámetros en cada columna.

Tabla 29 Procedimiento para la aplicación del método de las diferencias acumuladas.

| Abscisa | Valor de Respuesta | Número Intervalo | Distancia Intervalo | Distancia Acumulada | Respuesta Promedio | Área Intervalo | Área Acumulada | Zx |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $r_i$ | N | $\Delta x_i$ | $\Sigma \Delta x_i$ | $\bar{r}_i$ | $a_i$ | $\Sigma a_i$ | $\Sigma a_i - F(\Delta x_i)$ |
| 1 | $r_1$ | 1 | $\Delta x_1$ | $\Delta x_1$ | $\bar{r}_1 = r_1$ | $a_1 = \bar{r}_1 . \Delta x_1$ | $a_1$ | $Zx_1 = \Sigma a_i - F(\Delta x_i)$ |
| 2 | $r_2$ | 2 | $\Delta x_2$ | $\Delta x_1 + \Delta x_2$ | $\bar{r}_2 = (r_1 + r_2)/2$ | $a_2 = \bar{r}_2 . \Delta x_2$ | $a_1 + a_2$ | $Zx_2 = (a_1 + a_2) - F(\Delta x_1 + \Delta x_2)$ |
| 3 | $r_3$ | 3 | $\Delta x_3$ | $\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3$ | $\bar{r}_3 = (r_2 + r_3)/2$ | $a_3 = \bar{r}_3 . \Delta x_3$ | $a_1 + a_2 + a_3$ | ... |
| Lp | $r_n$ | $N_t$ | $\Delta x_{Nt}$ | $\Delta x_1 + \ldots + \Delta x_{Nt}$ | $\bar{r}_{Nt} = (r_{n-1} + r_n)/2$ | $a_{Nt} = \bar{r}_{Nt} . \Delta x_{Nt}$ | $a_1 + \ldots + a_{Nt}$ | $Zx_{Nt} = (a_1 + \ldots + a_{Nt}) - F(\Delta x_1 + \ldots + \Delta x_{Nt})$ |

- Posteriormente, se realizó un gráfico Zx Vs Abscisa, el cual nos ayuda a la visualización de las secciones homogéneas. En teoría cada vez que el gráfico cambie de pendiente, esta determinará una nueva sección.

Ilustración 38. Sectorización a partir del método de las diferencias acumuladas




## Diseño de Mezclas

De la misma forma a partir de la información de fuentes de materiales recopilada, la información de los estudios ambiental y del componente geotécnico y a partir de los ensayos de caracterización de las muestras de fuentes recopiladas, el especialista de pavimento realizara las recomendaciones de materiales disponibles para las capas granulares, capas de pavimento propuestas, recomendando las fuentes a emplear con criterio técnico y económico para el proyecto.

En particular, se tendrán en cuenta estabilizaciones para suelos de sub-rasante o para cualquier capa de pavimento, así como mezclas asfálticas. Se deberán indicar, además, recomendaciones especiales y en caso de ser necesario formular las especificaciones particulares en cuanto a fabricación y/o construcción.

Se deben tener resultados de ensayos de módulos dinámicos de materiales granulares y de mezclas asfálticas, además de la ley de fatiga de mezclas asfálticas.

## Determinación de las solicitudes de carga del corredor

A partir del estudio de tránsito elaborado por la se procede a estimar los ejes de diseño equivalentes de 8.2 toneladas para las estructuras flexibles.

Para la elaboración del estudio se toma en consideración las recomendaciones de los manuales de diseño de INVIAS , el de medios y altos volúmenes de tráfico para nivel de servicio NT2 y NT3 y el de bajos volúmenes de tráfico para Nivel de tráfico NT1 de  donde se extrae según la configuración geométrica del corredor el factor direccional y el factor carril, de la misma forma según la configuración de los vehículos aforados en el estudio de tránsito y el tipo de pavimento a emplear  se determinara el factor de equivalencia de carga ( Factor camión) para lo cual se tomará en consideración las cargas estimadas por el ministerio de transporte para cada configuración de ejes de los vehículos aforados.

Del estudio de tránsito se tomará el valor de tránsito promedio diario establecido en el informe, las tasas de crecimiento determinadas a lo largo del corredor y la configuración de los vehículos aforados durante los trabajos de campo.

Se establece el periodo de diseño estableciendo el año 0 como el año en el que se realizaría las actividades de construcción y el inicio del periodo a partir de la entrada de operación del corredor, para pavimentos flexibles se estima un periodo de diseño de 10 años para estructuras nuevas y de 5 años para Rehabilitación.

A parir del Tránsito promedio diario recopilado del estudio de tránsito para el año 0 se procede a estimar el crecimiento anual por tipo de vehículo durante el periodo de diseño según las tasas de crecimiento estimadas en el estudio de tránsito, posteriormente se procede a estimar el volumen vehicular afectando cada resultado por 365 días año a año durante el periodo de diseño.

Cada uno de los valores estimados será afectado por los factores direccional, carril y factor camión con lo cual se tiene el valor de ejes de diseño para cada configuración de vehículo y cada año hasta completar el periodo de diseño del pavimento flexible y/o pavimento rígido.

## Diseño de Pavimentos.

Considerando la existencia de tramos de mejoramiento y tramos de rehabilitación dentro de los corredores viales a evaluar se proponen las propuestas de intervención desde el componente de pavimentos.

El estudio contempla mínimo 3 alternativas de intervención, de acuerdo con las metodologías empleadas en los manuales de diseño de pavimentos de INVIAS, cuáles serán ajustadas  bajo metodologías como AASHTO 93 y chequeo mecanicista de esfuerzos y deformaciones, los tipos de estructuras a considerar se deben adaptar los materiales disponibles en las especificaciones vigentes de INVIAS y las características climáticas de la región.

En el informe se incluye los métodos y procesos constructivos, las especificaciones de los materiales, recomendaciones técnicas.

Para el planteamiento de las propuestas de pavimento se debe tener en cuenta los resultados de la caracterización geotécnica de la subrasante, las solicitudes de carga y las condiciones ambientales de cada tramo.

**Sectores para Mejoramiento.**

El primer paso será estimar los ejes de diseño en el periodo de diseño para lo cual a partir de los resultados de tránsito promedio diario estimados en el componente de tránsito se procederá a estimar los ejes de diseño para el periodo de diseño.

Considerando que para el diseño de la estructura de pavimento es necesario conocer el tráfico estimado para el periodo de diseño el cual se representa en ejes equivalentes de carga a 8.2 Toneladas o repeticiones de carga y que acorde a la magnitud de este parámetro se identifica las mejores alternativas de intervención técnica y económica, se propone una vez sea entregado el insumo de tránsito, proceder a estimar a nivel de pre diseño el tipo de estructura de pavimento flexible a partir de las recomendaciones del Instituto Nacional de Vías en sus Manuales de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes aplicable para un N menor de 500.000 ejes equivalentes en el periodo de diseño o el Manual de medios y altos Volúmenes de Trafico para un N superior a $5x10^5$ ejes equivalentes a 8.2T en el periodo de diseño.

Considerando que los manuales de INVIAS son de uso en las carreteras nacionales y se basan los parámetros locales y la metodología AASHTO 93, y que de estos resultan varias alternativas de intervención desde el componente de pavimentos se procederá a realizar el ajuste de las estructuras halladas en los manuales de INVIAS, Acorde con las condiciones de Trafico, capacidad de soporte y condiciones ambientales propias del tramo a diseñar para lo cual se sugiere emplear la Metodología AASHTO 93 para lo cual se empleara el software WINPAS Versión 1.03 desarrollada por la ACPA (American Concrete Pavement Asociation) y se validara los resultados y espesores a partir de la verificación mecanicista de las alternativas evaluando esfuerzos y deformaciones en las capas asfálticas, granulares y la subrasante mediante el empleo del software DEPAV 2 versión 1.00 desarrollado por el ingeniero Efraín Solano de la Universidad del Cauca.

A continuación, se hace un resumen de las metodologías de diseño a emplear para la validación de la propuesta de pavimento:

**Consideraciones de Diseño Método AASHTO 93.**

Esta metodología busca determinar mediante las condiciones mecánicas del suelo y los materiales, las condiciones de drenaje y el espesor de las capas encontrar un valor de soporte estructural, se procedió a realizar la evaluación del pavimento mediante el uso de la metodología propuesta por la AASHTO/93 que considera la siguiente ecuación:

$$LogN = Z_R S_o + 9.36\log(SN+1) - 0.20 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32\log M_R - 8.07$$

Donde:

- N= Número de ejes equivalentes de 18.2 kips (80 KN).: Para el tránsito calculado para el periodo de diseño de 10 a 15 años conforme a las recomendaciones de INVIAS.

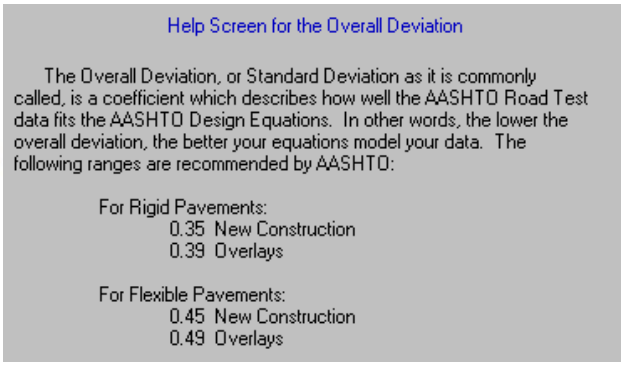
- ZR= Parámetro asociado a la distribución normal estándar respecto al nivel de confiabilidad, teniendo en cuenta el tipo de corredor vial terciario, en principio el valor de la confiabilidad es de 80%, según las especificaciones de la metodología AASHTO, por lo tanto, se toma un valor de parámetro de Zr= -0.841

| Clasificación funcional | Confiabilidad sugerida (R %) | |
|---|---|---|
| | Urbano | Rural |
| Interestatal y otras autopistas | 85 – 99.9 | 80 – 99.9 |
| Arterias principales | 80 – 99 | 75 – 95 |
| Colectoras | 80 – 95 | 75 – 95 |
| Locales | 50 - 80 | 50 – 80 |

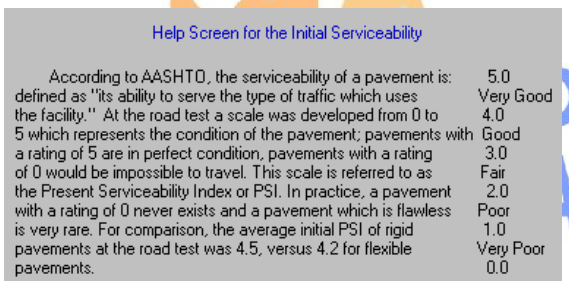
Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de Confiabilidad

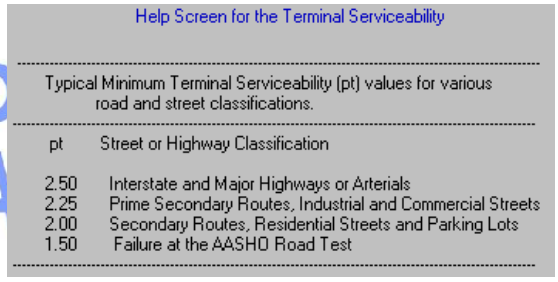
| Confiabilidad (R) | Valor de ZR |
|---|---|
| 50 | - 0,000 |
| 60 | - 0,253 |
| 70 | - 0,524 |
| 75 | - 0,674 |
| 80 | - 0,841 |
| 85 | - 1,037 |
| 90 | - 1,282 |
| 91 | - 1,340 |
| 92 | - 1,405 |
| 93 | - 1,476 |
| 94 | - 1,555 |
| 95 | - 1,645 |
| 96 | - 1,751 |
| 97 | - 1,881 |
| 98 | - 2,054 |
| 99 | - 2,327 |
| 99,9 | - 3,090 |
| 99,99 | - 3,750 |

- So= Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la Predicción del comportamiento. Desviación está en función de la operación que se va a realizar, para la estructura nueva se toma un valor de 0.45.




- ΔPSI= Pérdida de serviciabilidad: Es la capacidad de un pavimento para prestar un buen servicio al Tránsito que lo va a utilizar. La mejor manera para evaluarla es a través del índice de servicio presente el cual varía de 0-5. Para el proyecto se estima un Índice de Serviciabilidad ΔPSI = 2.2 tomando Como índice de serviciabilidad inicial 4.2 de acuerdo con las recomendaciones de la AASHTO para un pavimento flexible nuevo y como índice final 2.0, que es el valor recomendado por la metodología AASHTO para vías secundarias como la que se plantea diseñar, por lo tanto, se toma dicho valor (4.2-2.0=2.2).




- MR= Módulo de resiliencia de la subrasante (lb / pulg²). Este valor se obtiene por correlación con los valores de CBR obtenidos en el corredor, acorde con las condiciones ambientales se sugiere determinar la condición de evaluación conforme a las recomendaciones dadas en el manual de diseño de pavimentos para medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS en la tabla 5.8 de este documento

Tabla 30 Condiciones de evaluación para la capacidad de soporte de la subrasante

| No | REGIÓN | TEMPERATURA TMAP (°C) | PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm) | CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO |
|---|---|---|---|---|
| R1 | Fría seca | < 13 | < 1000 | Con humedad y densidad de equilibrio. Norma I.N.V. E-146 |
| | Fría semihúmeda | < 13 | 1000 – 2000 | Sumergido |
| R2 | Templado seco | 13 – 20 | < 1000 | Con humedad y densidad de equilibrio Norma I.N.V. E-146 |
| | Templado semihúmedo | 13 – 20 | 1000 – 2000 | Sumergido |
| R3 | Cálido seco | 20 – 30 | < 1000 | Con humedad y densidad de equilibrio Norma I.N.V. E-146 |
| | Cálido semihúmedo | 20 – 30 | 1000 – 2000 | Sumergido |
| R4 | Templado húmedo | 13 – 20 | 2000 – 4000 | Sumergido |
| R5 | Cálido húmedo | 20 – 30 | 2000 – 4000 | Sumergido |
| R6 | Cálido muy húmedo | 20°C - 30°C | > 4000 | Sumergido |

Tiempo de inmersión: 4 días para suelos limosos poco plásticos.
8 días para suelos arcillosos y limosos plásticos.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Para el proyecto el consultor considera la siguiente formula con la cual se determina el Módulo Resiliente:

$$Mr\left(\frac{Kg}{cm2}\right) = 130\ CBR^{\frac{1}{1.4}}$$

- SN= Número estructural determinado por coeficientes de las Capas, el método asigna a cada una de las capas de un pavimento un coeficiente (ai), mediante el cual se convierten sus espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento:

SN ef = a1D1+a2D2m2+a3D3m3

Siendo:

ai = Coeficiente estructural de la capa i (l/pulg).
Di = Espesor de la capa i (pulg)
mi = Coeficiente de drenaje de la capa granular i.

- Coeficientes estructurales:

Los coeficientes estructurales de los materiales asfálticos y granulares se adoptan a partir de las características de los materiales a emplear, a partir de los ábacos y expresiones de la AASHTO/93, acorde con los requerimientos de las especificaciones técnicas del INVIAS.

Tabla 31 Expresiones para el Cálculo del Coeficiente estructural

| Material | Expresión para cálculo del ai |
|---|---|
| Concreto Asfaltico | $a_1 = 0.40 \times \log \frac{E_{CA}}{435ksi} + 0.44 \qquad 0.20 \le a_1 \le 0.44$ |
| Base Tratada Con Asfalto | $a_2 = 0.30 \times \log \frac{E_{BTB}}{435ksi} + 0.33 \qquad 0.10 \le a_2 \le 0.30$ |
| Base Granular | $a_2 = 0.25 \times \log \frac{E_B}{23ksi} + 0.11 \qquad 0.06 \le a_2 \le 0.20$ |
| Base Tratada Con Cemento | $a_2 = 0.52 \times \log \frac{E_{CTB}}{435ksi} + 0.08 \qquad 0.10 \le a_2 \le 0.28$ |
| Subbase Granular | $a_3 = 0.23 \times \log \frac{E_{SB}}{23ksi} + 0.15 \qquad 0.06 \le a_3 \le 0.20$ |

- Coeficiente de Drenaje

mi = Coeficiente de drenaje de la capa granular i.

El coeficiente de drenaje, que busca determinar la perdida de serviciabilidad con el tiempo a causa de la expansión, es preciso estimar tres variables que son: la tasa constante de expansión, la elevación vertical potencial y la probabilidad de expansión, estos criterios ambientales se encuentran implícitos en el coeficiente de drenaje mj; En la tabla tomada de la guía AASHTO se evalúa el valor del coeficiente de drenaje en función del tiempo de saturación y el nivel de drenaje de la vía:

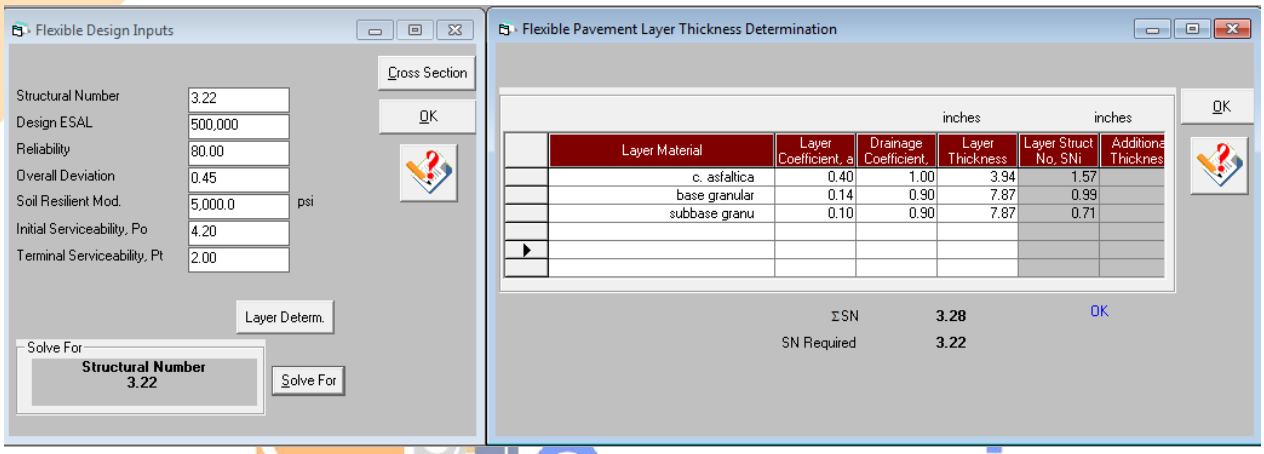
Tabla 32 Coeficientes de Drenaje Recomendados

| CALIDAD DE DRENAJE | Porcentaje de tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad acercándose a saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1-5% | 5-25% | Mayor a 25% |
| Excelente | 1-40-1.35 | 13.5-1.30 | 1.30-1.20 | 1.20 |
| Bueno | 1.35-1.25 | 1.25-1.15 | 1.15-1.00 | 1.00 |
| Mediano | 1.25-1.15 | 1.15-1.05 | 1.00-0.80 | 0.80 |
| Malo | 1.15-1.05 | 1.05-0.80 | 0.80-0.60 | 0.60 |
| Muy Malo | 1.05-0.95 | 0.95-0.75 | 0.75-0.40 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Teniendo en cuenta un drenaje de la vía de calidad mala en principio se adoptan como coeficientes de drenaje para las capas granulares (Base y Subbase Granular) valores de coeficiente de 0,90 y para los materiales tratados con cemento o asfalto que se consideran impermeables; al igual que la carpeta asfáltica. se consideró un coeficiente de 1,0.

Acorde con los criterios anteriores y partiendo de las estructuras prediseñadas en la metodología INVIAS y la propuesta de volumen e pavimento de la etapa de prediseño, se procederá a evaluar los espesores y materiales bajo la metodología AASHTO 93 para lo cual se empleara el software WINPAS versión 1.0.3. desarrollado por la ACPA




La validación de la estructura se da a partir de determinar el índice estructural que corresponde a la razón entre el Numero estructural efectivo y el numero estructural requerido partiendo que el valor obtenido este en el rango entre 1.00 a 1.15.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Ie = SN ef. / SN req

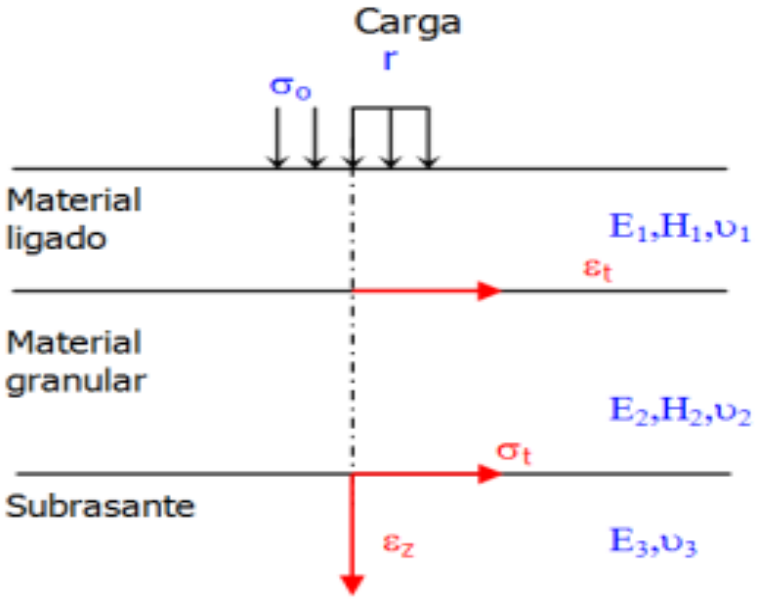
**Verificación Mecanicista del Pavimento Flexible**

Considerando que la metodología AASHTO 93 se basa en parámetros experimentales para la validación final de la propuesta de pavimentos se procederá a emplear la verificación mecanicista de los esfuerzos y deformaciones actuantes y admisibles en cada una de las propuestas.

Esta metodología emplea propiedades físicas fundamentales de los materiales y se basa en un modelo teórico para el cálculo de esfuerzos, deformaciones y deflexiones elásticas, con el objetivo de predecir la respuesta del pavimento causada por una carga estándar aplicada.

Los criterios de diseño evaluados se muestran en la siguiente figura.

Ilustración 39 Parámetros empleados en el modelo mecanicista




- Deformación permanente: limita la deformación por compresión en la subrasante (εz) y el esfuerzo máximo de compresión sobre ésta (σz).

- Fatiga de las capas asfálticas: se basa en la limitación del grado de deformación por tensión en la base de la capa de concreto asfáltico (εt).

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Una vez se conocen los módulos de las capas que conforman la estructura del pavimento, se procede a modelar dicha estructura, para predecir las deformaciones y esfuerzos de las diferentes capas, para lo cual, se empleó el software DEPAV 2.0, desarrollado por La Universidad del Cauca. El modelo que emplea es elástico, multicapa y acepta hasta 10 diferentes modos de carga en la dirección vertical y también en la dirección horizontal. El estado de la interfaz entre las capas también puede ser definido, siendo este normalmente asumido como ligado.

Para la determinación de la vida residual teórica, de acuerdo con el criterio de fatiga en las capas asfálticas, se ha empleado el criterio de la Shell.

**Criterio de agrietamiento por fatiga por la Shell**

La deformación por tensión en la base y en la superficie de la carpeta asfáltica, es usada para determinar la vida residual teórica en función del tránsito que producirá tal deformación. Dicho valor de tránsito es comparado con el tránsito de diseño proyectado al último año en el periodo de diseño.

Como se mencionó anteriormente, el cálculo de la deformación admisible se realizará aplicando la ley de Shell:

$$\varepsilon_t=(0.856V_b+1.08)E_1^{-0.36}\left(\frac{N_{dis}}{K}\right)^{-0.2}$$

Dónde:

$\varepsilon_t$: Deformación máxima a compresión bajo las capas asfálticas (Strain)
Vb: Volumen de asfalto de la mezcla (%) el cual se obtiene del diseño Marshall de las mezclas a emplear
E1: Modulo dinámico de la mezcla asfáltica (N/m2)
Ndis: Ejes equivalentes de 8.2 Ton para el periodo de diseño
K: Coeficiente de Calage (3.3), correspondiente a una confiabilidad del 80%

Tabla 33 Factor de Desplazamiento

| Confiabilidad (%) | 80 | 85 | 90 | 95 |
|---|---|---|---|---|
| Factor de desplazamiento (K) | 4.7 | 3.3 | 2 | 1 |

**Criterio de Deformación Permanente sobre la Subrasante**

El ahuellamiento está relacionado con la capacidad de la estructura para soportar los esfuerzos y deformaciones generadas en el suelo de subrasante por las cargas del tránsito; al controlar el ahuellamiento, se evita la falla estructural por acumulación de deformaciones, los parámetros que ayudan a controlar este factor son:

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Deformación Vertical por Compresión

La deformación y el esfuerzo a compresión sobre la subrasante, obtenidos de la modelación mediante DEPAV, 2.0 se emplean para determinar la vida residual teórica por este criterio. De manera que, para el control del ahuellamiento, dicho valor de tránsito es comparado con el de diseño. De acuerdo con Shell, la relación entre la deformación por compresión y las repeticiones, para una confiabilidad del 85%, está dada por:

$$\varepsilon_z = 2.13x10^{-2}\,(N)^{-0.25}$$

Dónde:

εz : Deformación unitaria vertical en la superficie de la subrasante, strain
N : Número de ejes equivalentes de 8.2 t

Existen funciones de transferencia para el criterio de falla por ahuellamiento que no controlan el fenómeno con la deformación unitaria por compresión, sino a través del esfuerzo vertical por compresión (σz) en la superficie de la subrasante.

Esfuerzo de Compresión

Se evaluó adicionalmente el ahuellamiento teniendo en cuenta el esfuerzo vertical de compresión sobre la subrasante para lo cual se propone la utilización del criterio de Dormon – Kerhoven, quienes lo expresan de la siguiente manera:

$$\sigma_z = \frac{0.007 \times E_{SBR}}{1+0.7 \log N}$$

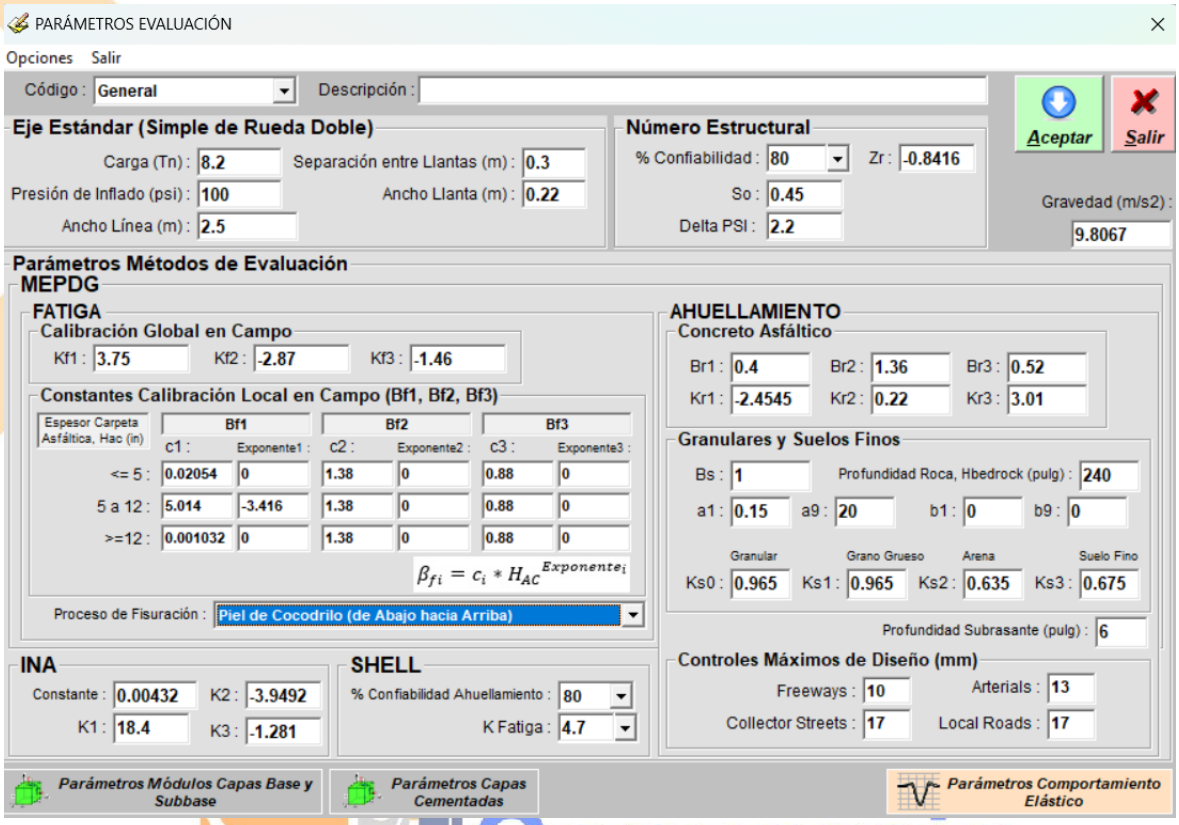
Dónde:

$\sigma_z$ : Esfuerzo máximo de compresión sobre la subrasante, MPa
$E_{SBR}$ : Módulo de la subrasante, MPa
N : Número de ejes equivalentes de 8.2 t

Para ingresar al modelo de análisis programa DEPAV 2.0 para establecer los esfuerzos y deformaciones actuantes se tiene en cuenta el siguiente modelo base en el software:

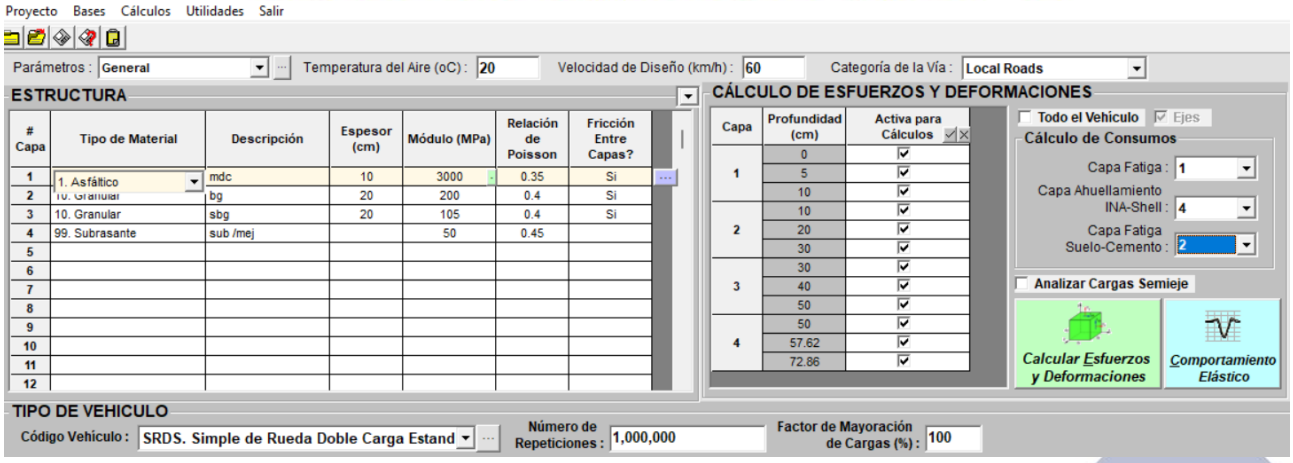
Tabla 34 Características del Modelo

| | |
|---|---|
| Radio de Carga (cm) | 10.8 |
| Presión de Contacto (Kg/cm2) | 5.6 |
| Distancia entre ejes de Llantas (cm) | 32.4 |




Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Para establecer la idoneidad de la estructura propuesta se debe considerar que los esfuerzos y deformaciones admisibles deben ser mayores que los esfuerzos y deformaciones actuantes.



EVALUACION DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES

Ver Salir

Vehículo : SRDS. Simple de Rueda Doble Carga E  Componente : 1. SRDS

Posición : Valores Máximos

| Capa | Profundidad (cm) | Epsilon X | Sigma X (MPa) | Epsilon Y | Sigma Y (MPa) | Epsilon Z | Sigma Z (MPa) | Dzz (mm) | Ep |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.00 | -2.94E-05 | -6.08E-02 | -4.04E-05 | -9.46E-02 | 2.23E-06 | 1.36E-07 | 0.781 | -6 |
| | 5.00 | -2.03E-06 | 1.38E-01 | -5.86E-06 | -4.76E-03 | 8.23E-05 | 3.81E-01 | 0.784 | -5 |
| | 10.00 | -2.94E-04 | -9.98E-01 | -1.90E-04 | -9.11E-01 | 2.93E-04 | 1.61E-01 | 0.778 | -6 |
| 2 | 10.00 | -2.94E-04 | 1.81E-02 | -1.90E-04 | 3.45E-02 | 6.97E-04 | 1.61E-01 | 0.778 | -6 |
| | 20.00 | -2.71E-04 | -1.75E-02 | -1.58E-04 | -2.44E-03 | 4.91E-04 | 9.13E-02 | 0.725 | -5 |
| | 30.00 | -3.08E-04 | -5.46E-02 | -2.06E-04 | -4.01E-02 | 4.76E-04 | 5.73E-02 | 0.678 | -6 |
| 3 | 30.00 | -3.08E-04 | -1.05E-02 | -2.06E-04 | -2.89E-03 | 5.97E-04 | 5.73E-02 | 0.678 | -6 |
| | 40.00 | -2.57E-04 | -1.56E-02 | -1.88E-04 | -1.05E-02 | 4.70E-04 | 3.89E-02 | 0.626 | -6 |
| | 50.00 | -2.71E-04 | -2.53E-02 | -2.04E-04 | -2.02E-02 | 4.42E-04 | 2.82E-02 | 0.582 | -7 |
| 4 | 50.00 | -2.71E-04 | 3.01E-04 | -2.04E-04 | 2.63E-03 | 5.37E-04 | 2.82E-02 | 0.582 | -7 |
| | 57.62 | -2.28E-04 | 3.11E-04 | -1.71E-04 | 2.28E-03 | 4.51E-04 | 2.37E-02 | 0.544 | -6 |
| | 72.86 | -1.71E-04 | 2.69E-04 | -1.23E-04 | 1.90E-03 | 3.33E-04 | 1.76E-02 | 0.487 | -4 |

CONSUMOS Y FACTORES DE EQUIVALENCIA

| | Número de Repeticiones Admisibles | % Consumo 1.0000E+06 de Ejes | Factor Equivalencia | Deformación Unitaria Admisible |
|---|---|---|---|---|
| Fatiga MEPDG | 1.0975E+07 | 9.1117 | 0.736 | -5.3494E-04 |
| Fatiga INA | 5.1539E+05 | 194.0293 | 0.736 | -2.4876E-04 |
| Fatiga SHELL | 3.5096E+06 | 28.4929 | 0.679 | -3.7821E-04 |
| Ahuellamiento INA | 5.9614E+05 | 167.7447 | 1.415 | 4.7833E-04 |
| Ahuellamiento SHELL | 3.0625E+06 | 32.6527 | 1.363 | 6.9570E-04 |
| Fatiga Capa Cementada MEPDG | 0.0000E+00 | 0.0000 | Smax MEPDG (MPa) : | 0.00E+00 |
| Fatiga Capa Cementada PCA | 0.0000E+00 | 0.0000 | Smax PCA (MPa) : | |
| | Deflexión Admisible (mm) | | SigmaZ Admisible (MPa) | |
| Método | INA | IVANOV | Dormon-Kerhoven | CRR |
| | 0.907 | 1.000 | 6.73E-02 | 1.49E-02 |
| | Concreto Asfáltico | Base y Subbase | Subrasante | |
| Deformación Permanente MEPDG (mm) | 2.464 | 2.519 : 1.321 1.198 | 0.969 | |
| Total Def. Permanente MEPDG (mm) | | 5.952 | | |
| Def. Permanente Máxima MEPDG (mm) | Local Roads | 17.000 | | |
| | Requerido | Suministrado | Diferencia | |
| Número Estructural | 3.139 | 3.268 | 0.129 | |

Los valores obtenidos en el software se comparan contra los valores admisibles obtenidos en las correlaciones estableciendo el daño relativo de la relación de condición actuante / condición admisible buscando que esta relación sea menor a 1.

| | Chequeo Fatiga | | | | Chequeo deformacion | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Capa | εt Admisible | εt Actuante | N act | Df = Ndis/Nact | εz Admisible | εz Actuante | N act | Dd = Ndis/Nact | σz Admisible (Kg/cm2) | σz Actuante (Kg/cm2) | N act | Ds = Ndis/Nact | Δ Admisible (mm) | Δ Actuante (mm) |
| 1 | 1.14E-04 | 2.63E-05 | 9.91E+10 | 0.07% | | 6.42E-05 | 4.63E+09 | 1.40% | | 2.19E+00 | 1.22E+01 | 0.0% | | |
| 2 | 1.20E-04 | 7.70E-05 | 6.08E+08 | 10.67% | | 7.56E-05 | 2.42E+09 | 2.68% | | 3.09E-01 | 2.71E+16 | 0.0% | | |
| 3 | | 7.32E-05 | | | 1.89E-04 | 1.15E-04 | 4.62E+08 | 14.05% | 5.97E-01 | 1.40E-01 | 9.84E+37 | 0.0% | 0.3279 | 0.2991 |
| 4 | | 7.01E-05 | | | | 1.24E-04 | 3.43E+08 | 18.92% | | 8.84E-02 | 1.01E+61 | 0.0% | | |
| 5 | | 7.01E-05 | | | | 1.53E-04 | 1.49E+08 | 43.41% | | 8.84E-02 | 1.01E+61 | 0.0% | | |
| | | | | 10.67% | | | | 43.41% | | | | 0.00% | | |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Sectores de Rehabilitación y/o Mantenimiento.**

Algunos tramos poseen sectores pavimentados y se proyectan para que sean intervenidos mediante técnicas y estrategias de rehabilitación -restauración, refuerzo, reciclado o reconstrucción- o mantenimiento. En este sentido, se estructura dichos sectores de manera diferencial, en estos sectores se parte de la información de campo recolectada a partir del ensayo de deflectometria, la medición con georradar, la evaluación superficial del pavimento, los resultados de los ensayos de apiques y núcleos tomados en el sector.

**Evaluación Superficial del Pavimento.**

A partir de las recomendaciones de la Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos de carreteras, se procede a establecer las condiciones de diseño como se indica a continuación:

Periodo de diseño: con base al nivel de tráfico del corredor a evaluar y el tipo de intervención requerida se determina el periodo de diseño de la solución de pavimento acorde a lo indicado en la tabla 1.1 de la guía.

Tabla 35 Periodo de diseño de las obras de rehabilitación

| ALTERNATIVA DE REHABILITACIÓN | CATEGORÍA DEL TRÁNSITO | | |
|---|---|---|---|
| | NT1 | NT2 | NT3 |
| | Caminos rurales con tránsito medio y bajo | Colectoras interurbanas, caminos rurales e industriales principales | Autopistas interurbanas, caminos interurbanos principales |
| | NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 80 kN EN EL CARRIL DE DISEÑO DURANTE EL PERÍODO DE DISEÑO DE LAS OBRAS DE REHABILITACIÓN | | |
| | $< 0.5*10^6$ | $0.5*10^6 – 5*10^6$ | $> 5*10^6$ |
| | PERÍODO DE DISEÑO (años) | | |
| Restauración | Depende de las técnicas de intervención | | |
| Refuerzo | 8 | 10 | 12 |
| Reciclado | 10 | 15 | 20 |
| Reconstrucción | 10 | 15 | 20 |

Deterioros del Pavimento: a partir de la inspección superficial del pavimento y una vez procesada la información recopilada según los lineamientos indicados en el Manual de Inspección de pavimentos Flexibles de INVIAS, se procesa los resultados bajo la metodología VIZIR, el cual clasifica los deterioros en dos grandez categorías y niveles de severidad. Los deterioros tipo A corresponden a condiciones estructurales asociadas a insuficiencias de la capacidad de la calzada agrupadas en deformaciones y fisuramientos; los deterioros tipo B son de carácter funcional y se asocian a reparaciones que no se relacionan con deficiencias estructurales del pavimento.

El nivel de gravedad se da en una escala de 1 a 3 y es particular a cada tipo de falla, lo cual se indica en la tabla 2.4.2 de la guía:

Tabla 36 Nivel de Gravedad Deterioros tipo A

| DETERIORO | NIVEL DE GRAVEDAD | | |
|---|---|---|---|
| | ① | ② | ③ |
| Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales | Sensible al usuario, pero poco importante<br>Prof < 20 mm | Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos.<br>20 mm ≤ Prof ≤ 40 ≤ mm | Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios.<br>Prof > 40 mm |
| Fisuras longitudinales por fatiga | Fisuras finas en la huella de rodamiento. <6 mm | Fisuras abiertas y a menudo ramificadas. | Fisuras muy ramificadas, y/o muy abiertas. Bordes de fisuras ocasionalmente degradados. |
| Piel de cocodrilo | Piel de cocodrilo formada por mallas (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales. | Mallas más densas (<500mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación. | Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (<200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales. |
| Bacheos y parcheos | Intervención de superficie ligada a deterioros del tipo B. | Intervenciones ligadas a deterioros tipo A<br>Comportamiento satisfactorio de la reparación. | Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas. |

Tabla 37 Nivel de Gravedad Deterioros tipo B

| DETERIORO | | NIVEL DE GRAVEDAD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ① | ② | | ③ | | |
| Fisura longitudinal de junta de construcción | | Fina y única < 6 mm | • Ancha (≤ 6 mm) sin desprendimiento o •Fina ramificada | | Ancha (≤ 6 mm) con desprendimientos o ramificada | | |
| Fisuras de contracción térmica. | | Fisuras finas < 6 mm | Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimiento, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas | | Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos | | |
| Fisuras parabólicas. | | Fisuras finas < 6 mm | Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos | | Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos | | |
| Fisuras de borde | | Fisuras finas < 6 mm | Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos | | Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos | | |
| Abultamientos | | h< 20 mm | 20 mm ≤ h≤ 40 mm | | h > 40 mm. | | |
| Ojos de pescado*(por cada 100m) | Cantidad. | < 5 | 5 a 10 | < 5 | > 10 | 5 a 10 | |
| | Diámetro (mm) | ≤ 300 | ≤ 300 | ≤ 1000 | ≤ 300 | ≤ 1000 | |
| Desprendimientos: • Pérdida de película de ligante. • Pérdida de agregado | | Pérdidas aisladas | Pérdidas continuas | | Pérdidas generalizadas y muy marcadas | | |
| Descascaramiento | Prof.(mm) | ≤ 25 | ≤ 25 | > 25 | > 25 | | |
| | Área($m^2$) | ≤ 0.8 | > 0.8 | ≤ 0.8 | > 0.8 | | |
| Pulimento agregados | | Long. Comprometida < 10% de la sección (100m). | Long. Comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100m) | | Long. Comprometida > 50% de la sección (100m) | | |
| Exudación | | Puntual, área específica | Continúa sobre las trayectorias por donde circulan las ruedas del vehículo | | Continua y muy marcada, en diversas aéreas | | |
| Afloramientos: • De mortero • De agua | | Localizados y apenas perceptibles. | Intensos | | Muy intensos | | |
| Desintegración de los bordes del pavimento | | Inicio de la desintegración, sectores localizados. | La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más | | Erosión extrema que conduce a la desintegración del revestimiento | | |
| Escalonamiento entre calzada y berma. | | Desnivel entre 10 mm y 50 mm. | Desnivel entre 50 y 100mm | | Desnivel superior a 100mm. | | |
| Erosión de las bermas | | Erosión incipiente | Erosión pronunciada | | La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios | | |
| Segregación | | Long. comprometida < 10% de la sección (100m) | Long. comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100m) | | Long. comprometida > 50% de la sección (100m) | | |

* Cuando el número de ojos de pescado supere el número y el tamaño descritos en la tabla, se deberá enfrentar como deterioro del tipo A.

la evaluación se realiza por tramos de 100 m de longitud, donde se reporta las distintas patologías y su nivel de gravedad y se determina el nivel representativo del tramo como un promedio pnderado bajo la siguiente expresión:

$$G = \frac{l_1 + 2l_2 + 3l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

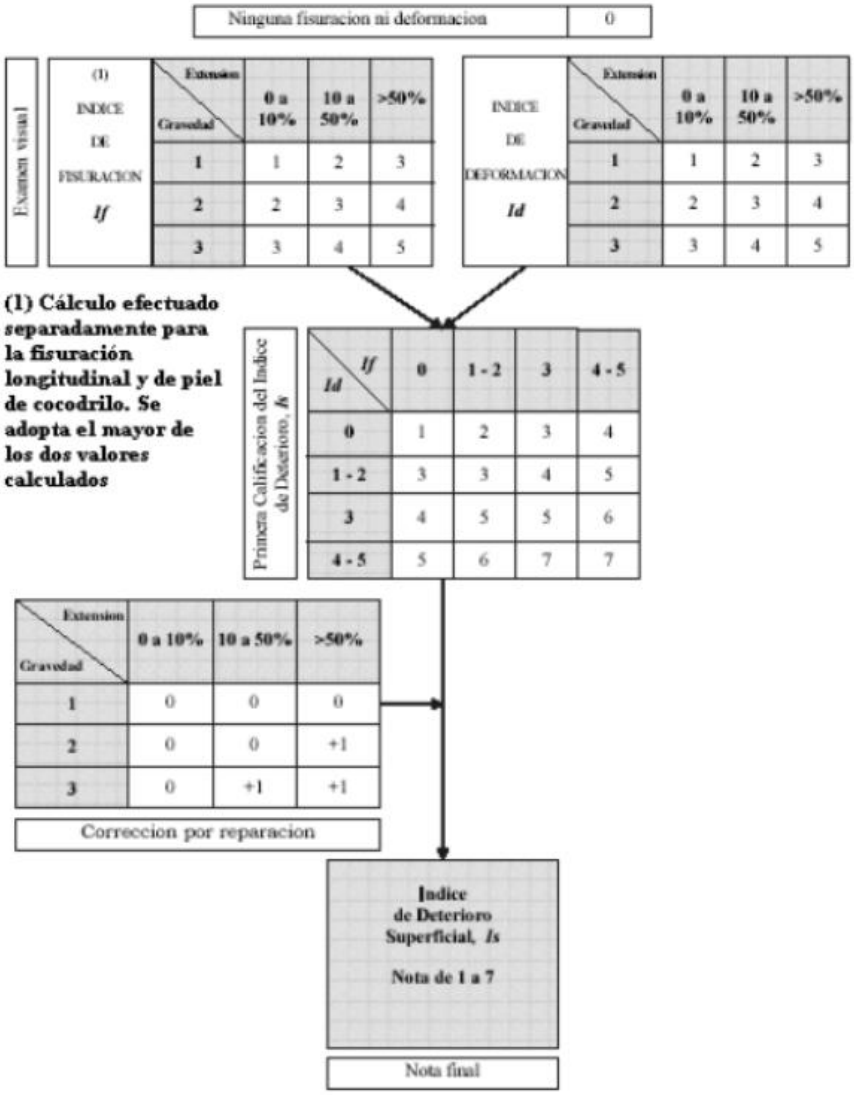
Donde: $l_i$: Longitud ocupada por el deterioro con gravedad "i" dentro del tramo bajo evaluación.

Como la gravedad es un número entero (1, 2 o 3), el valor obtenido al realizar la ponderación se deberá redondear de acuerdo con el siguiente criterio:

| | |
|---|---|
| Si G < 1.5 | se toma 1 |
| Si 1.5 ≤ G < 2.5 | se toma 2 |
| Si G ≥ 2.5 | se toma 3 |

A partir de lo anterior se procede a determinar el índice de deterioro superficial que está compuesto por el índice de fisuración y el índice de deformación, la combinación de estos dos índices da lugar a un primer índice de calificación de deterioro de la calzada, el cual debe ser corregido en función de la calidad y extensión de los trabajos de parches con lo cual se llega a un rango de evaluación de 1 a 7 como se muestra en la siguiente figura:

Ilustración 40 Índice de deterioro superficial




Los valores de índice superficial entre 1 y 2 representan pavimentos con un buen comportamiento y probablemente no requieren acciones mayores a un mantenimiento rutinario; valores de índice superficial entre 3 y 4 representan un estado regular del pavimento en el cual probablemente se requerirá actividades de rehabilitación de la calzada; para índices superficiales de 5, 6 y 7 representan una condición superficial del pavimento que requerirá actividades importantes de rehabilitación.

## Evaluación Estructural del Pavimento.

En complemento a la evaluación superficial se debe realizar la evaluación estructural del pavimento para lo cual se tiene en cuenta los resultados de la deflexión realizada con la cual se puede determinar las condiciones de soporte de la subrasante y numero estructural efectivo del pavimento a partir de la metodología propuesta por la AASHTO para lo cual se parte de la información de tránsito, deflectometria tomada y de los apiques realizados en la zona.

La normalización de los datos de deflexión obtenidos en campo se normaliza a carga de 40 KN, esta correlación se realiza proporcionalmente como se indica en la siguiente ecuación

$$di = dio * \frac{Pr}{Po}$$

Dónde:

di = Deflexión del sensor i, corregida a la carga Pr.
di0= Deflexión del sensor i, medida en campo con la carga de aplicación P0.
Pr= Carga a la cual se normalizarán las mediciones, en este caso igual a 40 KN.
P0 = Carga (en KN) aplicada en las mediciones de campo.

De la misma forma se debe realizar el ajuste de las cargas por factores climáticos que tiene especial incidencia sobre la capa asfáltica, por lo cual se debe considerar la temperatura ambiente y la temperatura del asfalto al momento de la medición que se resume en la siguiente expresión:

$$F_T = (1.054)^{(T-20)/u}$$

Donde:
h: Espesor de las capas asfálticas en el sitio de la medida (cm).
T: Temperatura de las capas asfálticas en el momento de la medida ($^{o}$ C)
u: $-34.123*(h)^{-0.725}$

A partir de la deflexión Central (d0) corregida por carga y por temperatura, se establece la caracterización geotécnica del corredor mediante la aplicación del método de diferencias acumuladas descrito en el apéndice J de la guía de diseño de pavimentos AASHTO 93 En este método, los tramos homogéneos se localizan entre puntos con cambios en el sentido de la pendiente

Tabla 38 Solución Tabulada por aproximaciones sucesivas

| ABSCISA | VALOR DE RESPUESTA $R_I$ | NÚMERO INTERVALO N | DISTANCIA INTERVALO $\Delta X_I$ | DISTANCIA ACUMULADA $\Sigma\Delta X_I$ | RESPUESTA PROMEDIO $\overline{R_I}$ | ÁREA INTERVALO REAL $A_I$ | ÁREA ACUMULADA $\Sigma A_I$ | Zx $\Sigma A_I - F(\Delta X_I)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $r_1$ | 1 | $\Delta x_1$ | $\Delta x_1$ | $\overline{r_1}=r_1$ | $a_1=\overline{r_1}.\Delta x_1$ | $a_1$ | $Zx_1=a_1-F(\Delta x_1)$ |
| 2 | $r_2$ | 2 | $\Delta x_2$ | $\Delta x_1+\Delta x_2$ | $\overline{r_2}=(r_1+r_2)/2$ | $a_2=\overline{r_2}.\Delta x_2$ | $a_1+a_2$ | $Zx_2=(a_1+a_2)-F(\Delta x_1+\Delta x_2)$ |
| 3 | $r_3$ | 3 | $\Delta x_3$ | $\Delta x_1+\Delta x_2+\Delta x_3$ | $\overline{r_3}=(r_2+r_3)/2$ | $a_3=\overline{r_3}.\Delta x_3$ | $a_1+a_2+a_3$ | $Zx_2=(a_1+a_2+a_3)-F(\Delta x_1+\Delta x_2+\Delta x_3)$ |
| Lp | $r_n$ | $N_t$ | $\Delta x_{Nt}$ | $\Delta x_1+\ldots+\Delta x_{Nt}$ | $\overline{r_{Nt}}=(r_{n-1}+r_n)/2$ | $a_{Nt}=\overline{r_{Nt}}.\Delta x_{Nt}$ | $a_1+\ldots+a_{Nt}$ | $Zx_{Nt}=(a_1+\ldots+a_{Nt})-F(\Delta x_1+\ldots+\Delta x_{Nt})$ |

$$F = \frac{At}{L}$$

Donde:

At: Sumatoria de los valores obtenidos de área acumulada.
L: Longitud del tramo en estudio (km).

A partir de los resultados de las deflexiones corregidas existen parámetros cualitativos que proporcionan información sobre la condición relativa de un pavimento flexible, los cuales han sido formulados bajo las siguientes premisas:

Las diferencias entre las deflexiones cercanas al punto de aplicación de carga reflejan la rigidez relativa en las capas superiores del pavimento.

La diferencia entre las deflexiones de la parte media del cuenco de deflexión (entre 300 y 900mm del punto de aplicación de carga) reflejan la rigidez relativa en las capas granulares o de apoyo del pavimento.

Las deflexiones medidas cerca al extremo del cuenco de deflexión reflejan bastante bien la condición de la subrasante fundación.

Tabla 39 Parámetros empleados para la evaluación cualitativas

| PARÁMETRO | FÓRMULA | INDICADOR |
|---|---|---|
| Índice de curvatura superficial | ICS=d0-d300 | Junto con otros parámetros, proporciona una idea sobre la rigidez de las capas asfálticas |
| Índice de daño de la base | IDB=d300-d600 | Deformación compresiva sobre las capas de apoyo de las capas asfálticas |
| Índice de curvatura de la base | ICB=d600-d900 | Deformación compresiva sobre la subrasante |

Fuente: Horak, Emile, International Society for Asphalt.6th International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavement.1988

Los rangos de comportamiento para los parámetros del cuenco de deflexiones en pavimentos flexibles se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 40 Parámetros evaluación deflectometria cualitativas

| TIPO DE BASE | CONDICIÓN ESTRUCTURAL | D0 (µm) | ICS (µm) | IDB (µm) | ICB (µm) |
|---|---|---|---|---|---|
| Granular | Buena | < 500 | < 200 | < 100 | < 50 |
| | Regular | 500 - 750 | 200 – 400 | 100 - 200 | 50 – 100 |
| | Mala | > 750 | > 400 | > 200 | > 100 |
| Cementada | Buena | < 200 | < 100 | < 50 | < 40 |
| | Regular | 200 - 400 | 100 – 300 | 50 - 100 | 40 - 80 |
| | Mala | > 400 | > 300 | > 100 | > 80 |
| Bituminosa | Buena | < 400 | < 200 | < 100 | < 50 |
| | Regular | 400 - 600 | 200 – 400 | 100 - 150 | 50 – 80 |
| | Mala | > 600 | > 400 | > 150 | > 80 |

Fuente: Benchmarking the structural condition of flexible pavements with deflection bowl parameters. Journal of the south African Institution of Civil Engineering. Vol .50 No2, 2008.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Dónde:

do : Deflexión máxima.
ICS : Índice de curvatura superficial, característico de las capas superficiales.
IDB : Índice de daño de la base, característico de las capas de apoyo de la capa asfáltica.
ICB : Índice de curvatura de la base, característico de la fundación.

A partir de los valores corregidos de deflexión se procede a estimar el módulo de la subrasante mediante ecuaciones de regresión, De acuerdo con la metodología AASHTO-93, el cálculo del módulo resiliente de la subrasante puede determinarse a partir de las deflexiones obtenidas con el deflectómetro de impacto (FWD), por medio de la siguiente expresión la cual está en función de los siguientes parámetros:

$$Mr = \frac{0.24P}{D_r . r}$$

Donde:

Mr: Módulo resiliente de la subrasante en psi.
P: Carga aplicada en libras.
$D_r$: Deflexión medida a una distancia r del centro del plato de carga en pulgadas.
r: Distancia desde el centro del plato de carga en pulgadas.

De acuerdo con lo propuesto por la AASHTO, la deflexión empleada para retro calcular el módulo de la subrasante debe ser medida lo suficientemente lejos del punto de aplicación de carga, de tal modo que provea

un buen estimativo del módulo de la subrasante, independientemente de los efectos de cualquiera de las capas por encima de ésta; pero también debe estar lo suficientemente cerca, de tal modo que no sea muy pequeña e impida una medición precisa. La mínima distancia debe determinarse por medio de la siguiente relación:

$$r \geq 0.7a_e$$

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left(D\sqrt[3]{\frac{Ep}{M_R}}\right)^2}$$

Donde:

$a_e$: Radio del bulbo de esfuerzos en la interface estructura-subrasante en pulgadas.
a: Radio del plato de carga del deflectómetro en pulgadas.
D: Espesor de las capas del pavimento en pulgadas.
$E_P$: Modulo efectivo de todas las capas del pavimento por encima de la subrasante en psi.

se encuentra que la deflexión que representa el comportamiento de la subrasante de la estructura a evaluar corresponde a los sismómetros ubicados a 90 cm (D90), 120 cm (D120) y 150 cm (D150). Este valor del módulo resiliente se corrige con base en el tipo de material encontrado y las capas adyacentes; por lo que, dado que no se cuenta con información específica del material que conforma la subrasante y de si se cuenta o no con mejoramiento, se considera la condición más desfavorable, una subrasante en material fino, por lo que el factor "C" a considerar para la corrección del módulo resiliente es de 0.33.

para determinar el módulo efectivo del pavimento EP, se parte por medio de iteraciones de la siguiente expresión:

$$d_0 = 1.5 * p * a * \left\{ \frac{1}{M_r\sqrt{1+\left(\frac{D}{a}\sqrt[3]{\frac{E_p}{M_r}}\right)^2}} + \left[ \frac{1-\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{D}{a}\right)^2}}}{E_p} \right] \right\}$$

Dónde:

do : Deflexión central.
P : Presión del plato de carga, psi. En este caso 82.3 psi=5.76Kg/cm².
a : Radio del plato de carga, pulgadas (5.9in=15cm).
D : Espesor total de las capas del pavimento sobre la subrasante, pulgadas.
MR : Módulo resiliente de la subrasante, psi.
Ep : Módulo efectivo de las capas que conforman el pavimento, psi.

El módulo efectivo del pavimento (EP), es calculado mediante iteraciones consecutivas de posibles valores, hasta que la igualdad de la ecuación anterior se cumpla.

Igualmente a partir de los valores de la deflectometria se procede a estimar el numero estructural efectivo a partir de la siguiente expresión:

$$SN_{Efectivo} = 0.0045 * D * \sqrt[3]{E_P}$$

El número estructural efectivo esta entonces en función del espesor total del pavimento (D) y su modulo efectivo (Ep).

**Evaluación Global**

A partir de la evaluación superficial del pavimento y el contraste con la evaluación estructural resumida en la deflexión central del tramo se configuran las posibles soluciones de rehabilitación como se muestra a continuación:

Tabla 41 Propuestas de Rehabilitación

| CASO | Is | DEFLEXIONES CENTRALES | OBSERVACIONES Y POSIBLES CAUSAS DE DISCREPANCIA |
|---|---|---|---|
| 1 | 1, 2 | Bajas | Posiblemente sólo se requieran trabajos de restauración para la corrección de los defectos de origen superficial y otros daños localizados |
| 2 | 1, 2 | Altas | Pavimento subdimensionado para el tránsito que debe soportar, el cual precisa ser reforzado |
| 3 | 3, 4 | Bajas | Si los deterioros prevalecientes son fisuramientos del tipo piel de cocodrilo y el cuenco de deflexión es cerrado (bajo radio de curvatura), ello es indicativo de la presencia de una capa débil bajo las asfálticas (que se puede verificar con los resultados de la exploración destructiva). En este caso hay varias opciones: bacheo de las áreas más deterioradas y colocación de un refuerzo en un espesor que reduzca las deformaciones de tracción en el fondo de las capas asfálticas a un nivel admisible; si los materiales lo permiten, se puede optar por el reciclado; en caso contrario, se debe contemplar una reconstrucción parcial.<br>Si los deterioros prevalecientes son deformaciones por fallas provenientes de las capas superiores o la subrasante, la opción es la reconstrucción parcial o total del pavimento, según la profundidad donde se encuentre el origen de las deformaciones |
| 4 | 3, 4 | Altas | Es el paso avanzado del Caso 2 por no aplicar a tiempo las medidas necesarias. Las soluciones posibles son el refuerzo o el reciclado |
| 5 | 5, 6, 7 | Bajas | Es el paso avanzado del Caso 3. Las soluciones son similares a las descritas para éste |
| 6 | 5, 6, 7 | Altas | Usualmente corresponde a la fatiga total del pavimento por cumplimiento de la vida útil. Debido al nivel de los deterioros, las obras de rehabilitación por ejecutar probablemente correspondan a trabajos de reciclado en frío de alta intensidad y/o de reconstrucción |

Utilizando la Guía de rehabilitación de INVIAS se procederá con la selección de las técnicas de intervención más apropiadas por sector identificado -en este paso se evidencia la importancia de sectorizar desde el inicio-, a partir de las técnicas se estructurarán las estrategias más adecuadas desde el punto de vista técnico y económico para proseguir con el diseño de rehabilitación o de mantenimiento, selección de materiales y la predicción y evaluación del comportamiento de las estrategias seleccionadas.

Análisis de vida residual

Con el fin de determinar la necesidad estructural del pavimento existente fue empleada la metodología de diseño de la AASHTO/93, determinando el número estructural requerido para un período de diseño y calculando la diferencia con el número estructural efectivo, esta diferencia corresponde a la necesidad estructural del pavimento para el período de diseño analizado.

Para llegar al número estructural requerido se parte de la expresión de la AASHTO 93 para pavimentos flexibles:

$$\text{LogN} = Z_R S_o + 9.36\log(SN+1) - 0.20 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32\log M_R - 8.07$$

Donde:

N : Número de ejes equivalentes de 8.2 t (80 kN). Valor adoptado según los parámetros indicados en el estudio de tránsito para cada tramo.

ZR : Desviación estándar normal. se encuentra en función del nivel de confiabilidad adoptado para el proyecto, el cual busca incorporar al diseño, algún tipo de certidumbre, asegurando que las diferentes variables se mantengan durante el período de análisis.

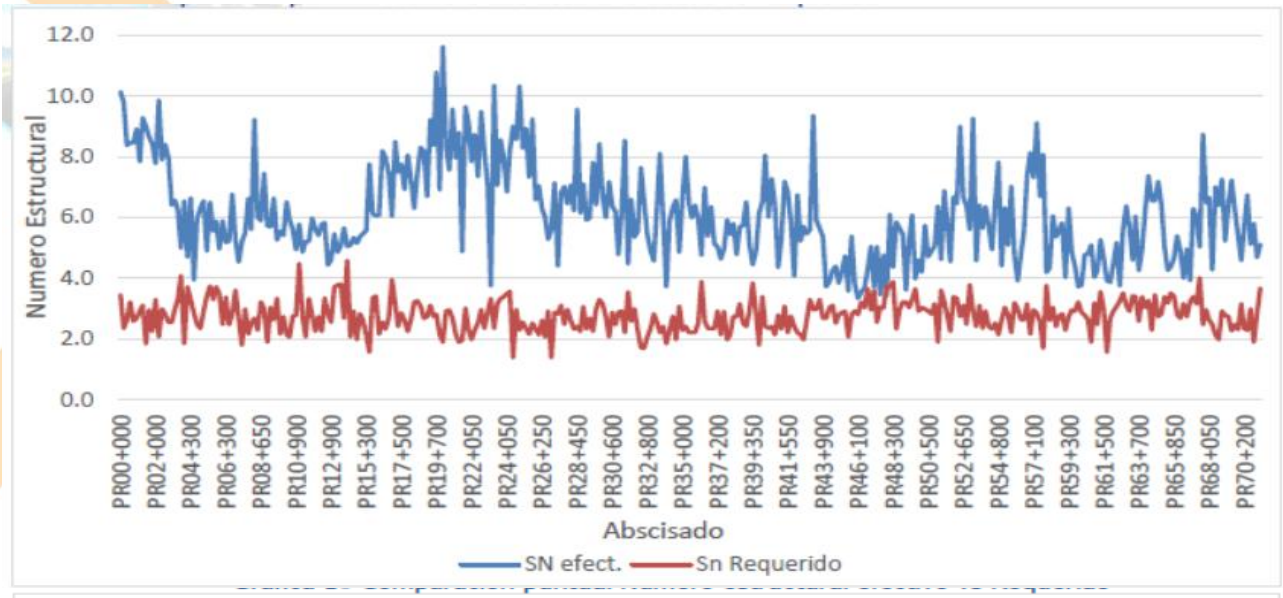
So : Error normal combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento. Atendiendo las recomendaciones de la AASHTO, el error estándar asumido es de 0,49, en donde se considera que la capa de rodadura de la estructura del pavimento es flexible y se analiza como una rehabilitación de pavimento.

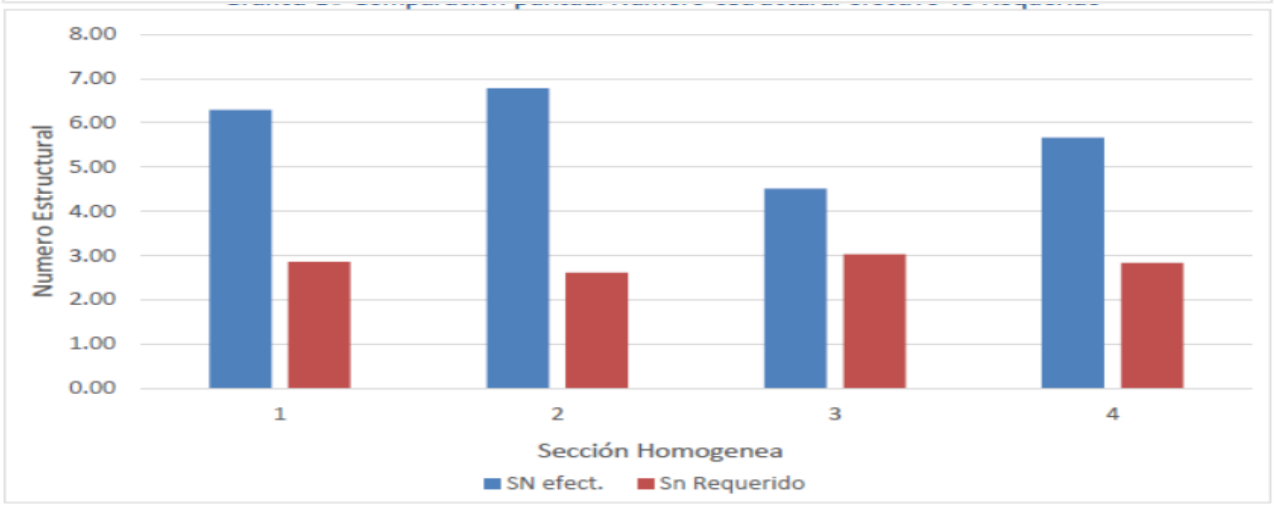
ΔPSI : Pérdida de serviciabilidad. Este índice tiene en cuenta el estado inicial y final de serviciabilidad del pavimento, el cual está definido como su capacidad de servir al tipo de tráfico que circula en el segmento evaluado. Por lo anterior la pérdida del índice de serviciabilidad (ΔPSI), se encuentra dada por la diferencia del índice de estado de la vía en buen estado y el valor donde ocurre la falla funcional del pavimento. Reconociendo la tipología del proyecto se establece un índice inicial de 4.2 y un índice final de 2.2 para una pérdida de serviciabilidad de 2.0 durante el periodo de diseño.

MR : Módulo de resiliencia de la subrasante (lb / pulg²). El módulo resiliente de la subrasante corresponde al promedio calculado mediante el análisis deflectométrico.

SN : Número estructural requerido

Los números estructurales requeridos se calculan para cada segmento del sector evaluado. Basados en lo anterior, se lleva a cabo el cálculo del SN requerido punto a punto y por sección homogénea para cada vía analizada, en donde, los resultados encontrados se reportaran en gráficas




Cuando la diferencia entre el número estructural efectivo y el número estructural requerido es positiva evidencia que el SN efectivo supera el valor mínimo necesario, lo cual confirma que la estructura del pavimento posee la capacidad suficiente para resistir las solicitaciones de carga proyectadas durante el período de análisis, en caso contrario la estructura de pavimento en análisis requerirá de un refuerzo a nivel estructural.

**Inspección del drenaje.**

En los tramos de pavimento existentes se realizara la evaluación de los drenajes existentes para evaluar la posible afectación del sistema al estado actual del pavimento, se analizara en conjunto con la información recopilada del componente de drenajes del estudio y en conjunto con la información recopiladas de los toros componentes relevantes como el de diseño geométrico se evaluara las pendientes longitudinales de la calzada,

los bombeos, la evaluación se realizará conforme con las recomendaciones d la guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfalticos de carreteras emitido por el INVIAS.

**Secciones Transversales.**

Previo análisis de las alternativas de intervención propuesta, se realizara una descripción esquemática de la alternativa seleccionada, la cual se incluye en los planos de las secciones típicas, de las diferentes secciones transversales (corte en cajón, corte a media ladera y terraplén), incluyendo la estructura de pavimento seleccionada, indicándose las características más importantes, así como situaciones particulares. Los dibujos pueden hacerse a escala o indicando claramente las dimensiones, de todos los elementos de cada sección transversal.

**Procesos Constructivos.**

En este capítulo se realiza la descripción del proceso constructivo de la alternativa propuesta detallando la metodología apropiada que permita la materialización de conformidad con las particularidades de la zona o sitios específicos, manejo del tránsito, componentes sociales y ambientales, disponibilidad de materiales, zonas de disposición de materiales, costos asociados, entre otras variables.

En este sentido el proceso constructivo debe dar la viabilidad de la alternativa propuesta por el consultor y este debe ser aprobado por la interventoría y la entidad. En caso contrario el consultor deberá reformular la alternativa hasta que esta sea viable constructivamente.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Conclusiones y Recomendaciones**

Al final del documento se presentara de forma clara las conclusiones a las que llega el estudio en cada sector evaluado, indicando claramente los resultados y recomendaciones del diseño de pavimento para ser tenidos en cuenta durante la construcción y durante la etapa de operación.

**Anexos.**

Para pada uno de los tramos en estudio se presentara el volumen de pavimentos debidamente firmado por el director de consultoría y el especialista de pavimentos el cual contendrá como mínimo los siguientes anexos:

- Mapa de localización de cada sector vial considero en el estudio. terreno y ubicación en plano.
- Resultados de ensayos de laboratorio (firmados por la persona responsable de la ejecución).
- Perfil estratigráfico en toda la longitud cada sector vial considerado en el estudio, tablas resumen de resultados y modelo geotécnico correspondiente.

- Cálculo del Número de Ejes equivalentes de Carga
- Plano de secciones típicas – secciones transversales.
- Memorias de cálculo con metodología y justificación de las fórmulas empleadas.
- Fotografías.
- Planos tipológicos estructurales para cada sector o subsector vial según sea el caso

## PRODUCTOS PARA ENTREGAR

La entrega del volumen de pavimentos se realizará una vez sea recopilada y analizada la información primaria y secundaria para lo cual se entregara un documento que cumpla con los siguientes parámetros:

El estudio a desarrollar debe permitir identificar, analizar y evaluar mediante guías, ensayos y metodologías, los requerimientos necesarios para determinar los diseños para estructuras de pavimentos nuevos y rehabilitados. El alcance de este estudio es:

- Identificar y caracterizar mediante técnicas de exploración y muestreo los materiales, propiedades y las capas que conforman la subrasante existente en la longitud del proyecto.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas más importantes de la subrasante y homogenizar mediante los resultados de CBR, sectores para el diseño de la estructura del pavimento.
- Identificar las condiciones estructurales de la vía existente.
- Definir los espesores y características de los materiales más apropiados que pueden ser colocados de acuerdo con las condiciones del proyecto y que constituirán la estructura de pavimento.
- Diseñar una estructura, con varias alternativas, que sea cómoda, funcional, segura y económica.
- Presentar sugerencias de tipo constructivo y de mejoramiento que conlleven a un óptimo desarrollo del Proyecto.

Este volumen debe comprender como mínimo los siguientes capítulos:

Introducción.
1. Objetivos y Alcance.
2. Descripción de la Metodología.
3. Información Existente.
4. Análisis de Tránsito.
5. Trabajos de Campo.
6. Características Geotécnicas.
7. Diseño de Mezclas y Fuentes de Materiales.

8. Diseño de Pavimentos.
9. Sectores de Rehabilitación y/o Mantenimiento.
10. Secciones Transversales.
11. Procesos Constructivos.
12. Conclusiones y Recomendaciones.

## DESCRIPCIÓN DE EQUIPO HUMANO Y TÉCNICO.

### Equipo Profesional.

A continuación, se presenta los perfiles del personal responsable del componente de pavimento:

Tabla 42. Relación de personal de la consultoría para pavimentos.

| Rol | Perfil | Funciones |
|---|---|---|
| Director del Proyecto – Categoría 3 | Ingeniero civil o de Vías con Posgrado a nivel de especialización o maestría en ingeniería y/o gerencia de proyectos y/o Finanzas y/o administración; con 10 años de experiencia general y experiencia especifica en 3 proyectos mínimo de los cuales mínimo 1 similar al actual. | es el encargado de la estructuración general de la consultoría, llevando la dirección general del proyecto y sirviendo de enlace con el interventor y el cliente |
| Especialista de Pavimentos – Categoría 4 | Ingeniero civil o tránsito y transporte o de vías con especialización o maestría en el área de pavimentos con 8 años de experiencia general y experiencia especifica en 2 de experiencia especifica como especialista en proyectos de estudios y diseños de proyectos viales de los cuales mínimo 1 similar al actual. | es el encargado de coordinar con el equipo de exportación de campo, las actividades a desarrollar, revisar y analizar la información secundaria y primaria del componente de pavimentos, revisar y ordenar los ensayos de las muestras recopiladas, interactuar con las otras especialidades para llegar a soluciones adecuadas dentro de la consultoría y elaborar los documentos técnicos de las distintas etapas de la consultoría. |
| Ing. Residente – Apoyo – Categoría 8 | Ingeniero civil o tránsito y transporte o de vías, con experiencia general de 3 años y 1 año de experiencia especifica | es el apoyo del ingeniero especialista, servirá de apoyo durante los trabajos de campo para revisión y ejecución de las perforaciones y la investigación de campo de las posibles fuentes de materiales, él envió de las muestras al laboratorio y el apoyo en la digitalización de estos, la elaboración de los documentos de las distintas etapas del proyecto |
| Comisión de Exploración | se conformara por un conductor, un coordinador técnico de laboratorio y dos ayudantes | personal técnico para las actividades de ejecución recolección y transporte de las perforaciones, deberá diligenciar los formatos de campo de cada perforación, identificar y procesar las muestras recopiladas y realizar los ensayos de campo tomando registro fotográfico y decampo de cada actividad. |

| Rol | Perfil | Funciones |
|---|---|---|
| Comisión de Exploración No destructiva | se conformara por un conductor, un operario coordinador técnico | personal técnico para las actividades de ejecución recolección de datos, deberá manipular los equipos electrónicos para la toma de las lectura de los equipos de Deflectometria y/o georradar, identificar y procesar los puntos y datos recopilados. |
| Dibujante | técnico en dibujo, con 2 años de experiencia general y conocimientos en software AUtocad, CIVIL, etc. | Este profesional será el encargado de la elaboración de planos del proyecto, de acuerdo con las especificaciones del INVIAS |

**Descripción de Equipo.**

Para la ejecución de la consultoría de pavimentos se requiere los siguientes equipos e insumos:

Laboratorio de Suelos: para la ejecución de la exploración de campo se contratará con una empresa externa la cual cuenta con las instalaciones y equipos necesarios para la ejecución de los ensayos previstos en la presente metodología. Durante la etapa de exploración de campo se desplazara hasta la zona un vehículo adecuado para la recolección y almacenaje de las muestras y el transporte de los equipos de exploración y toma de muestras de campo. Las muestras serán acopiadas y enviadas a la sede central del laboratorio donde se cuenta con el personal e instrumentos adecuados para los distintos ensayos requeridos.

Ensayos No destructivos: para la ejecución de la exploración de campo se contratará con una empresa externa la cual cuenta con los equipos de medición deflectometria tipo FWD y de georradar debidamente certificados. Durante la etapa de trabajos se desplazara hasta la zona en un vehículo acondicionado para la medición.

Equipo de Cómputo: para la ejecución de los análisis y procesamiento de la información primaria y secundaria del proyecto, se cuenta con unidades portátiles y de escritorio con la suficiente capacidad para procesar la información recopilada, para la impresión de informes se cuenta con equipos de impresión y Plóter. Para el procesamiento de la información se cuenta con software de Microsoft Officce, Autocad, Civil, y para el componente de pavimento se empelara específicamente: WINPas 2.01, DEPAV 2.0.

**NORMATIVIDAD APLICABLE.**

Para la ejecución de los trabajos de consultoría se tendrá en cuenta las siguientes normas y procedimientos técnicos:

- Especificaciones Generales de Construcción de carreteras INVIAS Versión 2022.
- Normas de Ensayos de Materiales para carreteras INVIAS 2013.
- Manual De Diseño De Pavimentos Asfálticos Para Vías Con Bajos Volúmenes De Tránsito INVIAS Versión 2014.
- Manual de Diseño de Pavimentos Asfalticos para Medios y Altos Volúmenes de Trafico INVIAS 1998.
- American Association of State Highway And Transportation Officials -AASHTO- versión 1993.

- Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfalticos de Carreteras – INVIAS 2008.
- Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles – Invias 2006.
- Manual para la Inspección Visual de Estructuras de Drenaje - Invias 2006.

## *PLAN DE CAMPO– ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA PAVIMENTOS*

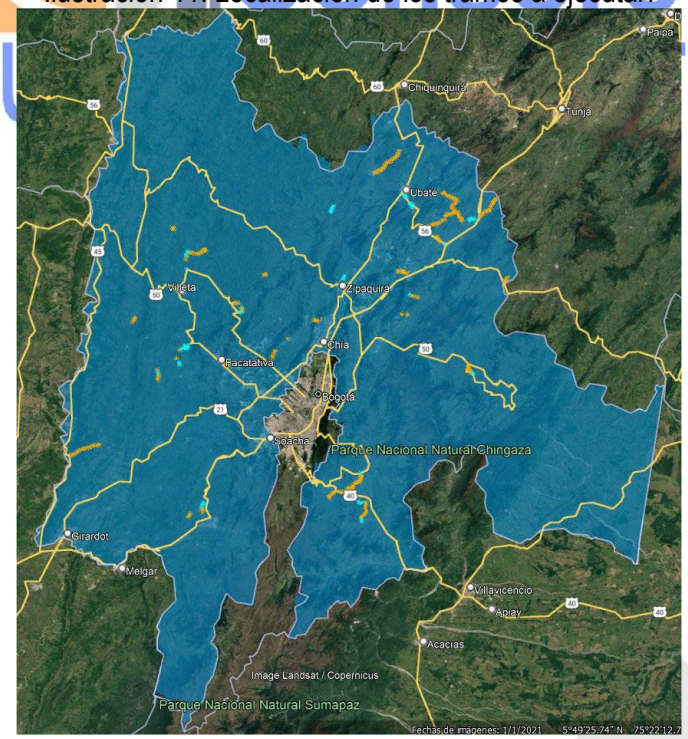
Los estudios y diseños se realizarán en los corredores viales del Departamento, agrupados en el Lote 1, los cuales se relacionan en la Tabla 1

Tabla 43 Corredores viales del Lote 1

| TRAMO | LONGITUD (M: mejoramiento, R: rehabilitación) |
|---|---|
| Lenguazaque – Villapinzón | 20,4 km (M), 3 km (R) |
| Jerusalén - Guataquí | 12 km (M) |
| Quipile – Tabacal | 4 km (M), 1 km (R) |
| Chocontá – Cucunubá | 3,4 km (M), 0,6 km (R) |
| Facatativá (Conexión La Virgen-vía a El Rosal) | 2 km (M), 1 km (R) |
| Supatá - Pacho | 2,1 km (M) |
| **LONGITUD TOTAL** | **49,5 km** |

Los estudios y diseños se realizarán en diferentes corredores viales del Departamento. Los cuales se muestran en la siguiente ilustración.

Ilustración 41. Localización de los tramos a ejecutar.



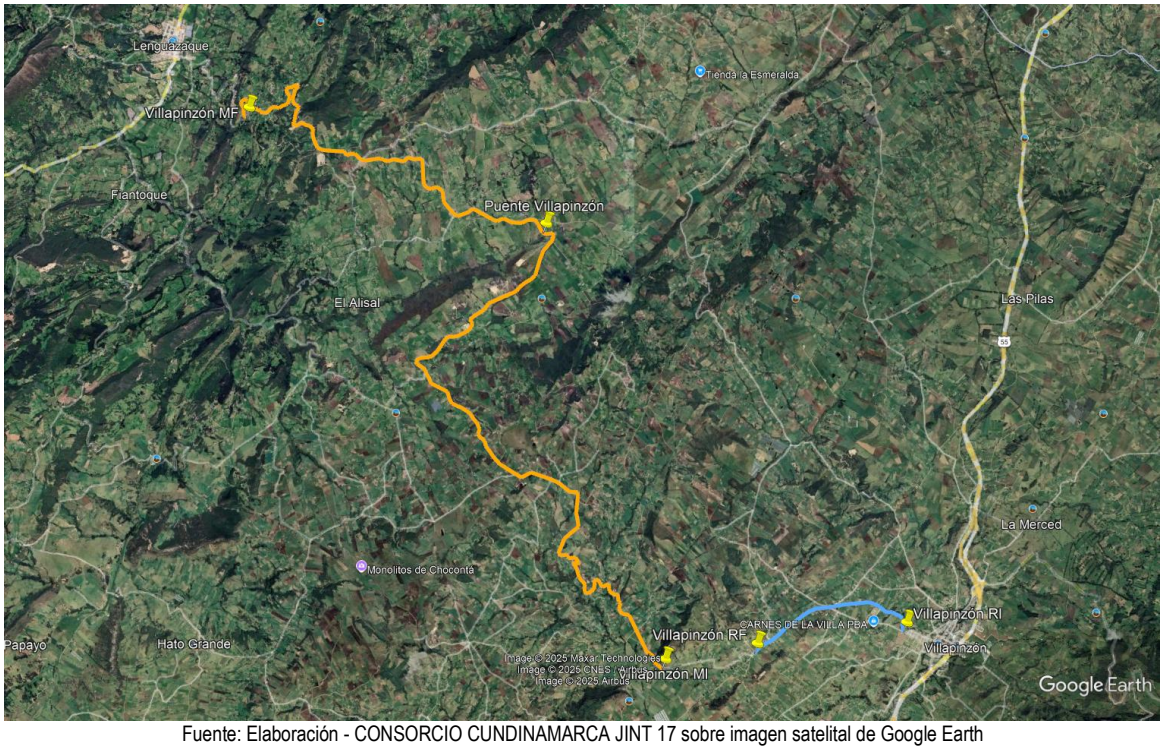

Fuente: Tomado del Anexo Técnico del proceso ICCU-CM-017-2025

Para los tramos en estudio se contempla según la evaluación preliminar actividades de mejoramiento del corredor y de rehabilitación de la calzada existente las cuales deberán validarse durante la ejecución de los estudios definitivos.

**Lenguazaque – Villapinzón.**

El tramo se localiza en la provincia de Almeidas al nor-oriente del departamento de Cundinamarca, inicia a partir del casco urbano de Villa pinzón y cuenta con 20.4 KM de tramo vial para mantenimiento y 3 Km para rehabilitación, la rodadura del tramo es en concreto asfaltico.

Ilustración 42. Tramo Lenguazaque a Villapinzón




Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

Se proyecta de forma aproximada los siguientes trabajos de campo

Tabla 44 Localización Trabajos de campo Tramo Lenguazaque a Villapinzón

| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rehabilitación | K+0 | 1 | 1 | x | | x |
| | K+250 | | 2 | x | 5 | x |
| | K+500 | 2 | 3 | x | 5 | x |
| | K+750 | | 4 | x | 5 | x |

| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | K1+000 | 3 | 5 | x | 5 | x |
| | K1+250 | | 6 | x | 5 | x |
| | K1+500 | 4 | 7 | x | 5 | x |
| | K1+750 | | 8 | x | 5 | x |
| | K2+000 | 5 | 9 | x | 5 | x |
| | K2+250 | | 10 | x | 5 | x |
| | K2+500 | 6 | 11 | x | 5 | x |
| | K2+750 | | 12 | x | 5 | x |
| | K3+000 | 7 | 13 | x | 5 | x |
| mejoramiento | K4+700 | 8 | | | | x |
| | K4+950 | 9 | | | | x |
| | K5+200 | 10 | | | | x |
| | K5+450 | 11 | | | | x |
| | K5+700 | 12 | | | | x |
| | K5+950 | 13 | | | | x |
| | K6+200 | 14 | | | | x |
| | K6+450 | 15 | | | | x |
| | K6+700 | 16 | | | | x |
| | K6+950 | 17 | | | | x |
| | K7+200 | 18 | | | | x |
| | K7+450 | 19 | | | | x |
| | K7+700 | 20 | | | | x |
| | K7+950 | 21 | | | | x |
| | K8+200 | 22 | | | | x |
| | K8+450 | 23 | | | | x |
| | K8+700 | 24 | | | | x |
| | K8+950 | 25 | | | | x |
| | K9+200 | 26 | | | | x |
| | K9+450 | 27 | | | | x |
| | K9+700 | 28 | | | | x |
| | K9+950 | 29 | | | | x |
| | K10+200 | 30 | | | | x |
| | K10+450 | 31 | | | | x |
| | K10+700 | 32 | | | | x |
| | K10+950 | 33 | | | | x |
| | K11+200 | 34 | | | | x |
| | K11+450 | 35 | | | | x |
| | K11+700 | 36 | | | | x |
| | K11+950 | 37 | | | | x |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | K12+200 | 38 | | | | x |
| | K12+450 | 39 | | | | x |
| | K12+700 | 40 | | | | x |
| | K12+950 | 41 | | | | x |
| | K13+200 | 42 | | | | x |
| | K13+450 | 43 | | | | x |
| | K13+700 | 44 | | | | x |
| | K13+950 | 45 | | | | x |
| | K14+200 | 46 | | | | x |
| | K14+450 | 47 | | | | x |
| | K14+700 | 48 | | | | x |
| | K14+950 | 49 | | | | x |
| | K15+200 | 50 | | | | x |
| | K15+450 | 51 | | | | x |
| | K15+700 | 52 | | | | x |
| | K15+950 | 53 | | | | x |
| | K16+200 | 54 | | | | x |
| | K16+450 | 55 | | | | x |
| | K16+700 | 56 | | | | x |
| | K16+950 | 57 | | | | x |
| | K17+200 | 58 | | | | x |
| | K17+450 | 59 | | | | x |
| | K17+700 | 60 | | | | x |
| | K17+950 | 61 | | | | x |
| | K18+200 | 62 | | | | x |
| | K18+450 | 63 | | | | x |
| | K18+700 | 64 | | | | x |
| | K18+950 | 65 | | | | x |
| | K19+200 | 66 | | | | x |
| | K19+450 | 67 | | | | x |
| | K19+700 | 68 | | | | x |
| | K19+950 | 69 | | | | x |
| | K20+200 | 70 | | | | x |
| | K20+450 | 71 | | | | x |
| | K20+700 | 72 | | | | x |
| | K20+950 | 73 | | | | x |
| | K21+200 | 74 | | | | x |
| | K21+450 | 75 | | | | x |
| | K21+700 | 76 | | | | x |

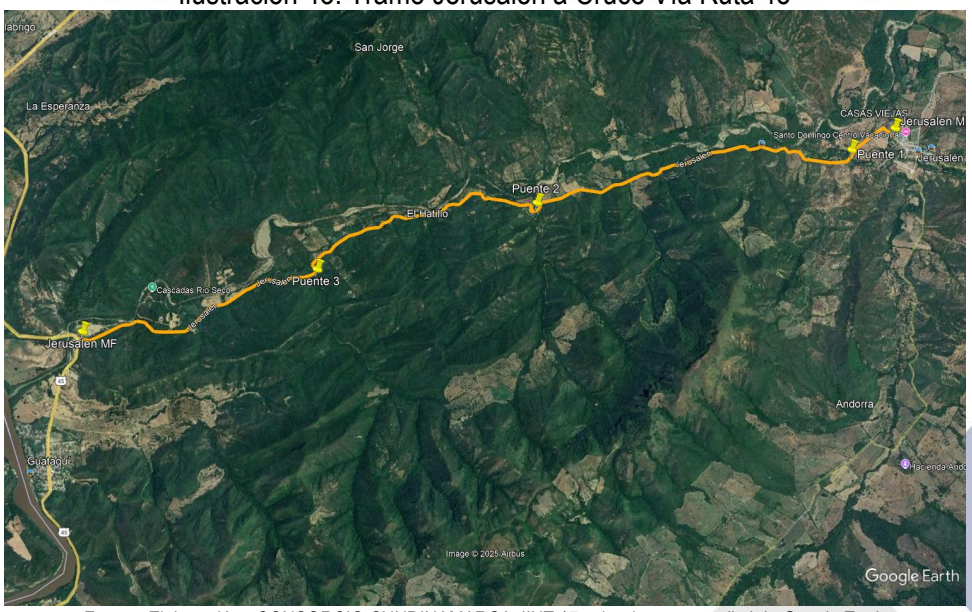
Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | K21+950 | 77 | | | | x |
| | K22+200 | 78 | | | | x |
| | K22+450 | 79 | | | | x |
| | K22+700 | 80 | | | | x |
| | K22+950 | 81 | | | | x |
| | K23+200 | 82 | | | | x |
| | K23+450 | 83 | | | | x |
| | K23+700 | 84 | | | | x |
| | K23+950 | 85 | | | | x |
| | K24+200 | 86 | | | | x |
| | K24+450 | 87 | | | | x |
| | K24+700 | 88 | | | | x |
| | K24+950 | 89 | | | | x |
| | K25+100 | 90 | | | | x |
| | Suma | 90 | 13 | 3 | 60 | 23.4 |

**Jerusalén – Guataqui.**

El tramo se localiza en la provincia de Alto magdalena al suroccidente del departamento de Cundinamarca, inicia a partir del casco urbano de Jerusalén y cuenta con 12 KM para mantenimiento, la rodadura al inicio del tramo es en concreto asfaltico, pero continua hasta el final del proyecto en material de relleno tipo Afirmado.

Ilustración 43. Tramo Jerusalén a Cruce Vía Ruta 45




Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

Se proyecta de forma aproximada los siguientes trabajos de campo

Tabla 45 Localización Trabajos de campo Tramo Jerusalén a Cruce Vía Ruta 45

| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| mejoramiento | K+0 | 1 | | | | x |
| | K+250 | 2 | | | | x |
| | K+500 | 3 | | | | x |
| | K+750 | 4 | | | | x |
| | K1+000 | 5 | | | | x |
| | K1+250 | 6 | | | | x |
| | K1+500 | 7 | | | | x |
| | K1+750 | 8 | | | | x |
| | K2+000 | 9 | | | | x |
| | K2+250 | 10 | | | | x |
| | K2+500 | 11 | | | | x |
| | K2+750 | 12 | | | | x |
| | K3+000 | 13 | | | | x |
| | K3+250 | 14 | | | | x |
| | K3+500 | 15 | | | | x |
| | K3+750 | 16 | | | | x |
| | K4+000 | 17 | | | | x |
| | K4+250 | 18 | | | | x |
| | K4+500 | 19 | | | | x |
| | K4+750 | 20 | | | | x |
| | K5+000 | 21 | | | | x |
| | K5+250 | 22 | | | | x |
| | K5+500 | 23 | | | | x |
| | K5+750 | 24 | | | | x |
| | K6+000 | 25 | | | | x |
| | K6+250 | 26 | | | | x |
| | K6+500 | 27 | | | | x |
| | K6+750 | 28 | | | | x |
| | K7+000 | 29 | | | | x |
| | K7+250 | 30 | | | | x |
| | K7+500 | 31 | | | | x |
| | K7+750 | 32 | | | | x |
| | K8+000 | 33 | | | | x |
| | K8+250 | 34 | | | | x |
| | K8+500 | 35 | | | | x |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | K8+750 | 36 | | | | x |
| | K9+000 | 37 | | | | x |
| | K9+250 | 38 | | | | x |
| | K9+500 | 39 | | | | x |
| | K9+750 | 40 | | | | x |
| | K10+000 | 41 | | | | x |
| | K10+250 | 42 | | | | x |
| | K10+500 | 43 | | | | x |
| | K10+750 | 44 | | | | x |
| | K11+000 | 45 | | | | x |
| | K11+250 | 46 | | | | x |
| | K11+500 | 47 | | | | x |
| | K11+750 | 48 | | | | x |
| | K12+000 | 49 | | | | x |
| | Suma | 49 | 0 | 0 | 0 | 12 |

**Quipile – Tabacal.**

El tramo se localiza en la provincia de Tequendama al suroccidente del departamento de Cundinamarca, inicia en el cruce de tabacal y termina en el casco urbano de Quipile y cuenta con 4 KM para mantenimiento y 1 Km para rehabilitación, la rodadura del tramo es en concreto asfaltico.

Ilustración 44. Tramo Tabacal a Quipile




Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

Se proyecta de forma aproximada los siguientes trabajos de campo

Tabla 46 Localización Trabajos de campo Tramo Tabacal a Quipile

| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| mejoramiento | K+0 | 1 | | | | x |
| | K+250 | 2 | | | | x |
| | K+500 | 3 | | | | x |
| | K+750 | 4 | | | | x |
| | K1+000 | 5 | | | | x |
| | K1+250 | 6 | | | | x |
| | K1+500 | 7 | | | | x |
| | K1+750 | 8 | | | | x |
| | K2+000 | 9 | | | | x |
| | K2+250 | 10 | | | | x |
| | K2+500 | 11 | | | | x |
| | K2+750 | 12 | | | | x |
| Rehabilitación | K3+050 | 13 | 1 | x | | x |
| | K3+300 | 14 | 2 | x | 5 | x |
| | K3+550 | 15 | 3 | x | 5 | x |
| | K3+800 | 16 | 4 | x | 5 | x |
| | K4+050 | 17 | 5 | x | 5 | x |
| mejoramiento | K4+300 | 18 | | | | x |
| | K4+550 | 19 | | | | x |
| | K4+800 | 20 | | | | x |
| | K5+000 | 21 | | | | x |
| | Suma | 21 | 5 | 1 | 20 | 5 |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Chocontá – Cucunuba.**

El tramo se localiza en la provincia de Almeidas al nor-oriente del departamento de Cundinamarca, inicia a partir del casco urbano de Chocontá y cuenta con 3.4 KM de tramo vial para mantenimiento y 0.6 Km para rehabilitación, la rodadura del tramo es principalmente en concreto asfaltico y algunos sectores en afirmado.

Ilustración 45. Tramo Chocontá a Cucunuba




Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

Se proyecta de forma aproximada los siguientes trabajos de campo

Tabla 47 Localización Trabajos de campo Tramo Chocontá a Cucunuba

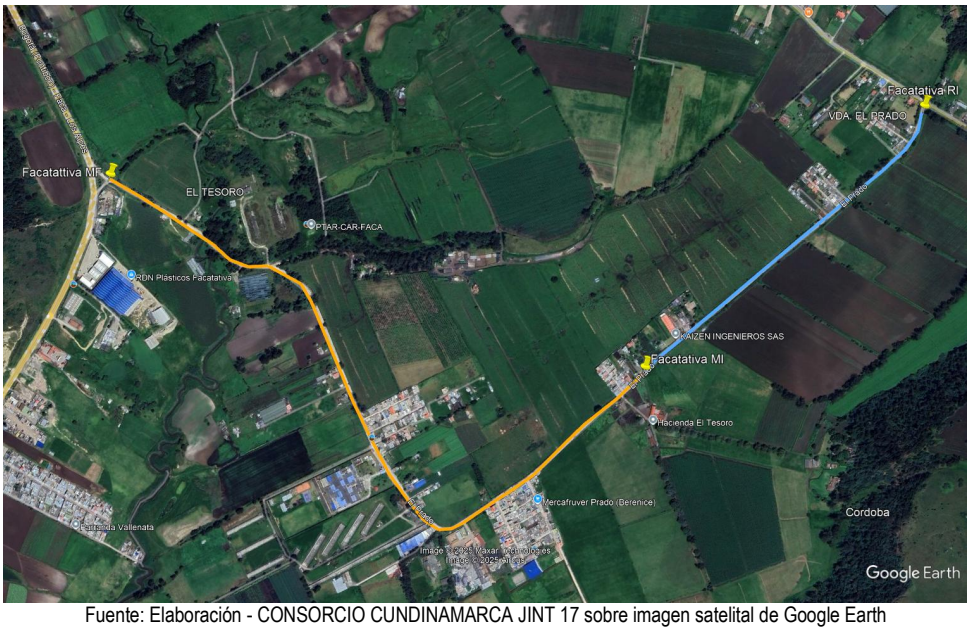
| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rehabilitación | K+0 | 1 | 1 | x | | x |
| | K+200 | 2 | 2 | x | 4 | x |
| | K+400 | 3 | 3 | x | 4 | x |
| | K+600 | 4 | 4 | x | 4 | x |
| mejoramiento | K2+070 | 5 | | | | x |
| | K2+320 | 6 | | | | x |
| | K2+570 | 7 | | | | x |
| | K2+820 | 8 | | | | x |
| | K3+070 | 9 | | | | x |
| | K3+320 | 10 | | | | x |
| | K3+570 | 11 | | | | x |
| | K3+820 | 12 | | | | x |
| | K4+070 | 13 | | | | x |

| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | K4+320 | 14 | | | | x |
| | K4+570 | 15 | | | | x |
| | K4+820 | 16 | | | | x |
| | K5+070 | 17 | | | | x |
| | Suma | 17 | 4 | 0.6 | 12 | 4 |

**Facatativá conexión vía a El Rosal.**

El tramo se localiza en la provincia de Sabana Occidente en el centro del departamento de Cundinamarca, inicia en el cruce del corredor Bogotá- Fontibón – Factitiva y la vía al rosal y cuenta con 2 KM para mantenimiento y 1 Km para rehabilitación, la rodadura del tramo es en concreto asfaltico y afirmado.

Ilustración 46. Tramo Cruce Corredor Bogotá – Fontibón a vía Facatativá – El Rosal




Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

Se proyecta de forma aproximada los siguientes trabajos de campo

Tabla 48 Localización Trabajos de campo Tramo Cruce Corredor Bogotá – Fontibón a vía Facatativá – El Rosal

| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| me jor | K+0 | 1 | | | | x |

| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | K+250 | 2 | | | | x |
| | K+500 | 3 | | | | x |
| | K+750 | 4 | | | | x |
| | K1+000 | 5 | | | | x |
| | K1+250 | 6 | | | | x |
| | K1+500 | 7 | | | | x |
| | K1+750 | 8 | | | | x |
| rehabilitación | K2+000 | 9 | 1 | x | | x |
| | K2+250 | 10 | 2 | x | 5 | x |
| | K2+500 | 11 | 3 | x | 5 | x |
| | K2+750 | 12 | 4 | x | 5 | x |
| | K3+000 | 13 | 5 | x | 5 | x |
| | Suma | 13 | 5 | 1 | 20 | 3 |

**Supatá – Pacho.**

El tramo se localiza en la provincia de Gualivá en el Nor-occidente del departamento de Cundinamarca, inicia a la salida del municipio de Supatá y cuenta con 2.1 KM para mantenimiento, la rodadura del tramo es en concreto asfaltico y afirmado.

Ilustración 47. Tramo Supatá a Pacho




Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

Se proyecta de forma aproximada los siguientes trabajos de campo

Tabla 49 Localización Trabajos de campo Tramo Supatá a Pacho

| | Abscisa | apique No | Núcleo No | Inspección Visual | puntos Deflexión | Georradar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mejoramiento | K+0 | 1 | | | | x |
| | K+250 | 2 | | | | x |
| | K+500 | 3 | | | | x |
| | K+750 | 4 | | | | x |
| | K1+000 | 5 | | | | x |
| | K1+250 | 6 | | | | x |
| | K1+500 | 7 | | | | x |
| | K1+750 | 8 | | | | x |
| | K2+000 | 9 | | | | x |
| | Suma | 9 | 0 | 0 | 0 | 2.1 |

**PLAN DE CAMPO**

Con el fin de recolectar información primaria para los estudios geotécnicos y de pavimentos se ha planteado al ejecución de exploración destructiva consistente en apiques manuales en cada uno de los tramos que hacen parte del lote 1 y toma de núcleos en los sectores de rehabilitación de cada tramo a evaluar, de la misma forma se plantea la ejecución de ensayos no destructivos consistentes en la toma de deflectometria en los tramos de rehabilitación y lectura de georradar en cada uno de los tramos que hacen parte del lote 1.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

De la misma forma en los tramos de rehabilitación se realizara la inspección visual del pavimento existente acorde con la metodología propuesta por INVIAS.

**Trabajos de Campo**

A partir de los resultados de la visita inicial de la cual se genera la evaluación preliminar de los tramos en estudio se procede a determinar el estado del corredor y las necesidades de evaluación para determinar el diseño de pavimento requerido se procede a estimar los trabajos de campo a ejecutar.

**Inspección Visual del Pavimento.**

En los tramos pavimentados a rehabilitar, se realizará el registro de daños existentes indicando el tipo de daño según la categorización dada en el Manual de Inspección de pavimentos Flexibles de INVIAS, para lo cual se tendrá en cuenta los formatos de inspección y la metodología plasmada en este documento y se apoyara con un registro fotográfico de los mismos; para la ejecución de esta actividad se llevara una cuadrilla de 2 personas

previamente capacitadas sobre el tipo de daños y la severidad de los mismos, los formatos a diligenciar y estarán acompañados por un ingeniero con experiencia en la inspección de pavimentos.

Durante la evaluación superficial se tendrá en cuenta los tipos de deterioros descritos en la guía de rehabilitación y en el Manuel de inspección visual de INVIAS

Tabla 50 Tipos de deterioro en pavimento flexible

| CLASE | TIPO DE DETERIORO | CAUSADO ORIGINALMENTE POR EL TRÁNSITO | CAUSADO ORIGINALMENTE POR LOS MATERIALES, EL CLIMA O LA CONSTRUCCIÓN |
|---|---|---|---|
| Fisuramientos[1] | Fisuramiento por fatiga (grietas longitudinales en la huella y piel de cocodrilo) | X | |
| | Fisuramiento en bloque | | X |
| | Fisuramiento de borde | | X |
| | Fisuramiento longitudinal (no de fatiga) | | X |
| | Fisuramiento transversal | | X |
| | Fisuras parabólicas | | X |
| | Fisuras de reflexión | X | X |
| Deformaciones | Ahuellamiento | X | |
| | Abultamientos | | X |
| | Depresiones (baches) | | X |
| | Desplazamientos de borde | | X |
| | Deterioro de parches | X | X |
| | Expansiones | | X |
| Desprendimientos | Separación entre calzada y berma | | X |
| | Pulimento de agregados | X | |
| | Ojos de pescado | X | |
| | Descascaramiento | | X |
| | Pérdida de película de ligante | | X |
| | Pérdida de agregado | | X |
| Afloramientos | Exudación | | X |
| | Afloramiento de agua | | X |
| | Afloramiento de finos | X | X |
| Otros deterioros | Desintegración de los bordes del pavimento | X | |
| | Escalonamiento entre calzada y berma | | X |
| | Erosión de las bermas | | X |
| | Segregación | | X |

Existen muchos tipos de deterioros en los pavimentos asfálticos y diferentes niveles de gravedad para cada tipo. Estos deterioros se deben identificar considerando tres factores:

•Tipo: de acuerdo con los mecanismos que los originan y relación que ellos tengan con el comportamiento estructural del pavimento.

•Gravedad: Representa el nivel de severidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el deterioro, más importantes deberán ser las medidas para su corrección.

•Extensión: Se refiere a la proporción del tramo evaluado que es afectada por un determinado tipo de deterioro, puede estar referida a longitud o área, dependiendo de la metodología de evaluación que se utilice y del tipo de deterioro identificado. Así mismo, la extensión de algunos deterioros se define por el número de veces en que ellos se presentan en el tramo sometido a evaluación.

Durante la evaluación se deberá diligenciar formatos para dos daños categoría A (estructurales) y categoría B ( Funcionales), los daños estructurales son aquellos defectos de la superficie cuyo origen es la degradación de una o más capas constitutivas de la calzada, en una magnitud tal, que se puede considerar que se ha vencido o está por vencer el período de diseño de la estructura en las zonas afectadas, se asocian a la degradación ocasionada por la insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada, cuyo remedio suele requerir el conocimiento de otros criterios de valoración (ensayos de resistencia o de respuesta, deflexiones, etc.). Estos deterioros comprenden las deformaciones y los fisuramientos ligados a la fatiga del pavimento.

Tabla 51 Tipos de deterioro Categoría A

| NOMBRE DEL DETERIORO | CÓDIGO | UNIDAD DE MEDIDA |
|---|---|---|
| Ahuellamiento | AH | m |
| Depresiones o hundimientos longitudinales | DL | m |
| Depresiones o hundimientos transversales | DT | m |
| Fisuras longitudinales por fatiga | FLF | m |
| Fisuras piel de cocodrilo | FPC | m |
| Bacheos y parcheos | B | m |

Los daños funcionales pueden estar acompañados o no de los deterioros de la categoría A, comprenden defectos asociados fundamentalmente con la capa asfáltica superficial que, aunque no guardan relación con el comportamiento estructural de la calzada, sí le impiden cumplir la función prevista, causando peligros o incomodidades a los usuarios. Dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada. Su origen se encuentra, más bien, en deficiencias constructivas y en condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia. Entre los deterioros del tipo B se pueden citarlos fisuramientos motivados por asuntos distintos a la fatiga, los desprendimientos y los afloramientos.

Tabla 52 Tipos de deterioro Categoría B

| NOMBRE DEL DETERIORO | CÓDIGO | UNIDAD DE MEDIDA |
|---|---|---|
| Fisura longitudinal de junta de construcción | FLJ | m |
| Fisura transversal de junta de construcción | FTJ | m |
| Fisuras de contracción térmica | FCT | m |
| Fisuras parabólicas | FP | m |
| Fisura de borde | FB | m |
| Ojos de pescado | O | un |
| Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla | DM | m |
| Pérdida de la película de ligante | PL | m |
| Pérdida de agregados | PA | m |
| Descascaramiento | D | $m^2$ |
| Pulimento de agregados | PU | m |
| Exudación | EX | m |
| Afloramiento de mortero | AM | m |
| Afloramiento de agua | AA | m |
| Desintegración de los bordes del pavimento | DB | m |
| Escalonamiento entre calzada y berma | ECB | m |
| Erosión de las bermas | EB | m |
| Segregación | S | m |

La gravedad de los daños se representa en los formatos por medio de rectángulos cuyo fondo (Blanco, Gris, Negro) indica el nivel de gravedad (1,2, o 3) la evaluación del nivel de gravedad es particular a cada tipo de daño evaluado como se muestra a continuación:

Tabla 53 Nivel de Gravedad

Niveles de gravedad de los deterioros del Tipo A

| DETERIORO | NIVEL DE GRAVEDAD ① | ② | ③ |
|---|---|---|---|
| Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales | Sensible al usuario, pero poco importante Prof < 20 mm | Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20 mm ≤ Prof ≤ 40 ≤ mm | Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Prof > 40 mm |
| Fisuras longitudinales por fatiga | Fisuras finas en la huella de rodamiento. <6 mm | Fisuras abiertas y a menudo ramificadas. | Fisuras muy ramificadas, y/o muy abiertas. Bordes de fisuras ocasionalmente degradados. |
| Piel de cocodrilo | Piel de cocodrilo formada por mallas (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales. | Mallas más densas (<500mm), con perdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación. | Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (<200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales. |
| Bacheos y parcheos | Intervención de superficie ligada a deterioros tipo B. | Intervenciones ligadas a deterioros tipo A: Comportamiento satisfactorio de la reparación. | Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas. |

Niveles de gravedad de los deterioros del Tipo B

| DETERIORO | | NIVEL DE GRAVEDAD ① | ② | | ③ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fisura longitudinal de junta de construcción | | Fina y única < 6 mm | - Ancha (≤ 6 mm) sin desprendimiento o - Fina ramificada | | Ancha (≤ 6 mm) con desprendimientos o ramificada | |
| Fisuras de contracción térmica. | | Fisuras finas < 6 mm | Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimiento, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas | | Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos | |
| Fisuras parabólicas. | | Fisuras finas < 6 mm | Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos | | Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos | |
| Fisuras de borde | | Fisuras finas < 6 mm | Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos | | Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos | |
| Abultamientos | | h< 20 mm | 20 mm ≤ h≤ 40 mm | | h > 40 mm. | |
| Ojos de pescado*(por cada 100 m) | Cantidad. | < 5 | 5 a 10 | < 5 | > 10 | 5 a 10 |
| | Diámetro (mm) | ≤ 300 | ≤ 300 | ≤ 1000 | ≤ 300 | ≤ 1000 |
| Desprendimientos: - Pérdida de película de ligante. - Pérdida de agregado | | Pérdidas aisladas | Pérdidas continuas | | Pérdidas generalizadas y muy marcadas | |
| Descascaramiento | Prof.(mm) | ≤ 25 | ≤ 25 | > 25 | > 25 | |
| | Área($m^2$) | ≤ 0.8 | > 0.8 | ≤ 0.8 | > 0.8 | |
| Pulimento agregados | | Long. Comprometida < 10% de la sección (100m). | Long. Comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100m) | | Long. Comprometida > 50% de la sección (100m) | |
| Exudación | | Puntual, área específica | Continúa sobre las trayectorias por donde circulan las ruedas del vehículo. | | Continua y muy marcada, en diversas aéreas. | |
| Afloramientos: - De mortero - De agua | | Localizados y apenas perceptibles | Intensos | | Muy intensos | |
| Desintegración de los bordes del pavimento | | Inicio de la desintegración, sectores localizados | La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más. | | Erosión extrema que conduce a la desintegración del revestimiento asfáltico | |
| Escalonamiento entre calzadas y berma | | Desnivel entre 10 mm a 50 mm | Desnivel entre 50 y 100 mm | | Desnivel superior a 100 mm | |
| Erosión de las bermas | | Erosión incipiente | Erosión pronunciada | | La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios. | |
| Segregación | | Long. comprometida < 10% de la sección (100 m). | Long. comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100 m) | | Long. comprometida > 50% de la sección (10 0m) | |

* Cuando el número de ojos de pescado supere el número y el tamaño descritos en la tabla, se deberán enfrentar como deterioros tipo A.

La extensión del daño se registra dentro de los cuadros colocando un numero que expresa el porcentaje d ela longitud de la zona inventariada.

Una vez realizado el levantamiento se procede a procesar y analizar la información de campo agrupando los daños encontrados por tipo y severidad en tramos de 100 m o similar, el proceso de registro de la información se procesa en los formatos de la guía de inspección visual de pavimentos asfalticos de INVIAS formato B.1 registro de campo formato B.2 resumen de deterioros tipo A y formato B.3 para el resumen de deterioros tipo B.

En el formato B4 se estimará el porcentaje de afectación por tipo de daño y severidad y el porcentaje de afectación general y de lo cual se puede concluir los daños más frecuentes, los tramos más afectados y las áreas totales de daño.

Durante la ejecución de los inventarios se contara con un vehículo de acompañamiento con su conductor, dos auxiliares encargados de diligenciar los formatos de auscultación, registrar los tipos de daños encontrados, tomar las medidas y llevar registro fotográfico de lo reportado.

Los registros serán entregados en paquete por vía al ingeniero de apoyo y/o el especialista de pavimentos para su procesamiento y análisis.

**Medida de Deflexión.**

Sobre los tramo a rehabilitar se ejecutara la toma de deflexiones con deflectómetro de impacto (FWD) según las indicaciones dadas en la Guía de Rehabilitación del INVIAS, el quipo FWD envía una fuerza de impacto transitoria al pavimento que normalmente es de 40 KN, los desplazamientos verticales producidos en el pavimento son detectados por geófonos situados en línea recta a una distancia de la aplicación de la carga de 0, 300, 600, 900, 1200, 1500 y 1800 mm.

Las medidas se realizaran a tres bolillos en carreteras de dos carriles en la huella externa de circulación vehículos con separación de 50 m en atención a la tabla 2.8.3 de la guía de rehabilitación para tramos viales con Nivel de tránsito NT1, las medidas serán ejecutadas conforme a lo establecido en la norma INV. E-795, INV. E-797, INV. E-798.

La información recopilada en campo con el uso del FWD será procesada tomando en campo registro de las lecturas de cada uno de los geófonos, la carga aplicada, la temperatura del pavimento y la temperatura ambiente y mediante metodología AASHTO, se procede a determinar por retro cálculo el módulo de la subrasante y los números estructurales efectivos.
Se proyecta la siguiente cantidad de puntos para los tramos a rehabilitar

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Tabla 54 Resumen Puntos de Deflectometria

| Tramo | Tramo rehabilitación (Km) | Deflectometria (puntos) |
|---|---|---|
| Lenguazaque - Villa pinzón | 3 | 60 |
| Quipile – Tabacal | 1 | 20 |
| Chocontá - Cucunuba | 0.6 | 12 |
| Facatativá – El Rosal | 1 | 20 |
| Total | 5.6 | 112 |

**Georradar**

A lo largo de los tramos en estudio se realizará la caracterización de manera no destructiva con georradar para vías con nivel de tráfico NT1 se realiza la medida continua, el equipo permite a través de la emisión de pulsos cortos de energía electromagnética de alta frecuencia localizar los cambios en los materiales de la estructura de pavimento y de esta forma establecer los espesores de las distintas capas de la estructura, así como los cambios en humedad y los vacíos, el procedimiento de medición se realizará acorde a las indicaciones dadas en la norma ASTM D4748 y previo a su uso deberá ser calibrado con apiques y/o sondeos de verificación en cada uno de los tramos.

Tabla 55 Longitud a evaluar con georradar

| Tramo | Georradar (km) |
|---|---|
| Lenguazaque - Villa pinzón | 23.4 |
| Jerusalén – Guataqui | 12 |
| Quipile – Tabacal | 5 |
| Chocontá - Cucunuba | 4 |
| Facatativá – El Rosal | 3 |
| Supatá - Pacho | 2.1 |
| Total | 49.5 |

**Apiques Manuales.**

Para determinar las condiciones geotécnicas de la subrasante y los rellenos en la calzada se realizara apiques manuales en cada uno de los tramos distribuidos cada 250 m a profundidades entre 1.5 m a 2.0 m a partir de la rasante.

De cada una de las capas de relleno y/o subrasante encontrados se tomara muestra en bolsa para realizar ensayos de clasificación, La actividad será desarrollada en campo por personal suministrado por el laboratorio de suelos certificado que desplazara a la zona el personal y herramientas idóneos para la realización de los apiques, la toma de muestras y los ensayos de campo requeridos serán ejecutados acorde a los lineamientos de las especificaciones técnicas de INVIAS, especialmente las normas:

- INV. E101 Investigación de Suelos y Roca para Propósitos de Ingeniería,
- INV. E102 Descripción e Identificación de Suelo,
- INV. E103 Conservación y Transporte de Muestras de Suelo,
- INV. E 104 Toma de Muestras Inalteradas de Suelo en Superficie,
- INV. E106 Preparación de Muestras de suelo por Vía Seca para análisis granulométrico y determinación de constantes Físicas,
- INV. E172 Uso de Penetrómetro Dinámico de Cono en aplicaciones de pavimento a poca Profundidad,
- INV. E180 Clasificación de Suelos y mezclas de suelo y agregados con fines de construcción de carreteras (Sistema AASHTO),
- INV. E181 Sistema Unificado de clasificación de suelos para propósitos de Ingeniería,
- INV. E201 Muestreo de Agregados para Construcción de Carreteras.

Para la ejecución de los trabajos de se contará con un vehículo adecuado para el transporte de los equipos, herramienta, personal y muestras recolectadas, una cuadrilla para la ejecución de las perforaciones y un profesional técnico con la capacidad de dirigir la cuadrilla y hacer la evaluación en campo de las características físicas de los materiales encontrados, quien será el encargado de tomar los respectivos registros de campo de los materiales encontrados y organizar las muestras para su clasificación y transporte a laboratorio donde se realizara los respectivos ensayos.

En las perforaciones se realizara una caja de por lo menos 80 cm de largo x 80 cm de ancho bajando verticalmente hasta por lo menos 1.50 m o hasta encontrar la subrasante natural, Con lo cual se busca obtener una descripción detallada del suelo a lo largo de los tramos en estudio.

En cada una de las perforaciones se tomará registro fotográfico y registro en formato de campo del espesor y las características de cada una de las capas encontradas acorde con lo indicado en la especificación INV. E-102, adicionalmente se recopilará muestras del material de subrasante y de los rellenos existentes a las cuales se les ejecutará ensayos de clasificación (Granulometría, Contenido de Humedad, Limites de Atterbert, peso unitario). Sobre la capa de subrasante en cada uno de los apiques se deberá recolectar muestras inalteradas de la subrasante, en la medida de lo posible para ordenar ensayos de CBR de muestra inalterada en condición de humedad natural y saturada según norma INV. E-148, y en el evento que las características de la subrasante no permitan la toma de muestras inalteradas se deberá recopilar muestras en lona en la cantidad suficiente de la subrasante para ejecutar ensayos de Proctor modificado INV. E142 y ensayo de CBR de muestras compactadas en laboratorio INV. E 148. Adicionalmente a profundidad de subrasante se tomará en terreno ensayos de cono dinámico (PDC) INV. E 172 con lo cual mediante correlación se podrá estimar un valor de CBR en condición de humedad natural.

Las muestras recolectadas serán debidamente marcadas indicando el número de apique, el numero de la muestra, la profundidad a la que ha sido recolectada la muestra y la abscisa del apique, se depositara la muestra en bolsa plástica cerrada para conservar las condiciones de humedad y está dentro de otra bolsa donde se coloca la marcación de la muestra con el fin de preservar la integridad del formato de identificación de la muestra.

Las muestras de la jornada son recolectadas en sitio fresco, donde se pueda garantizar su integridad y serán acopiadas y transportadas hasta las instalaciones del laboratorio debidamente organizadas en cajas o guacales.

Una vez llevados al laboratorio se organizaran por apiques y muestras y se comparara las muestras enviadas contra las ordenes de ensayo enviadas previamente por el especialista de pavimentos. Posteriormente se realizara la visita al laboratorio para hacer la inspección visual de las muestras remitidas y ratificar los ensayos a realizar en cada muestra.

Una vez son revisadas las muestras entregadas al laboratorio y ratificados los ensayos a ejecutar en cada muestra conforme a las órdenes de ensayo debidamente diligenciado por el Ing. de pavimentos, quien deberá analizar previamente los formatos de campo y las muestras remitidas para validar los ensayos a realizar dependiendo de la calidad y cantidad de las muestras recolectadas.

Tentativamente se espera la ejecución de los siguientes ensayos, lo cual será ajustado en terreno dependiendo de las condiciones del terreno y la calidad de las muestras obtenidas:

Tabla 56 Ensayos Proyectados de apiques

| Tramo | Cantidad de Apiques | Ensayo | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Granulometría / Pasa Tamiz 200 | Contenido de Humedad | Límites de Atterbert | Peso Unitario | Ensayo de Penetración con Cono Dinámico | CBR |
| | | INV. E 123 | INV. E 122 | INV. E 125 | INV. E 161 | INV. E 172 | INV. E 148 |

| | | INV. E 213<br>INV. E 214 | | INV. E 126 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lenguazaque - Villa pinzón | 90 | 180 | 180 | 180 | 180 | 90 | 90 |
| Jerusalén – Guataqui | 49 | 98 | 98 | 98 | 98 | 49 | 49 |
| Quipile – Tabacal | 21 | 42 | 42 | 42 | 42 | 21 | 21 |
| Chocontá - Cucunuba | 17 | 34 | 34 | 34 | 34 | 17 | 17 |
| Facatativá – El Rosal | 13 | 26 | 26 | 26 | 26 | 13 | 13 |
| Supatá - Pacho | 9 | 18 | 18 | 18 | 18 | 9 | 9 |
| **Total** | **199** | **398** | **398** | **398** | **398** | **199** | **199** |

Los ensayos serán ejecutados a medida que sean enviadas al laboratorio de suelos certificado que cuenta con los equipos certificados y calibrados para la elaboración de los ensayos solicitados y cuyos documentos serán adjuntados en el volumen de pavimentos. los reportes en laboratorio serán procesados por el profesional del laboratorio responsable quien los remitirá firmados al especialista de pavimentos para su procesamiento y análisis.

Las muestras ensayadas serán mantenidas en custodia durante la vigencia del contrato con el fin de poder hacer verificaciones del caso de los resultados que lo ameriten, según criterios del especialista de pavimentos.

**Núcleos**

Previo a la ejecución de los apiques en los tramos de rehabilitación se realizara la toma de núcleos de la capa asfáltica existente para lo cual se tendrá en cuenta la norma INV. E 758-13 con el fin de determinar las características de la capa asfáltica existente, se hara un mínimo de 4 muestras por Km los cuales serán extraídos con maquina saca núcleos cuya broca deberá tener un diámetro nominal de 100 mm abarcando todo el espesor de la capa asfáltica existente, en campo se deberá tomar registro del diámetro y espesor de cada muestra recolectada, así como registro fotográfico del mismo. Las muestras deberán ser debidamente identificadas y protegidas y se dispondrán para su transporte a laboratorio en posición vertical sobre un cartón, ya en el laboratorio se ordenará ensayos de granulometría y contenido de asfalto, estabilidad, gravedad especifica y porcentaje de vacíos para de cada muestra.

Tentativamente se espera la ejecución de los siguientes ensayos, lo cual será ajustado en terreno dependiendo de las condiciones del terreno y la calidad de las muestras obtenidas:

Tabla 57 Ensayos Proyectados de núcleos

| Tramo | Cantidad de Núcleos | Ensayo | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Granulometría / | Contenido de Asfalto | Gravedad Especifica | Estabilidad y Flujo | Porcentaje de Vacíos |
| | | INV. E 782 | INV. E 732 | INV. E 733<br>INV. E 802 | INV. E 748<br>INV. E 800 | INV. E 736 |
| Lenguazaque - Villa pinzón | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Quipile – Tabacal | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Chocontá - Cucunuba | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Facatativá – El Rosal | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| **Total** | **27** | **27** | **27** | **27** | **27** | **27** |

## Resumen de trabajos de campo Proyectados

Acorde con el plan de exploración se realizara los siguientes trabajos de campo:

Tabla 58 Resumen Trabajos de Campo

| Tramo | Inspección Visual (Km) | Deflectometria (puntos) | Georradar (km) | Apiques | Ensayo de Penetración dinámica de Cono | Núcleos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lenguazaque - Villa pinzón | 3 | 60 | 23.4 | 90 | 90 | 13 |
| Jerusalén – Guataqui | 0 | 0 | 12 | 49 | 49 | 0 |
| Quipile – Tabacal | 1 | 20 | 5 | 21 | 21 | 5 |
| Chocontá - Cucunuba | 0.6 | 12 | 4 | 17 | 17 | 4 |
| Facatativá – El Rosal | 1 | 20 | 3 | 13 | 13 | 5 |
| Supatá - Pacho | 0 | 0 | 2.1 | 9 | 9 | 0 |
| Total | 5.6 | 112 | 49.5 | 199 | 199 | 27 |

Se proyecta en total la siguiente cantidad de ensayos para los tramos en estudio

Tabla 59. Cantidad de Ensayos Proyectados.

| Ensayo | Especificación | Cantidad | Observación |
|---|---|---|---|
| Granulometría | INV. E 123 / INV. E 213 | 398 | Muestras de suelo grueso / Materiales Granulares Muestras de Suelo Fino |
| Contenido de Humedad | INV. E 122 | 398 | Muestras de relleno y de subrasante |
| Limite Liquido | INV. E 125 | 398 | Muestras de relleno y de subrasante |
| Limite Plástico | INV. E 126 | 398 | Muestras de relleno y de subrasante |
| Peso Unitario | INV. E 161 | 398 | Muestras de relleno y de subrasante |
| Ensayo de CBR | INV. E 148 | 199 | en principio en campo se procurara tomar muestras inalteradas de la subrasante las cuales serán expuestas a ensayo en condición de humedad natural y posteriormente sometidas a estado de saturación para repetir el ensayo en condición sumergida; Si las condiciones de la subrasante no permite su obtención se deberá recolectar muestra de la subrasante en lonas ( mínimo 2 lonas) para realizar el moldeo de las muestras en laboratorio y realizar su fallo acorde con la metodología de la especificación INVIAS |
| Granulometría por extracción | INV. E 782 | 27 | de cada uno de los núcleos y una vez determinado el porcentaje de asfalto se realizara la caracterización granulométrica |
| Contenido de Asfalto | INV. E 732 | 27 | De cada Núcleo extraído en los tramos de rehabilitación |
| Gravedad Especifica | INV. E 733 INV. E 802 | 27 | De cada Núcleo extraído en los tramos de rehabilitación, a partir de lo cual se determinara la densidad de la capa asfáltica |
| Estabilidad y Flujo | INV. E 748 INV. E 800 | 27 | De cada Núcleo extraído en los tramos de rehabilitación |
| Porcentaje de Vacíos | INV. E 736 | 27 | De cada Núcleo extraído en los tramos de rehabilitación |

## Campaña de Caracterización de Fuentes de Materiales.

Paralelo a la ejecución de los trabajos de campo el personal de campo de la consultoría con base a la investigación previa de las especialidades de geología y geotecnia y el área ambiental realizará visita a las posibles fuentes de materiales de la zona, para validar la disponibilidad de materiales granulares requeridos, los volúmenes disponibles, la distancia a los centros de gravedad del proyecto, recolectando muestras en lona

de los materiales requeridos para la estructura de pavimentos en cantidad suficiente para realizar los ensayos de caracterización acorde a los requerimientos de las especificaciones de construcción de carreteras de INVIAS versión 2022:

Articulo 220 -22 Terraplenes.
Articulo 221 -22 Pedraplenes.
Articulo 230-22 Mejoramiento de la subrasante con adición de Materiales.
Articulo 320-22 Subbase Granular
Articulo 330-22 Base Granular
Articulo 450-22 Mezclas Asfálticas
Articulo 630-22 Concreto Estructural
Artículo 610-22 Relleno para estructuras
Articulo 673-22 Subdrenajes en geotextil y material granular

Para cada tramo en estudio se procederá a evaluar las fuentes de materiales cercanas tanto de materiales granulares como de procesamiento y fabricación de mezclas asfálticas para lo cual se ha programado la ejecución de los siguientes ensayos a las muestras recopiladas:

Tabla 60. Cantidad de Ensayos Proyectados para fuentes de materiales.

| Ensayo | Especificación | Cantidad | Observación |
|---|---|---|---|
| Desgaste Máquina de los Ángeles | INV. E 218 | 14.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Degradación por Abrasión Micro-Deval | INV. E 238 | 14.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Resistencia Mecánica Método 10% de finos | INV. E 224 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Coeficiente Pulimento Acelerado para Rodadura | INV. E 232 | 7.00 | agregados de asfalto, |
| Solidez en Sulfato | INV. E 220 | 7.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Impurezas en Agregado Grueso | INV. E 237 | 7.00 | agregados de asfalto, |
| Límites de Atterberg (límite líquido y plástico) | INV. E 125<br>INV. E 126 | 14.00 | Muestras de agregados para capas de mejoramiento, subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Equivalente Arena | INV. E 133 | 7.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Azul de Metileno | INV. E 235 | 7.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto |
| Contenido de Terrones de Arcilla | INV. E 211 | 7.00 | Muestras de agregados para capas de mejoramiento, subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Partículas planas y alargadas | INV. E 230<br>INV. E 240 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Caras Fracturadas | INV. E 227 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Angularidad de la Fracción Fina | INV. E 239 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Adhesividad | INV. E 774 | 7.00 | agregados de asfalto, |
| CBR | INV. E 148 | 14.00 | Muestras de agregados para capas de mejoramiento, subbases y bases granulares, |
| Diseño de Mezcla | | 7.00 | Mezcla asfáltica, bases tratadas, concreto |

Las muestras serán acopiadas con las muestras de la jornada de exploración de la vía, y se remitirán en conjunto hasta el laboratorio de suelos donde será evaluada por el especialista de pavimentos para realizar la orden de ensayos dependiendo de su uso en la estructura del pavimento y el volumen de la muestra enviado.

una vez obtenidos los resultados de los ensayos ordenados se procederá a hacer la comparación de los resultados obtenidos contra los requisitos de la norma en base al nivel de tránsito estimado para la vía en estudio y acorde a los resultados se procederá a hacer las recomendaciones sobre el uso o no de la fuente en estudio.

## DESCRIPCIÓN DE EQUIPO HUMANO Y TÉCNICO.

### Equipo Profesional.

A continuación, se presenta los perfiles del personal responsable del componente de pavimento:

Tabla 61. Relación de personal de la consultoría para pavimentos.

| Rol | Perfil | Funciones |
|---|---|---|
| Director del Proyecto – Categoría 3 | Ingeniero civil o de Vías con Posgrado a nivel de especialización o maestría en ingeniería y/o gerencia de proyectos y/o Finanzas y/o administración; con 10 años de experiencia general y experiencia especifica en 3 proyectos mínimo de los cuales mínimo 1 similar al actual. | es el encargado de la estructuración general de la consultoría, llevando la dirección general del proyecto y sirviendo de enlace con el interventor y el cliente |
| Especialista de Pavimentos – Categoría 4 | Ingeniero civil o tránsito y transporte o de vías con especialización o maestría en el área de pavimentos con 8 años de experiencia general y experiencia especifica en 2 de experiencia especifica como especialista en proyectos de estudios y diseños de proyectos viales de los cuales mínimo 1 similar al actual. | es el encargado de coordinar con el equipo de exportación de campo, las actividades a desarrollar, revisar y analizar la información secundaria y primaria del componente de pavimentos, revisar y ordenar los ensayos de las muestras recopiladas, interactuar con las otras especialidades para llegar a soluciones adecuadas dentro de la consultoría y elaborar los documentos técnicos de las distintas etapas de la consultoría. |
| Ing. Residente – Apoyo – Categoría 8 | Ingeniero civil o tránsito y transporte o de vías, con experiencia general de 3 años y 1 año de experiencia especifica | es el apoyo del ingeniero especialista, servirá de apoyo durante los trabajos de campo para revisión y ejecución de las perforaciones y la investigación de campo de las posibles fuentes de materiales, él envió de las muestras al laboratorio y el apoyo en la digitalización de estos, la elaboración de los documentos de las distintas etapas del proyecto |
| Comisión de Exploración | se conformara por un conductor, un coordinador técnico de laboratorio y dos ayudantes | personal técnico para las actividades de ejecución recolección y transporte de las perforaciones, deberá diligenciar los formatos de campo de cada perforación, identificar y procesar |

| Rol | Perfil | Funciones |
|---|---|---|
| | | las muestras recopiladas y realizar los ensayos de campo tomando registro fotográfico y decampo de cada actividad. |
| Comisión de Exploración No destructiva | se conformara por un conductor, un operario coordinador técnico | personal técnico para las actividades de ejecución recolección de datos, deberá manipular los equipos electrónicos para la toma de las lectura de los equipos de Deflectometria y/o georradar, identificar y procesar los puntos y datos recopilados. |
| Dibujante | técnico en dibujo, con 2 años de experiencia general y conocimientos en software AUtocad, CIVIL, etc. | Este profesional será el encargado de la elaboración de planos del proyecto, de acuerdo con las especificaciones del INVIAS |

**Descripción de Equipo.**

Para la ejecución de la consultoría de pavimentos se requiere los siguientes equipos e insumos:

Laboratorio de Suelos: para la ejecución de la exploración de campo se contratará con una empresa externa la cual cuenta con las instalaciones y equipos necesarios para la ejecución de los ensayos previstos en la presente metodología. Durante la etapa de exploración de campo se desplazara hasta la zona un vehículo adecuado para la recolección y almacenaje de las muestras y el transporte de los equipos de exploración y toma de muestras de campo. Las muestras serán acopiadas y enviadas a la sede central del laboratorio donde se cuenta con el personal e instrumentos adecuados para los distintos ensayos requeridos.

Ensayos No destructivos: para la ejecución de la exploración de campo se contratará con una empresa externa la cual cuenta con los equipos de medición deflectometria tipo FWD y de georradar debidamente certificados. Durante la etapa de trabajos se desplazara hasta la zona en un vehículo acondicionado para la medición.

## VOLUMEN VII. ESTUDIO DE FUENTES DE MATERIALES

### METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se plantea el siguiente esquema metodológico, de manera que se alcancen los objetivos y contenidos del estudio de fuentes de materiales, de acuerdo con los términos de referencia para los estudios y diseños, correspondientes al Anexo 1 -Anexo técnico ICCU-CM-017-2025.

**Información Existente**

En conjunto con los componentes ambiental y geológico se realizará la recopilación y análisis de toda la información existente de los tramos en estudio y que representen alguna utilidad para el proyecto proveniente del ICCU y de otras entidades gubernamentales y/o privadas.

La información para recopilar hace referencia a aspectos como: Geología, licencias mineras, ambientales, usos y procesos en planta, caracterización de los materiales. Se debe recopilar información sobre módulos de los materiales, leyes de fatiga de las mezclas asfálticas y caracterización de materiales granulares para el usos en capas estructurales del pavimento, filtros, agregados de concreto, etc. Así como las posibles zonas de depósito identificadas por el componente de geología y los depósitos empleados en la zona.

**Análisis técnico / económico de las fuentes**

Previo a la ejecución de los trabajos de campo se analizará a partir de información secundaria y/o recopilada en las otras especialidades del proyecto (Ambiental, geológico) las posibles fuentes existentes en el ara aferente de cada proyecto determinando la disponibilidad de permisos ambientales y/o mineros, el volumen disponible y tipo de materiales disponibles, la distancia al centro de gravedad del proyecto y los costos de suministro de los materiales.

De los resultados obtenidos se podrá determinar las fuentes idóneas para incorporar en el proyecto a las cuales se les realizara la evaluación de los materiales y su cumplimiento acorde a las especificaciones de materiales requeridos según normas INVIAS vigentes.

En dado caso que no se cuente con los volúmenes de materiales requeridos o no se tenga fuentes idóneas en el área de influencia de cada tramo, se procederá a evaluar los materiales existentes de la estructura de pavimento y analizar alternativas de reutilización de estos con técnicas de estabilización y/o mejoramiento.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Trabajos de Campo**

A partir de la información preliminar se procede a determinar el estado del corredor y las necesidades de evaluación para establecer el diseño de pavimento requerido, a continuación se procede a determinar los trabajos de campo a ejecutar.

**Campaña de Caracterización de Fuentes de Materiales.**

Paralelo a la ejecución de los trabajos de campo el personal de campo de la consultoría con base a la investigación previa de las especialidades de geología y geotecnia y el área ambiental realizará visita a las posibles fuentes de materiales y posibles zonas de depósito, para validar la disponibilidad de materiales granulares requeridos, los volúmenes disponibles, la distancia a los centros de gravedad del proyecto, recolectando muestras en lona de los materiales requeridos para la estructura de pavimentos en cantidad suficiente para realizar los ensayos de caracterización acorde a los requerimientos de las especificaciones de construcción de carreteras de INVIAS versión 2022:

Articulo 220 -22 Terraplenes.

Articulo 221 -22 Pedraplenes.
Articulo 230-22 Mejoramiento de la subrasante con adición de Materiales.
Articulo 320-22 Subbase Granular
Articulo 330-22 Base Granular
Articulo 450-22 Mezclas Asfálticas
Articulo 630-22 Concreto Estructural
Artículo 610-22 Relleno para estructuras
Articulo 673-22 Subdrenajes en geotextil y material granular

Se realizara una descripción y caracterización de las fuentes de materiales seleccionadas y recomendadas por la consultoría (agregados pétreos, concretos y asfalto), además de describir los sitios donde se realicen apiques y perforaciones, realizando la respectiva localización en un plano y//o esquema de localización indicando los accesos y estado de los mismos, la distancia a la obra y los puntos de investigación del subsuelo en coordinación con el Plan de manejo Ambiental del proyecto.

## Ensayos de Laboratorio

Para cada tramo en estudio se procederá a evaluar las fuentes de materiales cercanas tanto de materiales granulares como de procesamiento y fabricación de mezclas asfálticas para lo cual se ha programado la ejecución de los siguientes ensayos a las muestras recopiladas partiendo en principio de lo estipulado en el anexo técnico 1 de los documentos del contrato en la nota 1 de la pagina 71:

Tabla 62. Cantidad de Ensayos Proyectados para fuentes de materiales.

| Ensayo | Especificación | Cantidad | Observación |
|---|---|---|---|
| Desgaste Máquina de los Ángeles | INV. E 218 | 14.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Degradación por Abrasión Micro-Deval | INV. E 238 | 14.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Resistencia Mecánica Método 10% de finos | INV. E 224 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Coeficiente Pulimento Acelerado para Rodadura | INV. E 232 | 7.00 | agregados de asfalto, |
| Solidez en Sulfato | INV. E 220 | 7.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Impurezas en Agregado Grueso | INV. E 237 | 7.00 | agregados de asfalto, |
| Límites de Atterberg (límite líquido y plástico) | INV. E 125<br>INV. E 126 | 14.00 | Muestras de agregados para capas de mejoramiento, subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Equivalente Arena | INV. E 133 | 7.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Azul de Metileno | INV. E 235 | 7.00 | Muestras de agregados para subbases y bases granulares, agregados de asfalto |
| Contenido de Terrones de Arcilla | INV. E 211 | 7.00 | Muestras de agregados para capas de mejoramiento, subbases y bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Partículas planas y alargadas | INV. E 230<br>INV. E 240 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Caras Fracturadas | INV. E 227 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |
| Angularidad de la Fracción Fina | INV. E 239 | 7.00 | Muestras de agregados para bases granulares, agregados de asfalto, agregados de concreto |

| Ensayo | Especificación | Cantidad | Observación |
|---|---|---|---|
| Adhesividad | INV. E 774 | 7.00 | agregados de asfalto, |
| CBR | INV. E 148 | 14.00 | Muestras de agregados para capas de mejoramiento, subbases y bases granulares, |
| Diseño de Mezcla | | 7.00 | Mezcla asfáltica, bases tratadas, concreto |

Es de aclarar que la cantidad final de los ensayos a ejecutar esta en función de la cantidad de canteras y/o fuentes avaladas desde los componentes ambiental y geológico del proyecto que se lleguen a encontrar en el área aferente a cada tramo y que sean técnica y económicamente viables para su empleo.

Las muestras serán acopiadas con las muestras de la jornada de exploración de la vía, y se remitirán en conjunto hasta el laboratorio de suelos donde será evaluada por el especialista de pavimentos para realizar la orden de ensayos dependiendo de su uso en la estructura del pavimento y el volumen de la muestra enviado.

una vez obtenidos los resultados de los ensayos ordenados se procederá a hacer la comparación de los resultados obtenidos contra los requisitos de la norma en base al nivel de tránsito estimado para la vía en estudio y acorde a los resultados se procederá a hacer las recomendaciones sobre el uso o no de la fuente en estudio.

**Análisis Plan de Utilización**

Con la información recopilada en campo y los resultados de los ensayos de laboratorio se realizará un plan de utilización de las fuentes y acarreos de cada fuente seleccionada en el cual se indicara la abscisa de origen y terminación , el nombre del municipio al que pertenece y de las carreteras en las que se encuentra ubicada; se indicara el tipo de material de construcción disponible y el volumen disponible para el proyecto, los esquemas de localización de las fuentes y la distancia al centro de gravedad del proyecto.

Para el caso de las zonas de depósito de material sobrante se deberá evaluar previamente las zonas identificadas en el componente de geología, donde se realizaría el levantamiento topográfico y se determinará los volúmenes de depósito disponible y las obras requeridas de estabilización y drenaje, adicionalmente se deberá plantear los procesos de disposición y conformación de los depósitos.

**Diseño de Mezclas**

A partir de la información de fuentes de materiales recopilada, la información de los estudios ambiental y del componente geotécnico y a partir de los ensayos de caracterización de las muestras de fuentes recopiladas, el especialista de pavimento realizara las recomendaciones de materiales disponibles para las capas granulares, capas de pavimento propuestas, recomendando las fuentes a emplear con criterio técnico y económico para el proyecto.

En particular, en caso de no contar con volúmenes sufrientes para el proyecto de materiales de capas granulares convencionales o en caso de que el diseño recomiende el uso de capas estabilizadas, se tendrán en cuenta estabilizaciones para suelos de subrasante o para cualquier capa de pavimento, así como mezclas

asfálticas. Se deberán indicar, además, recomendaciones especiales y en caso de ser necesario formular las especificaciones particulares en cuanto a fabricación y/o construcción.

## PRODUCTOS A ENTREGAR

La entrega del volumen de fuentes de Materiales se realizará una vez sea recopilada y analizada la información primaria y secundaria para lo cual se entregara un documento que cumpla con los siguientes parámetros:

El estudio para desarrollar debe permitir identificar, analizar y evaluar la fuente de materiales recomendada, los volúmenes disponibles, los costos , la distancia de acarreo y el cumplimiento de normatividad legal y ambiental de la fuente.

En cuanto a las zonas de depósito se deberá evaluar los volúmenes de depósito disponibles, las distancias de acarreo, las obras de estabilización y drenaje requeridas y las condiciones de cierre de os mismos.

Este volumen debe comprender como mínimo los siguientes capítulos:

Introducción.

13. Objetivos y Alcance.
14. Descripción de la Metodología.
15. Información Existente.
16. Trabajos de Campo.
17. Características Geotécnicas.
18. Diseño de Mezclas y Fuentes de Materiales.
19. Zonas de deposito
20. Obras de estabilización y drenaje requeridas.
21. Procesos Constructivos.
22. Conclusiones y Recomendaciones.

## DESCRIPCIÓN DE EQUIPO HUMANO Y TÉCNICO.

### Equipo Profesional.

A continuación, se presenta los perfiles del personal responsable del componente de fuentes de materiales:

Tabla 63. Relación de personal de la consultoría para fuentes de materiales.

| Rol | Perfil | Funciones |
|---|---|---|
| Director del Proyecto – Categoría 3 | Ingeniero civil o de Vías con Posgrado a nivel de especialización o maestría en ingeniería y/o gerencia de proyectos y/o Finanzas y/o administración; con 10 años de experiencia general y experiencia especifica en 3 proyectos mínimo de los cuales mínimo 1 similar al actual. | es el encargado de la estructuración general de la consultoría, llevando la dirección general del proyecto y sirviendo de enlace con el interventor y el cliente |
| Especialista de Pavimentos – Categoría 4 | Ingeniero civil o tránsito y transporte o de vías con especialización o maestría en el área de pavimentos con 8 años de experiencia general y experiencia especifica en 2 de experiencia especifica como especialista en proyectos de estudios y diseños de proyectos viales de los cuales mínimo 1 similar al actual. | es el encargado de coordinar con el equipo de exportación de campo, las actividades a desarrollar, revisar y analizar la información secundaria y primaria del componente de fuentes de materiales , revisar y ordenar los ensayos de las muestras recopiladas, interactuar con las otras especialidades para llegar a soluciones adecuadas dentro de la consultoría y elaborar los documentos técnicos de las distintas etapas de la consultoría. |
| Ing. Residente – Apoyo – Categoría 8 | Ingeniero civil o tránsito y transporte o de vías, con experiencia general de 3 años y 1 año de experiencia especifica | es el apoyo del ingeniero especialista, servirá de apoyo durante los trabajos de campo para revisión y ejecución de las perforaciones y la investigación de campo de las posibles fuentes de materiales, él envió de las muestras al laboratorio y el apoyo en la digitalización de estos, la elaboración de los documentos de las distintas etapas del proyecto |
| Comisión de Exploración | se conformara por un conductor, un coordinador técnico de laboratorio y dos ayudantes | personal técnico para las actividades de ejecución recolección y transporte de las perforaciones, deberá diligenciar los formatos de campo de cada perforación, identificar y procesar las muestras recopiladas y realizar los ensayos de campo tomando registro fotográfico y de campo. |
| Dibujante | técnico en dibujo, con 2 años de experiencia general y conocimientos en software AUtocad, CIVIL, etc. | Este profesional será el encargado de la elaboración de planos del proyecto. |

**Descripción de Equipo.**

Para la ejecución de la consultoría de pavimentos se requiere los siguientes equipos e insumos:

Laboratorio de Suelos: para la ejecución de la exploración de campo se contratará con una empresa externa la cual cuenta con las instalaciones y equipos necesarios para la ejecución de los ensayos previstos en la presente metodología. Durante la etapa de exploración de campo se desplazara hasta la zona un vehículo adecuado para la recolección y almacenaje de las muestras y el transporte de los equipos de exploración y

toma de muestras de campo. Las muestras serán acopiadas y enviadas a la sede central del laboratorio donde se cuenta con el personal e instrumentos adecuados para los distintos ensayos requeridos.

Equipo de Cómputo: para la ejecución de los análisis y procesamiento de la información primaria y secundaria del proyecto, se cuenta con unidades portátiles y de escritorio con la suficiente capacidad para procesar la información recopilada, para la impresión de informes se cuenta con equipos de impresión y Plóter.

**NORMATIVIDAD APLICABLE.**

Para la ejecución de los trabajos de consultoría se tendrá en cuenta las siguientes normas y procedimientos técnicos:

- Especificaciones Generales de Construcción de carreteras INVIAS Versión 2022.
- Normas de Ensayos de Materiales para carreteras INVIAS 2013.

## VOLUMEN VIII. ESTUDIO DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN

### METODOLOGIA

El objeto de los estudios de hidrología e hidráulica es diseñar las obras transversales y longitudinales necesarias en el diseño del proyecto, incluyendo los análisis de socavación donde sea necesario; dentro de estas obras se encuentran las obras mayores, menores que comprenden trasversales y longitudinales para garantizar el manejo adecuado de la escorrentía, en aras de buscar la estabilidad de la infraestructura.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

En el desarrollo del estudio de drenaje vial, se considerarán, como mínimo, las siguientes actividades para el diseño definitivo del tramo objeto de estudio:

### RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo del volumen referido a esta área, se el consultor buscará tener como mínimo la siguiente información, que será la base inicial del presente estudio:

- Identificación de estaciones climatológicas e hidrométricas del área aferente al corredor vial, operadas por el IDEAM o por entidades gubernamentales o privadas.
- Identificación del sistema de drenaje existente en el sector objeto de estudio.
- Información Cartográfica oficial del IGAC en escala 1:25.000 o en su defecto modelos digitales de terreno y herramientas adicionales como imágenes satelitales.
- Mapas de Cobertura y uso del suelo.

**ESTUDIO DE HIDROLOGIA**

El documento presentará:

- Objeto y localización del proyecto. El informe describirá el objeto del proyecto y su localización utilizando un mapa ilustrativo de la zona.

- Alcance del estudio. Se describirán claramente los alcances y objetivos del estudio.

- Recopilación y análisis de la información existente. Se presentará una relación de la información existente, recopilando todo lo referente a estudios previos que aporten un conocimiento en relación con el clima, suelos, vegetación, comportamiento de obras, estudios anteriores, etc., dando crédito a los autores o entidades ejecutoras.

- Validación de Datos: En función de justificar la homogeneidad en la existencia de registros de las estaciones seleccionadas se realiza un análisis verificando la validez y los datos faltantes para el periodo de registro disponible en cada estación que se empleé, la verificación de confiabilidad de la información se realiza aplicando el método de Box Plot para identificación de datos atípicos y realizando un análisis de consistencia y homogeneidad aplicando el Supuesto de independencia de los registros (Prueba de Wald-Wolfowitz), el Supuesto de estacionariedad o falta de tendencia en la serie de datos (Prueba de Mann-Kendall) y el Supuesto de homogeneidad (prueba de los signos de Wilcoxon). De acuerdo a los resultados obtenidos para cada estación, si los datos son lo suficiente extensos y confiables puede no requerirse el completado de datos, en caso de que la estación no tenga un registro de suficientes años, el completado de datos se realizará mediante la metodología que mejor se ajuste estadísticamente a la cantidad de datos faltantes.

- Análisis de lluvias y climatológico. Con base en la información de precipitación y los registros climatológicos obtenidos en el IDEAM o en otra entidad, el documento incluirá un análisis de los registros precipitación de cantidad e intensidad que permita dar valores de tipo local y regional, para conocer el comportamiento espacial y temporal del fenómeno. Se anexará la información básica. La cuantificación se aplicará en la determinación de un fenómeno evidente en la superficie como es el caudal de drenaje para un periodo de retorno específico. También, se incluirán los datos necesarios sobre intensidades de lluvia. se entregarán las curvas IDF y la influencia de cada estación a lo largo del tramo de vía analizado usando metodologías como los polígonos de Thiessen en caso de que se disponga de más de una estación aplicable en cada tramo.

- Parámetros Morfométricos: Se describirán las características básicas de las cuencas tales como: Área, Longitud del cauce, Elevación máxima y mínima del cauce, Pendiente media del cauce, y en general los parámetros morfométricos necesarios para describir y analizar las cuencas determinadas.

- Tiempos de Concentración: Se realizará el cálculo aplicando varias formulaciones y mediante el análisis estadístico o mediante la calibración de los resultados, se selecciona el valor. El tiempo de concentración mínimo es de 15 minutos coherente con el manual de drenaje de carreteras INVIAS.

- Análisis de caudales: Para revisar las necesidades de drenaje de la vía es necesario establecer los caudales de las cuencas que la cruzan, es decir, los que deberán manejar las obras de drenaje. Dichos caudales varían de acuerdo al período de retorno para el cual se diseñan las obras. En función del tipo de obra y de su importancia, los períodos de retorno adoptados para determinar los caudales de diseño son los siguientes:

Tabla 64. Período de retorno según tipo de obra.

| TIPO DE OBRA | PERIODO DE RETORNO (años) |
|---|---|
| Puentes de luz mayor o Igual a 50 m | 100 |
| Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m | 50 |
| Puentes menores (luz menor a 10 m) | 25 |
| Box Culvert | 25* |
| Alcantarillas mayores de 0.90 m de diámetro | 20 |
| Alcantarillas hasta de 0.90 m de diámetro | 10 |
| Cunetas, Filtros, Canales | 5 |

*Fuente: Elaboración propia a partir del Manual de drenaje de carreteras de INVIAS.*

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

*El manual de drenaje del INVIAS recomienda para las obras tipo Box Culvert aplicar un periodo de retorno de 20 años, sin embargo, considerando un factor de seguridad adicional se emplea el periodo de retorno de 25 años.

En los estudios del tramo de cada vía, se utilizará el método racional para estimar el caudal de diseño para las obras de drenaje, siguiendo los lineamientos del Manual de drenaje de carreteras de INVIAS en su Numeral 2.5.5.1. Rangos de aplicación según el área de la cuenca. El método a emplear en cada caso se seleccionará con base en la información disponible y al tamaño de la cuenca, en el caso de obras que crucen corrientes de agua, las estimaciones de caudal se evaluaran por lo menos con 3 métodos para escoger el caudal de diseño.

- Se tendrán en consideración los efectos del cambio climático para la obtención de caudales de diseño, para esto se aplicará el documento desarrollado el IDEAM "Nuevos Escenarios de cambio climático para Colombia 2011 – 2100". Este factor será aplicado directamente a los caudales de diseño, buscando la homogeneidad para diferentes formulaciones empleadas según el tamaño de la cuenca, sin embargo, , se evaluarían diferentes escenarios y se definirá según los resultados el escenario que

mejor se adapta, esto evitando llegar a condiciones que sobredimensionen el sistema de drenaje requerido.

- Justificación de las fórmulas empleadas. Debido a la diversidad de fórmulas con que cuenta la hidrología para el cálculo de caudales, cuya aplicación depende en gran parte del criterio del proyectista, el estudio presentará la debida justificación del empleo de cada una de ellas.
- Aplicación de las teorías y métodos de predicción. Se presentarán las distribuciones de frecuencia más adecuadas para los análisis de los fenómenos de lluvia, caudal, temperatura, etc., indicando el método de predicción finalmente adoptado. Esta labor es de gran importancia, puesto que cuantifica un fenómeno que incide directamente en el dimensionamiento de las obras.

**ESTUDIO DE HIDRÁULICA**

Su finalidad es el diseño de estructuras de capacidad apropiada utilizando los caudales generados en el estudio hidrológico. El sistema de drenaje se definirá de acuerdo a la condición existente, facilidad de descole y el tipo de obras que se requieran. Incluye estudios necesarios para dimensionar y diseñar las obras de drenaje menores (box, alcantarillas, cunetas, filtros, etc.) necesarias para el proyecto, en concordancia con el diseño geométrico definitivo.

Con base en los resultados obtenidos en los modelos y cálculos hidrológicos se determinará el caudal de la máxima avenida para periodos de retorno entre 2.33 a 100 años. Los análisis se desarrollan considerando lo siguiente:

- Identificación y descripción general de los cuerpos de agua en el sector del proyecto, del sistema de drenaje existente y el funcionamiento de las obras, inventario de obras transversales existente que incluirá el registro fotográfico, coordenadas, dimensiones y estado de las obras.

- Evaluación hidráulica de obras de drenaje existentes que se llegaran a identificar en la zona del proyecto en el área a intervenir y que se vayan a mantener.

- Para las obras existentes que no cumplen con la normatividad vigente o presentan condiciones de insuficiencia hidráulica, se proyectara la sección hidráulica adecuada de acuerdo al periodo de retorno que aplique.

- Diseño de drenajes transversales como alcantarillas circulares y/o de cajón: se realizará la comprobación de diseño de la condición más desfavorable de cada obra tipo empleando el software HY-8, el cual fue desarrollado por la Federal Highway Administration de los EEUU.

Los criterios adoptados para el análisis y dimensionamiento hidráulico de las obras menores se presentan a continuación:

El sistema de drenaje debe garantizar el funcionamiento integral, mediante obras hidráulicas que evacuen los caudales de una manera eficaz y rápida.

Las alcantarillas con pendiente supercrítica y flujo de aproximación de carácter subcrítico (So > Sc) establecen un control hidráulico de entrada; en el caso contrario (So < Sc) existirá flujo con control de salida.

La cabeza de velocidad de la lámina de aproximación se considera despreciable, comparada con la cabeza de velocidad dentro del conducto.

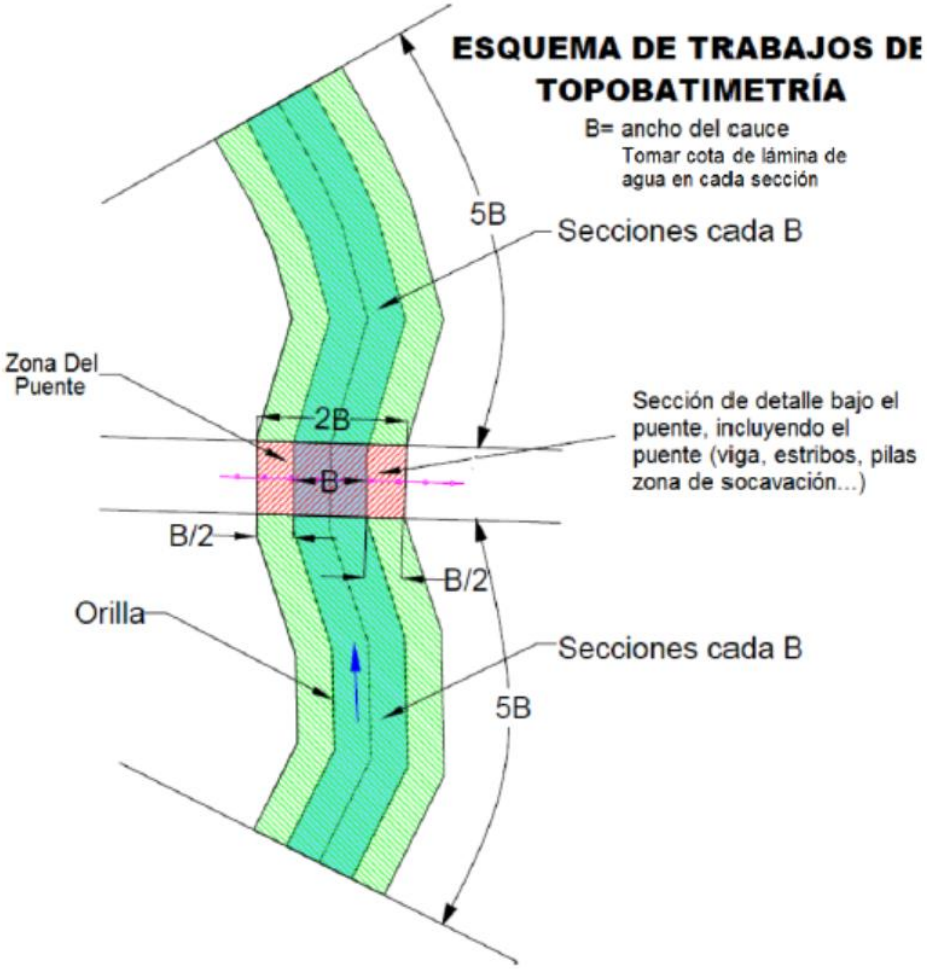
La revisión o diseño hidráulico en sí, consiste en determinar la cota de la línea de energía o carga a la que va a estar sometida la estructura en la entrada, HW (que como ya se dijo debe ser inferior a la cota de la rasante proyectada de la vía, permitiendo adicionalmente un borde libre) lo que, junto con los criterios de velocidad expresados anteriormente, permiten dimensionar adecuadamente la estructura de drenaje transversal. El valor de HW/D debe ser menor a 1.2.

- Diseño detallado de drenajes longitudinales como cunetas: El diseño se realizará mediante el empleo de flujo uniforme, aplicando la ecuación de resistencia fluida de Manning, de tal manera que permita obtener las dimensiones adecuadas que permitan el transporte de los caudales de diseño de manera segura y cumpliendo con los parámetros normativos.

- Diseño detallado de subdrenajes en las zonas requeridas: El diseño de subdrenajes se debe enfocar en captar y desviar el agua subterránea que puede acumularse bajo la superficie de la carretera, que evite daños y mejore la estabilidad de la estructura de pavimento. Para esto, es posible utilizar tuberías y materiales filtrantes que drenen el exceso de agua hacia una zona adecuada. Para esta actividad deben tenerse en cuenta los resultados de los estudios de suelos.

Para las obras tipo puente, se realizará una evaluación de la condición actual a partir de un levantamiento topográfico, la longitud de levantamiento será de mínimo 5 veces el ancho del puente aguas arriba y aguas abajo, como se muestra en la siguiente figura.

Ilustración 48. Esquema para la toma de Batimetría




Fuente: Elaboración Propia.

- Lo anterior se presenta como una generalidad, ya que para cada cauce se establecerá una condición particular, se revisarán secciones de control, necesidad de secciones adicionales y se tendrá en cuenta las bancas, planicie aluvial, lo cual se informará a la interventoría durante la ejecución con el fin de levantar en campo la información topográfica suficiente en los cauces mayores.

- La evaluación se realizará por medio de la modelación hidráulica empleando el Software HEC-RAS, de acuerdo a los resultados se determinará si la obra requiere reemplazo, en caso de que así sea, se modelará el comportamiento del cauce para las condiciones del puente proyectado.
- Los modelos hidráulicos serán desarrollados en 1D, en caso de que se presenten confluencias complejas, zonas urbanas, esviajes considerables la modelación será realizada en 2D.

En caso de que se identifique que alguno de los cauces analizados tiene comportamiento torrencial, se evaluará la necesidad de aplicar el criterio de galibo mínimo de 2.5m, considerando que la normatividad

vigente recomienda un galibo mínimo de 2.0m. Adicionalmente y si así se determina, se aplicará una mayoración de acuerdo a la inspección en sitio, la topografía, los registros de la zona, etc. Siempre buscando que los resultados obtenidos representen las condiciones reales del proyecto, las marcas de inundación y que al aplicar estos factores de mayoración no se sobredimensione el sistema de drenaje, razón por la cual no se especifica en esta etapa la metodología de mayoración, la cual será seleccionada bajo un adecuado análisis en la etapa de estudios y diseños.

**ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN**

Los estudios de socavación consistirán en determinar profundidades críticas de tipo erosivo inducidas por las corrientes.

Este capítulo incluirá los procedimientos, métodos y ecuaciones a ser considerados para los análisis de socavación en puentes. Así mismo, presentará las medidas de prevención y protección contra los procesos de socavación.

**Análisis de Información de Campo**

Se presentará el análisis detallado del ponteadero, conociendo las secciones transversales del cauce o río aguas arriba y abajo, con la batimetría realizada y el trazado de la vía. Para las obras tipo puente, se presentarán los perfiles topográficos longitudinales, zonas de desborde, alturas de creciente, tipo de suelo de orillas y lecho, velocidades de flujo, coeficientes de rugosidad, pendientes hidráulicas y caudales, con el objeto de aplicar las fórmulas más adecuadas que permitan obtener las profundidades críticas del fenómeno.

**Aplicación de las Teorías de Socavación**

La socavación general se evaluará con las fórmulas Lischtvan – Lebediev y la propuesta por Maza A.J.A., estas formulas se consideran adecuadas para la morfología de la zona y permitirán conocer la profundidad de socavación, a todo lo ancho del lecho, en un punto en particular donde exista un obstáculo o en sus orillas. En caso de que los estribos tengan contacto con la lámina de agua o que alguno estructura tenga apoyos intermedios en el cauce activo, se aplicaran las herramientas de modelación hidráulica para la socavación disponibles en HEC -RAS, la cual permite estimar la socavación por contracción, en pilas y en estribos a ecuación CSU (Colorado State University), la de Froehlich y la ecuación HIRE (Hydraulic Interim Report). Para la socavación local, se seleccionará la formulación que mejor se adapte a los escenarios probables evidenciados en el proyecto, y las condiciones particulares de cada cauce. A valores críticos de socavación se presentarán y diseñarán obras de control y protección, las obras para control de socavación se proyectarán según las condiciones particulares de cada sitio, teniendo en cuenta la disponibilidad de materiales en cada zona, y estas pueden ser bolscacretos, hidromallas, enrocados y/ o similares.

**ENTREGABLES**

- Informe principal que incluirá el desarrollo del estudio a partir de la metodología presentada.
- Memorias de Cálculo
- Ejecutables de Software y Resultados
- Mapas empleados
- Plano de cuencas
- Planos planta perfil con obras implantadas y para puentes en el caso de ser necesario, detalles e implantación de las obras de protección.

**RESULTADOS**

El informe final incluirá un resumen de todos los resultados encontrados a través del estudio, principalmente aquellos que requieran ser utilizados en otras disciplinas o que generen conclusiones inmediatas.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se presentarán, en forma clara, las conclusiones relevantes del estudio, así como las recomendaciones que deban ser consideradas antes y durante la construcción de las obras.

**PRODUCTOS A ENTREGAR**

El informe final sobre el estudio de hidrología e hidráulica contendrá:

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- Informe de estudio de hidrología, hidráulica y socavación, incluyendo memoria de cálculo para el dimensionamiento del sistema de drenaje.
- Plano áreas de drenaje
- Anexos de información hidro climatológicas, memorias de cálculo.
- Modelaciones hidráulicas (ejecutables y resultados)
- Análisis de socavación.

## VOLUMEN IX. ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS

### METODOLOGIA DE LA EVALUACION

### ALCANCE DE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES

### RECOLECCION DE INFORMACION EXISTENTE

El primer paso esencial es la **recopilación exhaustiva** de la información existente sobre el puente. Este proceso se organiza en los siguientes pasos:

1. Identificación de la información necesaria

- Planos y diseños originales del puente
- Informes de inspección y mantenimiento previos
- Registros de reparaciones y modificaciones
- Fotografías y videos del puente
- Estudios de tráfico y carga
- Informes geológicos y geotécnicos
- Datos de campo (topografía, hidrología, etc.)

2. Fuentes de información

- Entidades gubernamentales (Ministerio de Transporte, INVIAS, etc.)
- Consultores y contratistas que han trabajado en el puente
- Archivos y bibliotecas técnicas
- Bases de datos en línea

3. Recopilación de la información

- Revisión de documentos y registros existentes
- Entrevistas con personal involucrado en la construcción y mantenimiento del puente
- Inspección visual del puente
- Levantamiento topográfico y geotécnico

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

4. Análisis y evaluación de la información

- Verificación de la exactitud y completitud de la información
- Identificación de deficiencias y limitaciones
- Evaluación de la relevancia de la información para el diseño de la ampliación

5. Documentación y presentación de la información

- Elaboración de un informe detallado sobre la información recopilada
- Presentación de la información en un formato claro y conciso

## ALCANCE DE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES

El alcance de los diseños estructurales para la ampliación del puente existente abarca la evaluación de la capacidad estructural actual del puente, la definición de la nueva configuración geométrica y la selección de materiales, el análisis de cargas y esfuerzos, y la verificación de la estabilidad y resistencia de la estructura ampliada, asegurando la compatibilidad con la estructura existente y cumpliendo con las normas y códigos de diseño vigentes.

## INFORMACION BASE PARA EL ANALISIS ESTRUCTURAL

La información base para el análisis estructural de la ampliación incluye:

- Geometría del puente:
  - Planos y diseños originales del puente
  - Levantamiento topográfico y geotécnico
- Propiedades de los materiales:
  - Resistencia del concreto y del acero
  - Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson
  - Peso específico y densidad
- Cargas y esfuerzos:
  - Cargas muertas (peso propio, pavimentos, etc.)
  - Cargas vivas (tráfico, viento, etc.)
  - Cargas sísmicas y de impacto
- Condiciones de apoyo y conexión:
  - Tipo de apoyo (apoyo simple, apoyo fijo, etc.)
  - Conexiones entre elementos estructurales
- Estado actual del puente:
  - Informes de inspección y mantenimiento previos
  - Registros de reparaciones y modificaciones
  - Fotografías y videos del puente

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## ESTUDIOS Y DISEÑOS Y CRITERIOS DE DISEÑO

## CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño se basan en la **valoración de la capacidad actual** del puente y la **definición de la nueva configuración** geométrica y funcional. Los principales criterios son:

- Capacidad estructura:
  - Evaluación de la capacidad de carga del puente existente
  - Determinación de la capacidad de carga adicional requerida

- Geometría y configuración:
  - Definición de la nueva configuración geométrica del puente
  - Verificación de la compatibilidad con la estructura existente

- Cargas y esfuerzos:
  - Determinación de las cargas y esfuerzos adicionales
  - Verificación de la resistencia y estabilidad de la estructura

- Materiales y sistemas constructivos:
  - Selección de materiales y sistemas constructivos adecuados
  - Verificación de la compatibilidad con la estructura existente
- Seguridad y funcionalidad:
  - Verificación de la seguridad y funcionalidad del puente ampliado
  - Cumplimiento de las normas y códigos de diseño vigentes
- Impacto ambiental y social:
  - Evaluación del impacto ambiental y social de la ampliación
  - Implementación de medidas de mitigación y compensación

Estos criterios de diseño deben ser considerados en conjunto para asegurar que la ampliación del puente sea segura, eficiente y sostenible.

## DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural de la ampliación exige la evaluación detallada y la adaptación de la estructura actual. Es indispensable incorporar la nueva configuración asegurando la correcta compatibilidad y una transferencia de cargas eficiente entre la estructura preexistente y la nueva. Esto se realiza con el fin de garantizar la seguridad y funcionalidad del puente ampliado, siempre bajo el amparo de las normas y códigos de diseño vigentes

## VOLUMEN X. GESTIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL DEL PROYECTO

### *COMPONENTE AMBIENTAL*

### METODOLOGÍA PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA DE MANEJO AMBIENTAL

Para la elaboración del presente documento se siguieron los lineamientos establecidos en la Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura. Modo Carretero. INVIAS, 2022 y se tomó como marco de referencia la normatividad ambiental vigente.

La metodología utilizada para la definición del Área de Influencia para la etapa de la consultoría deberá ser la misma que servirá para la caracterización durante la etapa constructiva, en cumplimiento de los lineamientos del PAGA, de tal forma que permita generar seguimiento y trazabilidad a las medidas e indicadores identificados para el área de influencia.

A continuación, se describe la metodología utilizada para el desarrollo de cada uno de los capítulos.

**Tipo de estudio**

El presente estudio se enmarca en la investigación aplicada que hace relación a aquel tipo de investigación que "se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica (…). En la investigación aplicada o

empírica, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas"[1]. Dicha investigación se fundamentará en la consulta de fuentes secundarias para la recolección de información primaria, que sirvan como medio de verificación de dicha información.

## REPORTE MENSUAL PROGRAMA DE RECICLAJE Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS Y PROGRAMA DE BAJO CONSUMO, USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA Y ENERGÍA

Para la elaboración del presente reporte, correspondiente a los indicadores del mes de marzo, se adoptaron como marco de referencia los lineamientos establecidos en el Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Recursos (bajo consumo) y el Programa de Reciclaje y Gestión Integral de Residuos, aprobados en diciembre de 2025.

El análisis se fundamenta en la normatividad ambiental vigente aplicable, así como en los registros suministrados por la administración del edificio donde operan las instalaciones de la consultoría. Adicionalmente, se incorporó el seguimiento técnico realizado desde el componente ambiental, garantizando la trazabilidad de la información, la coherencia metodológica en la medición de indicadores y la verificación del cumplimiento de los compromisos establecidos en los programas.

Tabla 65 Indicadores de Generación de Residuos

| NOMBRE | INDICADOR | diciembre |
|---|---|---|
| Tasa de generación de residuos sólidos totales | kg de residuos generados / mes | $\frac{15{,}3\ KG}{marzo}$ |
| Generación de residuos peligrosos (RESPEL) | kg de RESPEL generados / mes | $\frac{0\ kg}{marzo}$ |
| Generación de residuos aprovechables | kg residuos reciclables / mes | $\frac{4{,}2KG}{marzo}$ |

Se genera separación en el punto ecológico secos y protegidos, para posterior entrega de los residuos aprovechables en el punto de acopio del Edificio.

Tabla 66 Indicadores de Separación en la Fuente

| NOMBRE | INDICADOR | Diciembre |
|---|---|---|
| Porcentaje de separación adecuada | (kg de residuos separados correctamente / kg generados) ×100 | $\left(\frac{15{,}3kg}{15{,}3kg}\right) * 100 = 100\%$ |
| Eficiencia de clasificación de reciclables | (kg de reciclables limpios / kg de reciclables generados) ×100 | $\left(\frac{5{,}2kg}{5{,}2kg}\right) * 100 = 100\%$ |
| Puntos ecológicos operativos instalados | # puntos instalados / # requeridos | $\frac{1}{1}$ |

[1] https://metinvestigacion.wordpress.com/

Fotografía 1 Punto ecológico instalados en oficina y papeleras en puesto de trabajo




Punto ecológico oficina




Papeleras en el puesto de trabajo






Punto ecológico y separación en el Edificio

En las instalaciones de la consultoría se dispone de papeleras individuales en cada puesto de trabajo y de un punto ecológico con los tres colores reglamentarios para la separación en la fuente, ubicado en el área administrativa. Asimismo, se cuenta con recipientes en los baños (1 para damas y 1 para caballeros) y en la cocineta, garantizando la cobertura del sistema interno de gestión de residuos. Desde la parte operativa se genera clasificación y separación antes de ser dispuesta en el punto ecológico del edificio.

La mayor proporción de residuos aprovechables generados corresponde a papelería como papel de resma, cajas de cartón y envases plásticos. En relación con el consumo de papel, las hojas de resma son reutilizadas como papel borrador cuando de ser posible; se cortan y se depositan en la bolsa blanca las que contienen información sensible o relevante, para proteger la confidencialidad, conforme a los lineamientos del programa de reciclaje y gestión integral de residuos.

Tabla 67 Indicadores de Aprovechamiento y Reciclaje

| NOMBRE | INDICADOR | Diciembre |
|---|---|---|
| Tasa de aprovechamiento | (kg de residuos aprovechados / kg generados) ×100 | $\left(\frac{5{,}2kg}{15{,}3kg}\right) * 100 = 33{,}9\%$ |
| Volumen de material reciclado entregado a gestores | Σ kg reciclables / mes | $\left(\frac{5{,}2kg}{13{,}2kg}\right) * 100 = 33{,}9\%$ |

Durante el mes de marzo se generaron 15,3 kg de residuos sólidos, de los cuales 5,2 kg fueron aprovechados, lo que representa una tasa de aprovechamiento del 33,9 %. Este resultado evidencia que aproximadamente un tercio de los residuos generados fue reincorporado a la cadena de aprovechamiento mediante su entrega a gestores autorizados, estos se entregan al gestor de la zona para su disposición final por parte de la administración del edificio.

El volumen mensual de material reciclable entregado (5,2 kg) corresponde principalmente a residuos aprovechables como cartón y plásticos, en coherencia con la caracterización interna previamente identificada. Se continúa implementando charlas y separación de los residuos para la disminución de los residuos generados y mejorar la separación de los mismos.

Tabla 68 Indicadores de Almacenamiento Temporal

| NOMBRE | INDICADOR | Diciembre |
|---|---|---|
| Cumplimiento de condiciones del almacenamiento temporal | # criterios cumplidos / # criterios evaluados | $\frac{3}{3}$ |
| Tiempo promedio de almacenamiento | días de permanencia de cada flujo | Diario |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Se establecieron 3 condiciones de almacenamiento básicas que permitan generar seguimiento y cumplimiento de los programas ambientales en el desarrollo de la consultoría:

- Separación en la fuente conforme al código de colores vigente: los residuos sólidos se almacenan de manera diferenciada, utilizando recipientes identificados y rotulados conforme al código de colores establecido por la Resolución 2184 de 2019 (blanco: aprovechables; negro: no aprovechables; verde: orgánicos, cuando aplique).
- Condiciones de los recipientes: El almacenamiento se genera en recipientes cerrados en espacios como cocineta y baños; de igual forma ventilados, minimizando la exposición a factores externos. Se verifica que permanezcan secos, limpios y evitar contaminación cruzada. Asimismo, se constató que los residuos no permanecen por periodos prolongados, evitando acumulación excesiva y posibles impactos ambientales o sanitarios. Estos debido a la capacidad en las instalaciones de la consultoría se entregan diariamente al acopio del edificio, quien genera entrega al gestor autorizado, (Promoambiental Distrito S.A.S., E.S.P).
- Se dictan charlas cortas durante la semana y una capacitación virtual de acuerdo al cronograma para el cumplimiento de los Programas de Uso Eficiente y Ahorro de Recursos (bajo consumo) y el Programa de Reciclaje y Gestión Integral de Residuos, de manera virtual.

Tabla 69 Indicadores de Capacitación y Sensibilización

| NOMBRE | INDICADOR | Diciembre |
|---|---|---|
| Cobertura de capacitación | (# personas capacitadas / # personas vinculadas al proyecto) ×100 | $\left(\frac{31}{31}\right) * 100 = 100\%$ |
| Efectividad de la capacitación | (% de trabajadores que aplican separación correcta) | $\left(\frac{11}{31}\right) * 100 = 35{,}4\%$ |
| Número de actividades de educación ambiental realizadas | # actividades/mes | $\frac{4}{marzo}$ |

Se precisa que el personal vinculado al contrato no desarrolla sus actividades en un 100% dentro de las instalaciones de la oficina, dado que la mayoría de los especialistas desempeñan labores en otros espacios o en campo. No obstante, a través de las actividades de sensibilización y seguimiento implementadas por la consultoría, se promueve el cumplimiento y la continuidad de las acciones establecidas en el Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Recursos y el Programa de Reciclaje y Gestión Integral de Residuos, con el fin de garantizar resultados satisfactorios en materia de separación en la fuente y uso racional de agua y energía.

Dentro de las actividades ejecutadas durante el periodo reportado, se realizó una capacitación orientada al uso, manejo de residuos peligrosos; haciendo énfasis en las medidas de manejo y buenas prácticas que deben aplicarse durante las visitas e inspecciones técnicas en campo por parte de los especialistas. La debida disposición de este tipo de residuos y de acuerdo a una caracterización previa indicación de que tipos de residuos peligrosos pueden generarse en el cumplimiento del objeto del contrato.

Adicionalmente, se efectuó la verificación de la señalización de las papeleras y del punto ecológico, así como la revisión del adecuado uso de los equipos eléctricos, incluyendo el apagado de los mismos durante los periodos de inactividad, en concordancia con las estrategias de ahorro y eficiencia energética establecidas.

Tabla 70 Indicadores de bajo consumo

| NOMBRE | INDICADOR | Diciembre |
|---|---|---|
| Energía (mensual) | (KW de consumo mensual facturado/persona)/ mes | **541,2/9 febrero** |
| Agua (Bimestral) | ($M^3$ de consumo de agua facturado/Persona)/mes | **140 $M^3$/9/enero-febrero** |

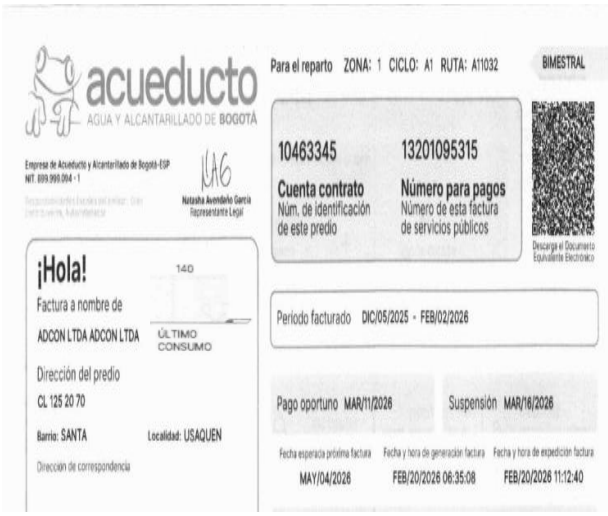
Nota: El periodo de marzo abril del acueducto se reporta en el siguiente informe

El recibo adjunto en la siguiente fotografía reporta la totalidad de la energía utilizada en todo el Edificio de ADCON, sin embargo, se aclara que varios de las oficinas corresponden a consultorios u otro tipo de actividades de mayor consumo energético, por lo que desde la administración se llevan registros y distribución del consumo y gastos acorde al tipo de actividad de cada oficina y del personal en cada una de ellas.

Fotografía 2 Factura energía mes de marzo




Fotografía 3 Factura agua bimestre enero-febrero

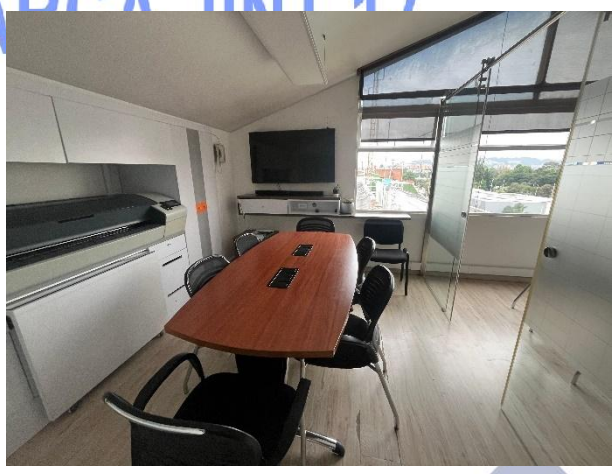



En las instalaciones de la oficina permanece personal de administrativo, de contabilidad y licitaciones que no hacen parte del personal de la consultoría, los especialistas en su totalidad trabajan como asesores externos La factura del acueducto y Alcantarillado llega a nombre del Edificio ADCON LTDA, y este de acuerdo a las indicaciones de la Administración se divide entre todas las oficinas que hacen parte del edificio, acorde a su actividad económica. De igual forma se hace uso de ahorradores y de iluminación natural, con el fin de mantener las prácticas de ahorro y uso eficiente.

Fotografía 4 Uso de iluminación natural durante la mañana



Oficina principal



Sala de juntas



Cocineta de la oficina

## REPORTE MENSUAL AVANCE DOCUMENTO PAGA

Durante el periodo reportado se registran avances en la estructuración de los Planes de Adaptación a la Gestión Ambiental y Social (PAGAS) para los proyectos viales: 1. Vía desde el casco urbano de Lenguazaque al casco urbano de Villapinzón, 2. Vía que desde el sector Tabacal conduce al casco urbano del municipio de Quipile y 3. Vía que conecta el cruce con el corredor Bogotá – Fontibón – Facatativá – Los Alpes, sector La Virgen, hasta la vía Facatativá – El Rosal. La formulación se desarrolla conforme a los lineamientos establecidos en la Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura – Modo Carretero (2022), incorporando la revisión y análisis de información secundaria proveniente del POMCA del río Bogotá, así como de los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) y los Planes de Desarrollo vigentes de cada municipio. En esta etapa se ha adelantado la identificación preliminar de determinantes ambientales, áreas de sensibilidad y condicionantes normativas, junto con la definición de medidas de manejo ambiental acordes con las características técnicas de cada corredor vial, garantizando coherencia con la planificación territorial y los instrumentos de gestión ambiental aplicables, se continúa avanzando en la caracterización de las áreas de influencia desde el componente biótico, abiótico y socioeconómico, de igual forma en la verificación de los geo portales para determinar la complejidad de cada uno de los tramos de intervención objeto de este contrato.

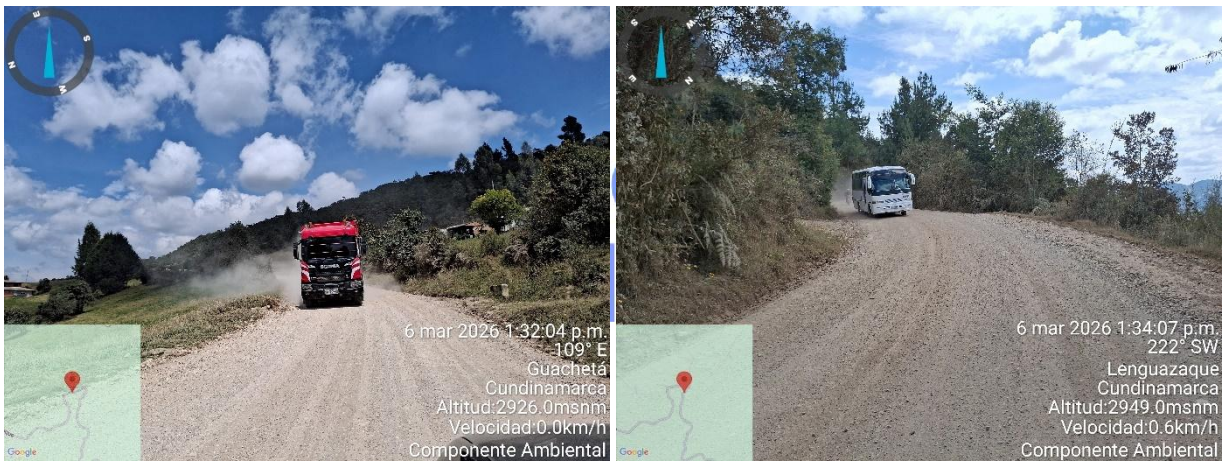
Se ha priorizado la obtención de la información para generar la calificación de la complejidad de cada uno de los tramos teniendo en cuenta lo registrado en las páginas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), Página oficial de cada alcaldía municipal (Lenguazaque, Villapinzón, Quipile, Facatativá, El Rosal, etc.), Información cartográfica y geográfica en la página del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), etc. Se adelanta con base en la información secundaria recopilada la elaboración de los mapas de apoyo que permitan de manera gráfica identificar la complejidad de cada tramo.

Desde el componente forestal se avanza en el levantamiento del inventario forestal, y en la determinación de los árboles que requieren permiso con el fin de aportar esta información para la obtención de los permisos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Fotografía 5 Recorrido de identificación Lenguazaque – Villapinzón

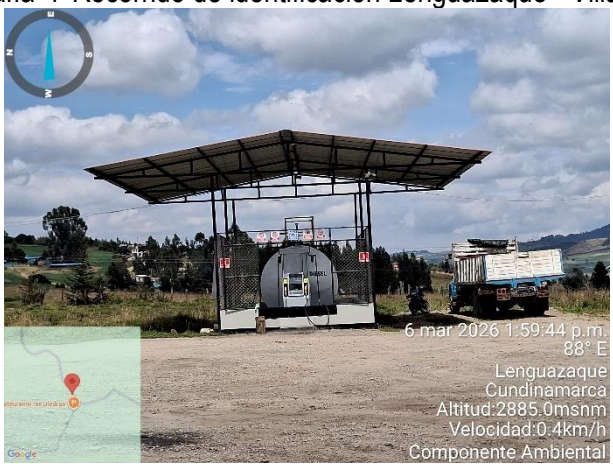



Fotografía 6 Recorrido de identificación Lenguazaque – Villapinzón

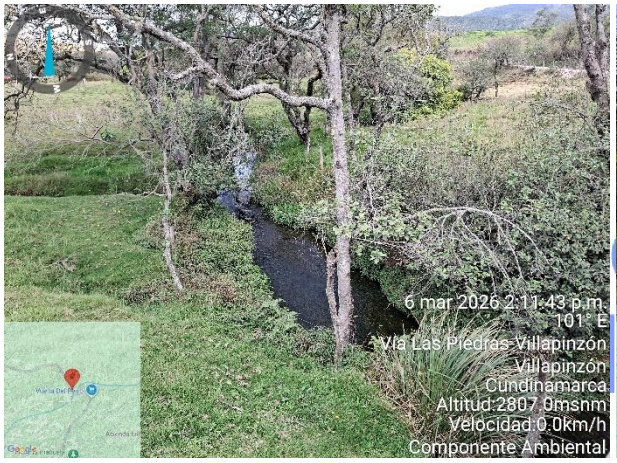



Se identifica la circulación de carros pesados generalmente transporte de carbón de las minas aledañas de igual forma de las rutas escolares del municipio.

Fotografía 7 Recorrido de identificación Lenguazaque - Villapinzón




Fotografía 8 Identificación cuerpos de agua Puente Río Tibita







El río mostrado en las imágenes anteriores corresponde al Río Tíbita, este cuerpo de agua fluye por una zona de importancia hídrica cerca de la vía que comunica las veredas de Las Piedras y el municipio de Villapinzón, Es uno de los afluentes que alimentan la cuenca alta del río Bogotá. Nace en las zonas de páramo de la región (como el Páramo de Guacheneque), de acuerdo a las intervenciones generadas en el tramo será necesario generar solicitud de permiso de ocupación de cauce por parte de la CAR.

Fotografía 9 Recorrido de identificación Chocontá




Identificación de obras de drenaje, se evalúa con el componente de hidráulica la capacidad de las mismas o si estas requieren de actividades de limpieza y mantenimiento para su adecuado funcionamiento.

Fotografía 10 Recorrido de identificación cuerpos de agua




En el recorrido del Municipio de Choconta vía al municipio de Cucunuba se identifican diferentes vallados generados por los habitantes del sector, para el manejo y drenaje adecuado del agua de escorrentía.

Fotografía 11 Cruce de carrilera del tren




Se realizó un recorrido de inspección y reconocimiento ambiental sobre los corredores viales que conectan al municipio de Lenguazaque con Villapinzón, así como en el sector comprendido entre Chocontá y Cucunubá, con el objetivo primordial de identificar las determinantes ambientales y realizar la caracterización preliminar del entorno biofísico. Durante la jornada, se georreferenciaron elementos de importancia ecosistémica, tales como cuerpos de agua (destacando el paso de microcuencas tributarias del río Bogotá y el río Ubaté), zonas de recarga hídrica y parches de vegetación nativa que podrían verse interceptados por las actividades del proyecto.

## CONCLUSIONES

- Se continua el avance con la información recopilada a través de los Esquemas y planes de ordenamiento territorial de cada municipio del grupo de intervención, de igual forma con documentos bases como POMCA o estudios ambientales ejecutados en las zonas cercanas al área de influencia de cada corredor vial
- Acorde a las visitas generadas se establece que se deben tramitar Permisos de Ocupación de Cauce para los tramos de

  1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, ya que se evidencia el paso sobre puente en el río Tibita.

  2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, Se evidencian varias obras hidráulicas que requieren mantenimiento en el periodo de la visita se identificó un periodo seco, por lo que se esta a la espera del concepto del componente hidráulico, para corroborar la capacidad.

  3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, se identificaron obras hidráulicas en buenas condiciones sin embargo requiere de concepto del componente hidráulico para verificar capacidad.

  4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTA AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, se evidencia el paso sobre un río y la vía férrea.

  5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, se evidencia el paso sobre el río Bojacá

6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO", se evidencia cruce sobre el río Supata.

Acorde a lo anterior una vez se tengan los conceptos por parte de los especialistas en hidráulica, se procederá a verificar la cantidad total de obras que requieren permiso para tramite ante la Autoridad Ambiental CAR.

Tabla 71. Resumen de las vías definidas para la ejecución de Estudios y Diseños

| No. | Municipio | Vía | Longitud (Km) | Mejoramiento | Rehabilitación |
|---|---|---|---|---|---|
| **TRAMO 1** | | | | | |
| 5 | Chocontá | Vía desde el casco urbano de Chocontá al casco urbano de Cucunubá | 4 | 3,4 | 0,6 |
| 8 | Facatativá | Vía que conecta el cruce con el corredor Bogotá - Fontibón - Facatativá - los Alpes, sector la virgen, hasta la vía Facatativá - el rosal | 3 | 2 | 1 |
| 14 | Guataquí / Jerusalén | Vía desde el casco urbano de Jerusalén al cruce de la vía ruta 45 | 12 | 12 | |
| 15 | Lenguazaque / Villapinzón | Vía desde el casco urbano de Lenguazaque al casco urbano de Villapinzón | 23,4 | 20,4 | 3 |
| 17 | Quipile | Vía que desde el sector tabacal conduce al casco urbano del municipio de Quipile | 5 | 4 | 1 |
| 24 | Supatá | Vía desde el casco urbano del municipio de Supatá al casco urbano del municipio de pacho | 2,1 | 2,1 | |

Fuente. Tomado del anexo técnico

**Técnicas de recolección de información**
**Revisión documental**

La consultoría en su componente ambiental ubicará y revisará información secundaria sobre el área de influencia tanto local como institucionalmente a fin de establecer la caracterización del área de influencia, así como la ubicación de proyectos en el sector que contemplen impactos sobre la población adyacente recurriendo a la recopilación de material informativo de fuentes primarias y secundarias, con lo que será posible realizar un análisis crítico de la información disponible, para realizar hipótesis de los fenómenos sociales y hacer interpretaciones y predicciones de los datos obtenidos, que permita establecer las alternativas en la gestión social durante la futura etapa de construcción.

Se realizará la debida recolección de información, de manera que el consultor recopile las características generales preliminares, para la actuación y estudio de estrategias de conocimiento e integración ambiental

orientados hacia el alcance del objetivo general del contrato y basados principalmente en los pliegos de condiciones, lo que será efectuado bajo la dirección y orientación suministrada por el componente ambiental del apoyo a la supervisión y asesoramiento de la Interventoría para garantizar el cumplimento de los objetivos establecidos.

De igual manera, se buscará hacer una contextualización de información para definir así lo que haría falta para complementar la línea base del componente ambiental para los estudios y diseños, mediante la revisión de documentación existente.

**Levantamiento de información secundaria**

Para la recolección de información secundaría se continuará en la consecución de información obtenida de diversos Geoportales que permitan verificar los determinantes ambientales de cada una de las zonas a intervenir, de tal forma que con la información obtenida se determine la complejidad del proyecto.

**Recolección de información primaria**

Durante la ejecución del contrato, la consultoría, realizará recorridos de reconocimiento en el área de influencia del proyecto, con el fin de identificar los impactos ambientales a generar por la ejecución de las actividades constructivas.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD

Para la identificación del nivel de complejidad del proyecto se siguió la metodología establecida en el Volumen 2 de la Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura. Modo Carretero. INVIAS, 2022.

El nivel de complejidad del proyecto de acuerdo con el Volumen 2 de la Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura Modo Carretero Desarrollada por el INVIAS (2022) está definida por cuatro variables:

- Sensibilidad medio ambiental (SMA)
- Sensibilidad medio socioeconómico (SE)
- Tiempo de ejecución y/o modalidad de contratación (D)
- Tipo de intervención (A)

**Sensibilidad medio ambiental (SMA)**

Esta se determina teniendo en cuenta los medios en los que se enmarcan las variables: i) biótico y ii) abiótico, a continuación, se describen las variables indicadas en la guía para cada uno de ellos.

## Medio abiótico

Para el medio abiótico la Guía contempla 7 variables para establecer el nivel de sensibilidad y esta se da de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$AB=Ge+As+Pma+Zi+Gae+Pt+Arm$$

Dónde:

**AB:** Abiótico
**Ge:** grado de degradación del suelo por erosión
**As:** amenaza sísmica
**Pma:** precipitación media anual
**Zi:** zonas inundables
**Gae:** grado de amenaza-exposición
**Pt:** pendiente del terreno
**Arm:** amenaza por remoción en masa

La mayoría de información será recopilada de acuerdo a las metodologías e informes que se generen y estructuren por parte de los especialistas de la consultoría, de tal forma que estos se articulen de acuerdo a la información recopilada de fuentes primarias y secundarias con el componente ambiental y así determinar los impactos y el nivel de sensibilidad en la ejecución del contrato.

Igualmente, se tendrán en cuenta los resultados y las apropiaciones de cada uno de los componentes —como la topografía, geología, geotecnia, hidrología, hidráulica, así como los aspectos sociales y de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)— que confluyen en la etapa de prefactibilidad. Todo ello servirá como base para la elaboración del instrumento a entregar desde el componente ambiental, el cual será alimentado de forma coherente con los insumos provenientes de cada uno de los componentes mencionados.

## Medio biótico

Para el medio biótico por su parte, la Guía contempla 3 variables para establecer el nivel de sensibilidad, los cuales son:

$$B=Ae+Tc+Fa$$

Dónde:

**B:** Biótico
**Ae:** presencia de áreas de especial interés ambiental
**Tc:** tipo de cobertura
**Fa:** frontera Agrícola

De acuerdo con la Guía Ambiental del Invias, la presencia de áreas de interés ambiental es un criterio de gran importancia por los bienes y servicios que representan, así como las figuras de gestión que presentan de

acuerdo con las políticas de protección previstas. En el Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC- se encuentran identificadas estas áreas de interés ambiental dentro del Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP)[2] y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). De igual forma, se encuentran disponibles el mapa con las áreas pertenecientes al Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REAA),[3] y Áreas Del Sistema De Parques Nacionales Naturales.

Para determinar el tipo de cobertura dentro del área de influencia se tendrán en cuenta los informes e inventarios por parte del profesional forestal que deben ejecutarse en campo una vez se realicen las actividades y análisis desde estos componentes, igualmente se revisará la información de los mapas de cobertura de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia siguiendo la metodología del Corine Land Cover, sugerida en la Guía Ambiental del INVIAS 2022.

Para la identificación de la frontera agrícola se tendrá en cuenta la metodología y la información relacionada en la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA, 2018)[4], de igual forma con los inventarios que se realicen en campo acorde a lo identificado desde el componente ambiental y forestal.

A partir de la valoración cualitativa del interés ambiental de cada uno de los criterios, se realizará una ponderación a cada uno de los elementos basados en los trabajos de inspección en campo y de la información obtenida en la etapa de prefactibilidad, esta ponderación fue normalizada mediante la siguiente ecuación:

$$n = X - Xmin \; Xmax - Xmin$$

Donde:

**n:** Valor normalizado
**X:** valor resultado final de cruce o sumatoria de cada uno de los componentes (medio)
**Xmin:** Valor Mínimo de la sumatoria de las variables
**Xmax:** Valor Máximo de la sumatoria de las variables

Tabla 72 Calificación y rango de sensibilidad ambiental

| RANGO | SENSIBILIDAD | CLASIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 0 - 0,33 | Sensibilidad baja | 1 |
| 0,34 - 0,67 | Sensibilidad media | 2 |
| 0,68 – 1 | Sensibilidad alta | 3 |
| Áreas protegidas | Zona de exclusión o de No Intervención | 4 |

Fuente: Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura. Modo Carretero. INVIAS, 2022.

[2] Áreas protegidas - Visor RUNAP
[3] Identificación y priorización de ecosistemas y áreas ambientales
[4] Unidad de planificación rural agropecuaria – visor geográfico

## Medio socioeconómico (SE)

Para el medio Socioeconómico, la Guía contempla 8 variables para establecer el nivel de sensibilidad y esta se da, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$SE=Ce+Zc+Par+Ie+M+Irv+Nv+Pm$$

Donde:

| | | |
|---|---|---|
| **SE:** | Socioeconómico | |
| **Ce:** | Comunidades étnicas (elevar consulta a MININTERIOR) | Consulta mediante comunicado JPS-CSC-1367 -25, radicado 2025-2-002410-030239 de igual forma mediante la consulta a GEOPORTALES[5] |
| **Zc:** | Zonas de reserva campesina | Concejo Municipal de Desarrollo Rural CMDR, consultas generadas por la profesional social en campo. |
| **Par:** | Potencial arqueológico | Consulta con el ICANH y Secretaría de Cultura Municipal, no se ha generado consulta previa |
| **Ie:** | importancia económica | A través de las consultas y entrevistas con las autoridades municipales y los Planes de desarrollo municipal |
| **M:** | municipios PDET-ZOMAC | Consulta con la agencia de renovación del territorio, administración municipal y casa de Gobierno generadas posteriormente por la profesional social en campo. |
| **Irv:** | índice riesgo de victimización | El Visor Geográfico de Víctimas es una herramienta que permite visualizar información sobre víctimas del conflicto armado en Colombia, incluyendo datos del Registro Único de Víctimas (RUV)[6], de igual forma se elevara consulta con la Alcaldía Municipal en cuanto al Sistema Nacional de Atención y Reparación Integral a las Víctimas (SNARIV). |
| **Nv:** | Negocios Verdes (Información municipal) | La consulta se realizará con la Secretaría de Agricultura |
| **Pm:** | Pobreza multidimensional | Se realizará consulta mediante la página web del DANE[7] y la información levantada en campo por la profesional social. |

Fuente: Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura. Modo Carretero. INVIAS, 2022., CONSORCIO CUNDINAMARCA JIINT 17

Se solicitará a las autoridades oficiales la información necesaria para analizar los componentes: demográfico, espacial, económico, étnico, cultural, arqueológico, político-organizativo, institucional, tendencias al desarrollo y socio- predial que confluyen en la unidad territorial y que permitan establecer el área de influencia definitiva sobre la cual tendrá impacto el proyecto y el nivel de sensibilidad.

Se llevará a cabo la consulta documental de fuentes bibliográficas de posibles estudios de arqueología formal y preventiva realizados en el área de intervención. Se solicitará al ICANH la aplicabilidad o no de un programa de Prospección Arqueológica - PPA, teniendo en cuenta los polígonos generales y específicos en los cuales se

[5] Observatorio de comunidades
[6] Visor Geográfico de Victimas
[7] CONSULTA DANE

pretende desarrollar el proyecto, la descripción en detalle de las obras a realizar; su ubicación espacial, las condiciones físicas de las áreas a intervenir y el tipo de proyecto, de igual forma este componente se desarrollara con un nivel de detalle más específico en el instrumento PAGA por la profesional social de la consultoría para complementar la información obtenida y trabajar interdisciplinariamente en conjunto.

**Tiempo de ejecución y/o modalidad de contratación (D)**

El tiempo de ejecución del proyecto se determina, según la Guía Ambiental, como básico o extendido. Esta clasificación se define con base en el cronograma de obra, dependiendo de si la duración prevista es menor o mayor a seis meses.

**Tipo de intervención (A)**

De acuerdo con la Guía Ambiental, se identifican seis tipos de intervención, que son los siguientes:

- Promedio Mantenimiento Rutinario
- Promedio Mantenimiento Periódico
- Promedio Atención de Emergencias
- Promedio Rehabilitación
- Promedio Mejoramiento
- Promedio Operación

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Una vez se han establecido los valores de las cuatro variables anteriores, se utiliza la siguiente formula:

$$N=[(A*SMA) + (A*SE)]*D$$

Donde:

**N:** nivel de complejidad
**A:** tipo de intervención
**SMA:** sensibilidad medio ambiental
**SE:** sensibilidad medio socioeconómico
**D:** tiempo de ejecución

El valor resultante de la ecuación anterior permitirá establecer el grado de complejidad del proyecto, conforme con los siguientes rangos:

Tabla 73 Grado de complejidad en función de la tipología de proyectos y los aspectos socioambientales que están involucrados

| TIPO | COMPLEJIDAD DEL PROYECTO | RANGO DE PUNTAJE QUE IDENTIFICA EL ALCANCE DE LAS ACTIVIDADES ASOCIADAS A LA GESTIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL |
|---|---|---|
| 1 | Baja | 4 a 16 |
| 2 | Media – Baja | 17 a 30 |
| 3 | Media – Alta | 31 a 50 |
| 4 | Alta | 51 a 110 |

Fuente: Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura. Modo Carretero. INVIAS, 2022.

## DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA – AI

El área de influencia se determinará teniendo en cuenta la información recopilada durante la obtención de información primaria y secundaria para cada uno de los corredores viales.

En la etapa de factibilidad se tendrá en cuenta:

- La localización del proyecto.
- El tipo e intensidad de uso de los recursos durante las distintas fases del desarrollo del proyecto
- Los impactos generados sobre los medios y/o componentes teniendo en cuenta su variación en tiempo y espacio.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

En segundo lugar, en cumplimiento de la metodología establecida en la Guía de Identificación y delimitación de las áreas de influencia, se tendrá en cuenta cada una de las etapas que se describen a continuación:

❖ **Fase previa**

En esta fase propondrá un área de influencia preliminar y se recopilará para la misma, información primaria y secundaria a fin de obtener una aproximación al conocimiento de las características del ambiente (línea base ambiental), de forma que sea posible realizar una primera predicción de la forma en que dichas características se impactarían durante el desarrollo y operación del proyecto (identificación y valoración de impactos). A partir de esta fase en la que se adquiere conocimiento del ambiente y se identifican y valoran los impactos ambientales de forma preliminar, se inicia un proceso de ajuste sucesivo, que mediante el análisis descrito en el siguiente numeral, debe culminar con la delimitación del área de influencia definitiva.

Durante esta etapa, se consultará la información secundaria de cada uno de los componentes que conforman los medios ambientales.

Para el Medio abiótico:

- Componente geoesférico: Para los componentes geología y geomorfología, se consultará el volumen de Geología como insumo para la elaboración del PAGA; este informe será emitido por el especialista de la consultoría durante el desarrollo de la etapa de factibilidad. Para el uso del suelo potencial en el área de influencia, se consultará el POT vigente de los municipios aledaños e información cartográfica del IGAC, de igual forma mediante las visitas e inspecciones del área de influencia se determinará el uso actual del suelo. Lo que será actualizado en el instrumento ambiental.
- Componente Hidrológico: Para la definición del área de influencia preliminar del componente de hidrología, se consultará la Guía de Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas del IDEAM, así como la información registrada por la CAR.
  En cuanto a la identificación de redes hídricas se generará la consulta a la cartografía oficial disponible (planchas, fotografías satelitales e imágenes de sensor remoto y bases cartográficas del IGAC).
- Componente Atmosférico: se consultarán datos oficiales de las estaciones hidrometeorológicas del IDEAM presentes en el área de influencia, también se consultarán estudios de calidad del aire y ruido realizados en el área del proyecto.

Para el Medio Biótico:

- Se realizará una revisión de información secundaria para identificar posibles especies vegetales en la zona, con especial énfasis en aquellas especies bajo algún régimen de protección o veda, según la normatividad existente, de igual forma se generaran inspecciones por parte del profesional forestal con el fin de corroborar la información consultada y presentada en la prefactibilidad, de tal forma que se pueda indicar la situación actual del área de influencia en cuando a las especies encontradas.
- Adicionalmente se realizará un análisis de las unidades de cobertura del suelo a través de la metodología CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover (2018) adaptada para Colombia, donde se interpretarán imágenes satelitales para identificar patrones de cobertura y porcentajes de área de las diferentes unidades existentes.
- Se consultará información secundaria de la fauna presente en la zona, con el fin de identificar las posibles medidas a ejecutar para su conservación y preservación.
- Para la determinación de la fauna en el área de influencia se realizará verificación de la información secundaria recopilada mediante información encontrada en geoportales tales como Humboldt, SIB Colombia, GBIF, portales de datos de biodiversidad, colecciones científicas del ICN, así como otros estudios ambientales de nivel nacional y regional, planes de manejo y de ordenamiento territorial, entre otros insumos de la CAR, de cada municipio, de igual forma se realizará en las fichas de manejo la solicitud de un Biólogo que permita generar inventario y la implementación de las medidas de manejo para evitar atropellamientos de fauna o estrategias de ahuyentamiento de ser necesarias, para conservar la conectividad ecológica.

Para el Medio Socioeconómico

- Se consultará el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio y el Planes de Desarrollo del área de influencia con el fin de articular el componente social la identificación de los barrios y asentamientos humanos que se encuentren en vecindad con el proyecto y con su canal de acceso.
- Se consultará para la identificación de los presidentes de las Juntas de Acción Comunal – JAC de los barrios y asentamientos humanos que se encuentren en vecindad con el proyecto y con su canal de acceso.
- Como se indica en la descripción del indicador de sensibilidad del proyecto, para la etapa de prefactibilidad se solicitará a las autoridades oficiales la información necesaria para analizar el Medio Socioeconómico que confluyen en la unidad territorial y que permitan establecer el área de influencia definitiva sobre la cual tendrá impacto el proyecto.
- Se definirán y delimitarán las áreas de influencia preliminares por componentes y/o medios, las cuales serán caracterizadas con información secundaria, obtenida a través de las entrevistas con la comunidad, con los entes municipales y lideres sociales del área de influencia.
- Se realizará Revisión de información secundaria (documental), Delimitación del Área de Influencia preliminar, Levantamiento de información primaria, Proceso de participación y socialización con comunidad, Análisis de los componentes del medio socioeconómico, Análisis del componente arqueológico e Identificación y evaluación de impactos Socioeconómicos.

❖ **Fase de análisis**

El área de influencia definida por componente, grupo de componentes o medio será planteada en función de unidades de análisis (UMA) tales como: cuencas hidrográficas, provincias hidrogeológicas, sistemas acuíferos, unidades ambientales costeras, ecosistemas, unidades de paisaje, unidades territoriales político-administrativas, o cualquier otra que se identifique en la formulación del PAGA.

La determinación del área de influencia por componente, grupo de componentes o medios se desarrollará iterativamente, de forma que un área de influencia preliminar que resulta de una primera evaluación ambiental se ajusta progresivamente de acuerdo con la información detallada que aporta la caracterización ambiental y a las sucesivas evaluaciones que estiman la forma en que las actividades del proyecto podrían impactar los elementos del ambiente.

Esta sucesión de procesos de evaluación, delimitación y caracterización culmina, cuando se satisfaga la definición de área de influencia para el proyecto dado bajo unas condiciones ambientales específicas y, su ejecución.

Para esto, una vez obtenida la caracterización ambiental de cada área de influencia preliminar (información secundaria y primaria), se realizará la evaluación de impactos ambientales en relación con las actividades de

obra que generará el proyecto, las cuales tendrán diferentes impactos en los medios biótico y abiótico. Durante esta etapa, se socializarán los impactos con las Entidades y comunidades del área de influencia preliminar.

Finalmente, una vez convalidados los impactos con las Entidades y comunidades, se establecerá hasta dónde van los impactos significativos para cada área de influencia preliminar y con la ayuda de la herramienta SIG; se ajustarán las áreas preliminares de los componentes respectivos y se genera un área de influencia definitiva para cada medio. Obtenidas las áreas de influencia definitivas de cada medio, estas se superponen entre sí para obtener el área de influencia del proyecto; el criterio para delimitar el polígono definitivo es el límite más externo de las áreas de influencia superpuestas por cada medio.

## CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

La caracterización del área de influencia dependerá del grado de complejidad del proyecto y se llevará a cabo conforme a los lineamientos establecidos en la Guía Ambiental, los que se evaluaran en el desarrollo de la etapa de factibilidad acorde a la información primaria y al desarrollo de los diseños generados para la ejecución del objeto del contrato.

## DEMANDA DE RECURSOS NATURALES

Como parte del documento y considerando las características particulares del Proyecto, en este capítulo se presentarán los permisos que son necesarios para la demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales durante la etapa de construcción del proyecto vial.

Es de anotar que de acuerdo con los permisos ambientales que se identifiquen como necesarios, se incluirá la información ambiental y técnica requerida conforme los formatos de cada trámite establecidos en la página de la CAR.

| TIPO DE PERMISO | Si | NO | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|
| Concesión de agua superficial | | | No se contempla generar permiso de concesión de agua superficial |
| Concesión de agua subterránea | | | No se contempla el uso de agua subterránea en la etapa de factibilidad |
| Permiso de vertimientos | | | No se contempla solicitar permiso en etapa de factibilidad. |
| Ocupación de Cauces | | | Se encuentra en evaluación la cantidad de puntos a intervenir acorde al diseño en caso de requerirse se debe anexar la siguiente información: |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | FORMULARIO ÚNICO NACIONAL DE SOLICITUD DE OCUPACION DE CAUCES, PLAYAS Y LECHOS Base legal: Ley 99 de 1993, Decreto LEY 2811 DE 1974, Decreto 1541 DE 1978 [8]<br><br>• Documentos que acrediten la personería jurídica del solicitante Sociedades: Certificado de existencia y representación legal Juntas de Acción Comunal: Certificado de existencia y representación legal. Personería Jurídica y/o Certificación e Inscripción de Dignatarios (expedida por la Gobernación)<br>• Poder debidamente otorgado cuando se actúe por medio de apoderado. Propietario del inmueble: Certificado de libertad y tradición (fecha de expedición no superior a 3 meses) Tenedor: Copia del documento que lo acredite como tal (contrato de arrendamiento, comodato, etc.) o autorización del propietario o poseedor. Poseedor: Manifestación escrita y firmada de tal calidad<br>• Certificado de existencia y representación legal para el caso de persona jurídica, el cual debe haber sido expedido dentro de los tres (3) meses anteriores a la fecha de presentación de la solicitud.<br>• Autorización del propietario o poseedor cuando se actúe como mero tenedor o por contrato de arrendamiento.<br>• Certificado de tradición expedido máximo con tres (3) meses de antelación.<br>• Plano de localización de la fuente hídrica en el área de influencia.<br>• Planos y memoria de cálculo.<br>• Estudio Hidrológico e hidráulico para un periodo de retorno de 100 años |
| **Aprovechamiento forestal** | | | FORMATO ÚNICO NACIONAL DE SOLICITUD DE APROVECHAMIENTO FORESTAL Y MANEJO SOSTENIBLE DE FLORA SILVESTRE Y LOS PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES[9] y los anexos que indica el formato. |

**En cuanto al permiso de Aprovechamiento forestal:** se debe realizar el censo de los individuos arbóreos posteriormente por el Profesional Forestal, quien determinara que cantidad de individuos requieren ser aprovechados. Según aplique, se debe presentar

- Solicitud de levantamiento de veda de especies epifitas vasculares y no vasculares: En el caso de solicitar permiso de aprovechamiento forestal y debido a que las especies arbóreas son hábitat para especies de flora epifita vascular y no vascular, se requiere de un muestreo y/o caracterización de estas especies
- Especies de especial interés (endémicas o amenazadas): Para la identificación de especies amenazadas o con algún grado de endemismo, se deberá realizar una verificación de la composición florística general evaluando si en el área de influencia directa hay presencia de estas, con el fin de tomar las medidas necesarias para su manejo, y así prevenir o mitigar las afectaciones en la ejecución del proyecto, de tal forma asegurar la conservación de las mismas. En el caso de requerirse solicitud de aprovechamiento forestal o la presentación de planes de manejo silvicultural, deberá realizarse la verificación en el Libro Rojo

[8] Formato único nacional de Solicitud de Ocupación de Cauce
[9] Formato Único Nacional De Solicitud De Aprovechamiento Forestal

de plantas de Colombia emitido por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, en colaboración con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

## EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Este capítulo se desarrollará con un trabajo interdisciplinar en el que intervendrán todos los profesionales y especialistas del equipo ambiental.

La identificación, evaluación y análisis de impactos ambientales, se realizará a partir de la línea base ambiental, de la definición de las obras, de las actividades a ejecutar y de la demanda ambiental del proyecto para luego proceder a la identificación de los impactos ambientales bajo los siguientes escenarios: "SIN proyecto", es decir, identificando y calificando los impactos que se están generando por las actividades actuales en el área de influencia, sin que se desarrolle el proyecto y que será el resultado de la caracterización ambiental y, el segundo "CON proyecto", es decir, los impactos, susceptibles de generarse durante las etapas del proyecto.

**Procedimiento para la identificación y valoración de impactos para escenario "sin" proyecto**

- Se identificarán las actividades que hoy se están dando en el área de influencia del proyecto y que han generado cambios en los elementos ambientales.
- Se identificarán los impactos que se están dando por dichas actividades, para los elementos ambientales de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, en forma cualitativa y cuantitativa, se acompañaran de los registros que evidencien esos impactos.
- A través de una matriz simple causa-efecto se hará la interacción de las actividades identificadas con los impactos y posteriormente se calificarán los mismos.
- Finalmente se hará un análisis de dichos impactos para cada uno de los medios y se identificaran los posibles conflictos por el uso o afectación de los recursos naturales.

**Procedimiento para la identificación y valoración de impactos para escenario con proyecto**

- A partir del capítulo de descripción del proyecto, se identificarán y definen las obras y actividades del proyecto y que pueden generar impactos sobre el medio ambiente.
- Posteriormente, a través de trabajo grupal de expertos (especialistas participantes en el estudio) se identificarán y definirán los impactos probables de ocurrir como consecuencia de las obras y/o actividades del proyecto, conforme a las características ambientales del área de influencia del proyecto.
- La identificación de los posibles impactos ambientales se hará a través de una matriz simple, causa-efecto, en la cual se listan por un lado las actividades identificadas y por otro lado los impactos que se prevé pueden generar cada una de estas actividades.
- Identificados los impactos a generarse por el proyecto, se procede a la calificación de los impactos, de manera cualitativa, a través Metodología de Conesa Fernández Vítora (2010).

## MEDIDAS DE MANEJO

De acuerdo con el resultado de la calificación de impactos y teniendo como lineamientos la Guía de Manejo Ambiental, INVIAS, se elaborará el Plan de Adaptación de la Guía Ambiental - PAGA, el cual estará estructurado en programas y subprogramas, con base en la jerarquía del manejo de potenciales impactos identificados.

Los programas, subprogramas y medidas, se enfocarán al control integral de los impactos ambientales, también se tendrán en cuenta las percepciones y comentarios que resulten de los procesos participativos con las comunidades, organizaciones y autoridades del área de influencia del proyecto. Los programas se presentarán en forma de fichas y cada una contendrá:

- Objetivo
- Impacto a manejar
- Tipo de medida
- Identificación de aplicabilidad de la ficha por la complejidad del proyecto
- Acciones para desarrollar
- Lugar de aplicación
- Actividad
- Tiempo de ejecución
- Profesional(es) responsable(s) de la elaboración
- Cronograma
- Presupuesto

En el caso de los residuos sólidos convencionales y/o especiales que se generen se reportaran en los informes mensuales a la interventoría y el ICCU.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO

El seguimiento y control deben diseñarse mediante la formulación de actividades e indicadores que permitan evaluar la eficacia, eficiencia y efectividad de los programas y proyectos de manejo ambiental y social. Este proceso debe estructurarse de manera que facilite la verificación del cumplimiento de las medidas de manejo con respecto a los requisitos normativos vigentes.

Se elaborará en forma de fichas, las cuales contendrán la siguiente información:

- Objetivo
- Identificación de aplicabilidad de la ficha por la complejidad del proyecto
- Actividades para el seguimiento y monitoreo
- Periodicidad en la implementación
    - Actividad
    - Momento
    - Indicadores de gestión

- Registro de cumplimiento

## ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO

Para la proyección del presupuesto ambiental se tendrán en cuenta los profesionales requeridos para la implementación del PAGA y de acuerdo con la complejidad del proyecto, la identificación de los impactos a generar y las medidas de manejo se proyectarán los costos ambientales para el cumplimiento de los programas descritos en el manual en su capítulo 4. Medidas de manejo ambiental y social de los proyectos.

- Programa 1: gestión del Proyecto
- Programa 2: manejo de las actividades constructivas
- Programa 3: gestión del recurso hídrico
- Programa de biodiversidad y servicios ecosistémicos
- Programa 5: manejo de instalaciones temporales, de maquinaria y equipos
- Programa 6: gestión social
- Programa 7: comunidades étnicas, preservación del patrimonio y sitios de interés sociocultural
- Programa 8: gestión social de infraestructura, predios y servicios públicos
- Programa 9: accesibilidad
- Programa 10: participación, gobernanza e inclusión social

Los costos de la formulación e implementación del documento PAGA, serán de igual forma regulados por la información contractual que rija el contrato, la estimación de este se realizará acorde a la inversión ambiental, inversión social y la inversión de sostenibilidad estimadas en la propuesta económica (formulario 1) presentada por el contratista. Frente a los costos y presupuestos "PAGA" prevalecerá lo pactado contractualmente.

***COMPONENTE SOCIAL***

## CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

### Tipo de estudio

El presente estudio se enmarca en la investigación aplicada que hace relación a aquel tipo de investigación que "se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica (…). En la investigación aplicada o empírica, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas"[10]. Dicha investigación se fundamentará en la consulta de fuentes secundarias para la recolección de información primaria, que sirvan como medio de verificación de dicha información.

[10] https://metinvestigacion.wordpress.com/

**Tabla 74. Resumen de las vías definidas para la ejecución de Estudios y Diseños**

| No. | Municipio | Vía | Longitud (Km) | Mejoramiento | Rehabilitación |
|---|---|---|---|---|---|
| **TRAMO 1** | | | | | |
| 5 | Chocontá | Vía desde el casco urbano de Chocontá al casco urbano de Cucunubá | 4 | 3,4 | 0,6 |
| 8 | Facatativá | Vía que conecta el cruce con el corredor Bogotá - Fontibón - Facatativá - los Alpes, sector la virgen, hasta la vía Facatativá - el rosal | 3 | 2 | 1 |
| 14 | Guataquí / Jerusalén | Vía desde el casco urbano de Jerusalén al cruce de la vía ruta 45 | 12 | 12 | |
| 15 | Lenguazaque / Villapinzón | Vía desde el casco urbano de Lenguazaque al casco urbano de Villapinzon | 23,4 | 20,4 | 3 |
| 17 | Quipile | Vía que desde el sector tabacal conduce al casco urbano del municipio de Quipile | 5 | 4 | 1 |
| 24 | Supatá | Vía desde el casco urbano del municipio de Supatá al casco urbano del municipio de pacho | 2,1 | 2,1 | |

Fuente. Tomado del anexo técnico

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Técnicas de recolección de información**
**Revisión documental**

La consultoría en su componente social ubicará y revisará información secundaria sobre el área de influencia tanto local como institucionalmente a fin de establecer la caracterización del área de influencia, así como la ubicación de proyectos en el sector que contemplen impactos sobre la población adyacente recurriendo a la recopilación de material informativo de fuentes primarias y secundarias, con lo que será posible realizar un análisis crítico de la información disponible, para realizar hipótesis de los fenómenos sociales y hacer interpretaciones y predicciones de los datos obtenidos, que permita establecer las alternativas en la gestión social durante la futura etapa de construcción.

Se realizará la debida recolección de información, de manera que el consultor recopile las características generales preliminares, para la actuación y estudio de estrategias de conocimiento e integración social orientados hacia el alcance del objetivo general del contrato y basados principalmente en los pliegos de condiciones, lo que será efectuado bajo la dirección y orientación suministrada por el componente social del apoyo a la supervisión y asesoramiento de la Interventoría para garantizar el cumplimento de los objetivos establecidos.

De igual manera, se buscará hacer una Contextualización de información para definir así lo que haría falta para complementar la línea base del componente social para los estudios y diseños, mediante la revisión de documentación existente.

**Levantamiento de información secundaria**

Para la recolección de información secundaría se continuará en la consecución de información social obtenida de diversos entes municipales y todo aquello que haga énfasis en la información acerca de la caracterización involucrando los tramos que determinan el proyecto.

Se consultarán diferentes entidades de orden nacional y municipal, entre las que se encuentran el Departamento Nacional de Estadística (DANE) y base de datos REDATAM/CEPAL, Secretaría Distrital de Planeación, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC), alcaldías municipales, juntas de acción comunal, entre otros.

Se revisarán documentos municipales como planes de desarrollo, boletines económicos y observatorios entre otros estudios, con el fin de generar un archivo de información secundaria lo más reciente y completo posible.

Para complementar la información del área de influencia del proyecto, será necesario determinar el conocimiento del territorio con los actores sociales, por ello, se acudirá a la información que pueda suministrar las juntas de acción comunal, organizaciones sociales, entre otros, para definir temas como la división política y administrativa, identificación de barrios, equipamientos, usos del suelo, aspectos demográficos, principales actividades económicas. Este insumo es pieza fundamental para la estructura del diagnóstico, impactos y demás aspectos propios del componente social.

Se pretende efectuar una revisión de los documentos que dan cuenta de las características de los sectores sociales identificados y una revisión de fuentes secundarias, cuyo fin es verificar y precisar todos los elementos que requieran una delimitación más específica, para ampliar la información o las caracterizaciones sociales previamente efectuadas.

**Recolección de información primaria**

Durante la ejecución del contrato, la consultoría, realizará recorridos de reconocimiento en el área de influencia del proyecto, con el fin de identificar las dinámicas territoriales.

Se generará toma de registro fotográfico de aspectos relevantes y generales, se utilizarán técnicas cualitativas y cuantitativas, como entrevistas informales con la comunidad, visitas a las alcaldías municipales (como se ha

mencionado anteriormente) y demás entidades que puedan dar información importante para la elaboración de los documentos contractuales, así mismo, el diligenciamiento de un instrumento de apoyo, ver *Anexo 1. Formato* , para la identificación de aspectos importantes, en ella se identificarán equipamientos sociales que deberían ser registrados en el directorio institucional como en el diagnóstico y en las fichas de manejo, como posibles puntos de atención a la comunidad, instituciones educativas para centrar los talleres de capacitación, entre otros.

**Anexo 1. Formato identificación y valoración de impactos**

Las técnicas propuestas se describen a continuación:

**Técnicas cualitativas**

**Observación no participante**

- Es una técnica para la recogida de datos sobre comportamiento no verbal.
- Debe tener un propósito específico.
- Debe ser planeada cuidadosa y sistemáticamente.
- Debe llevarse, por escrito, un control cuidadoso de la misma.
- Debe especificarse su duración y frecuencia.
- Debe seguir los principios básicos de confiabilidad y validez (se tendrá en cuenta el Anexo 1. Formato ).

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Observación participante**

Hace referencia a algo más que una mera observación, es decir, implica la intervención directa del observador, de forma que se pueda llegar a interactuar con las personas que viven en el área de estudio y que puedan apartar con su conocimiento.

**Técnicas cuantitativas**

Se realizará el levantamiento de la línea base socioeconómica de las actividades productivas, comerciales y de servicios presentes en el área de influencia directa del proyecto.
Para esta actividad se aplicará una encuesta socioeconómica, instrumento que permitirá caracterizar de manera integral a cada una de las comunidades ubicadas en el área de influencia directa de los segmentos viales.

La información social, económica, administrativa, ambiental, de infraestructura y educativa obtenida permitirá definir con mayor precisión los objetivos y las actividades necesarias para el adecuado cumplimiento de los programas sociales establecidos en el contrato.

Esta actividad se realizará bajo una metodología descriptiva, por cuanto se analizarán datos sustraídos de fuentes primarias y segundarias, para presentar los resultados correspondientes y se formula al final unas conclusiones derivadas de los elementos e información recolectada, relacionada directamente con el área de influencia del proyecto de intervención.

## Metodología de Implementación

Para la construcción del diagnóstico de caracterización socioeconómica para la intervención de la obra se llevará a cabo la siguiente encuesta con los propietarios y o residentes de los predios del área de influencia:

### *Diseño de la encuesta*

La encuesta incluye cinco componentes:

**-Información general:**
Nombre del encuestado
Número de contacto
Correo electrónico
Edad
Genero
**-Diagnóstico socioeconómico**
Nivel educativo más alto alcanzado
Servicios públicos con los que cuenta la vivienda
**-Situación laboral**
Condición laboral actual
Sector económico
Afectación laboral por condiciones previas de vías, espacio público o redes
**-Percepción del proyecto**
Conocimiento del proyecto
Percepción del estado previo de vías y espacio público
Nivel de información recibida
Opinión sobre la intervención
Expectativas
Posibles afectaciones
Nivel de satisfacción con la ejecución
Recomendaciones para mejorar la obra
**-Dinámicas culturales y comunitarias**

Participación en organizaciones
Frecuencia de uso de los espacios
Actividades realizadas en los espacios

**Anexo 2. Encuesta de socioeconómica y cultural**

Para determinar la muestra, se tendrá en cuenta la dinámica de cada tramo y será concertada con la interventoría con el fin de determinar una cantidad significativa y relevante respecto del rango geográfico que abarca el área de influencia directa, la consultoría propone realizar la encuesta a los residentes o propietarios de los predios el mismo día de los recorridos con el fin de tener un mayor porcentaje de participación.

**Procesamiento y análisis de información.**

Se utilizará el método analítico que distingue los elementos de un fenómeno y procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado en la aplicación de la experiencia directa.

A continuación, se describe el procesamiento y análisis de datos para mayor entendimiento del lector.

**Levantamiento de información del área de influencia directa**

Corresponde al espacio geográfico directo y aledaño a la zona de estudio, cuyos impactos por las actividades generadas pueden ser negativos o positivos, teniendo en cuenta el trazado propuesto.

La identificación del área de influencia directa comprende la identificación, descripción y georreferenciación de:

- Barrios colindantes que serán afectadas por el proyecto.
- Las condiciones de legalidad y regularización de los barrios.
- Los equipamientos: comunitarios, sociales, comerciales y culturales.
- Lugares de encuentro y de importancia colectiva: nodos e hitos.
- Principales corredores de movilidad: vehicular, peatonal, bicicleta.
- Actividades económicas desarrolladas por la población.
- Condiciones de seguridad, demografía, entre otros.

**Directorio y mapa de equipamientos y actores sociales (georreferenciados)**
Con el fin de determinar los grupos de interés y actores sociales estratégicos, se determinan las acciones para elaborar y actualizar el directorio y mapa de equipamientos y actores sociales existentes en cada área de

estudio. Se presentarán los planos requeridos en el que se incluirán y referenciarán los equipamientos, organizaciones sociales e institucionales, contendrá las convenciones y contará con la información de cada área de estudio con apoyo de herramientas SIG.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES SOCIALES

Para el componente social desarrollar las actividades propias de la consultoría, anexa el cronograma que esta proyectado con fechas por meses, sin embargo, es importante aclarar que estará sujeto a cambios acorde a la dinámica propia del proyecto.

**Anexo 3. Cronograma de Actividades sociales**

# VOLUMEN XI. GESTIÓN PREDIAL

## GENERALIDADES

### MARCO JURÍDICO

Para la adquisición de predios, la entidad se rige por la legislación existente para la adquisición de predios, en las siguientes normas, sin perjuicio de las normas que sean expedidas durante el transcurso del Contrato, así como por las que las complementen, adicionen o sustituyan:

- Constitución Política
- Código Civil, Código de Procedimiento Civil y Código de Comercio
- Ley de Reforma Urbana o Ley 9a. de 1989
- Ley 80 de 1993
- Ley 105 de 1993
- Ley 160 de 1994
- Decreto 2150 de 1995
- Ley 388 de 1997
- Decreto 1420 de 1998
- Decreto 2181 de 2006
- Ley 1150 de 2007
- Resolución IGAC 620 de 2008
- Ley 1228 del 16 de Julio de 2008
- Decreto 1469 de 2010
- Decreto 2976 de 2010 compilado en el Decreto 1079 de 2015
- Decreto 19 de 2012
- Ley 1561 de 2012
- Ley 1579 de 2012
- Ley 1564 de 2012- Código General del Proceso
- Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo (Ley 1437 de 2011)
- Ley 1508 de 2012

- Ley 1673 de 2013
- Ley 1682 de 2013
- Resolución IGAC 898 y 1044 de 2014 y 316 de 2015
- Resolución 193 de 2014
- Decreto 737 de 2014 compilado en el Decreto 1079 de 2015
- Ley 1742 de 2014
- Decreto 1079 de 2015
- Ley 1753 de 2015
- Ley 1882 de 2018

, o las normas que los modifiquen, adicionen o sustituyan.

## ANÁLISIS DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PREDIAL

Una vez se cuente con el diseño geométrico del proyecto, se superpondrá sobre el corredor vial existente (Levantamiento de cercas) para determinar si existe la necesidad de requerimiento predial, es decir, que se evalué en el informe predial si se deben caracterizar predios desde el punto de vista topográfico, catastral, jurídico. económico y social.

En el evento que no se requieran predios según el diseño y el alcance de las obras, no será necesario realizar el análisis catastral, jurídico, económico y social. No obstante, se demostrará cada situación mediante los siguientes anexos que indica el anexo técnico:

- La Superposición del diseño geométrico con el corredor vial existente, en una base cartográfica en formatos Geodatabase o shape, en formato dwg y pdf, permitiendo observar el NO REQUERIMIENTO predial en el proyecto. Es fundamental validar la información con base en el levantamiento topográfico del corredor vial.

- En caso de contar con información predial secundaria obtenida de la base catastral IGAC, Agencia Catastral de Cundinamarca o de cualquier gestor catastral, se anexará la base cartográfica para reforzar la evidencia de NO REQUERIMIENTO predial en el proyecto. Es fundamental validar la información con base al levantamiento topográfico del corredor vial existente, por lo cual se determinará que en el levantamiento se tomen las cercas frontales de los predios.

### Levantamiento Topográfico

Se obtendrá el levantamiento topográfico previo en donde se detallen la línea de paramento o lindero del predio, bordes de vía, sardineles, líneas de alta tensión, postes, información vial, cercas, canales, árboles, cuerpos de agua, servidumbres, etc. y el diseño resultante de la vía, con sus áreas de reservas viales peatonales para proceder a hacer el levantamiento interno de los predios afectados por el trazado. El objetivo de este levantamiento es determinar con detalle las áreas aledañas y/o requeridas por el trazado (diseño geométrico) de cada subsector vial modificado, y las características y estado de la construcción en el interior del predio, tipo de material de construcción, uso del predio, índices de ocupación y construcción aplicable a los predios seleccionados. Área total y detalle de las áreas construidas y libres.

Se realizarán visitas en cada predio (previa programación y coordinación del especialista y equipo predial), con los propietarios o poseedores. En esta visita brindará información clara y veraz sobre el proyecto, objetivo del levantamiento topográfico y caracterización predial, contenido de las mismas, la identificación del equipo de

trabajo y solicitará la colaboración y apoyo para el acceso al predio, las mediciones y tomas fotográficas que serán pertinentes; en todo caso, la información que suministre el equipo predial será exclusivamente sobre el alcance de su trabajo.

En campo, se informará a las autoridades municipales y locales, sobre los alcances de su trabajo respecto de la consultoría e igualmente generará las estrategias pertinentes para informar a la comunidad sobre el desarrollo de las visitas (fecha y hora aproximada) con el fin de asegurar la presencia de propietarios y generar el menor impacto posible.

Se presentará igualmente un informe de poligonales que contenga:

a. Carteras de campo
b. Certificaciones de coordenadas IGAC
c. Esquema de poligonales
d. Memorias de cálculo y ajuste de la poligonal
e. Listado de coordenadas ajustadas
f. Registro Fotográfico de los mojones de referencia a los cuales se amarró el levantamiento topográfico
g. Descripción en formato INVIAS de los puntos materializados y de las Referencias

## PLANO GENERAL DE PREDIOS

Una vez confirmado la necesidad de requerimiento predial y obtenido el levantamiento topográfico de los predios, corredor vial y diseños del proyecto, que son la base para la elaboración del Plano General de Predios, se definirán los anchos mínimos de la vía, por lo que se tendrá en cuenta lo establecido en la Ley 1228 del 16 de Julio del 2008, de conformidad con los diseños y el alcance físico de la obra, que en este caso se indica que serán mejoramientos o rehabilitaciones ,razón por la cual se aplicará lo expresado en el decreto 2976 de 2010 en su Artículo 6°:" *Adquisición de zonas requeridas para ejecución de proyectos de infraestructura. Para los efectos de lo previsto en el Artículo Tercero de la Ley1228 de 2008, en cuanto a declaración de interés público de las Fajas de Retiro Obligatorio, las Entidades Adscritas al Ministerio de Transporte que tengan la función de Administrar la Red Vial Nacional, los Departamentos, los Distritos Especiales y los Municipios cuando requieran adelantar obras destinadas al mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación, realizarán la adquisición únicamente de las zonas de terreno que se requieran de conformidad con los estudios, diseños y/o necesidades técnicas para adelantar la ejecución de las obras públicas, garantizando condiciones de seguridad y operación de la vía*".

A través del plano general de predios se representará el área de cada una de las zonas de terreno aledañas a la vía o requeridas, con respecto al diseño geométrico de la vía, representando los predios requeridos, incluyendo linderos y numeración general de los mismos.

Se tendrá en cuenta en su elaboración, a través del sistema de información geográfica SIG, todas las consideraciones técnicas para la elaboración de planos de acuerdo con la normatividad exigida por el Instituto de acuerdo a la ordenanza número 0281 de 2015, **MANUAL DE LINEAMIENTOS DE CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, 2015**, o las normas que los modifiquen, adicionen o sustituyan.

El consultor deberá basarse en los diseños, alcances y las prioridades establecidas por la entidad en estos términos. No obstante, a lo anterior, el plano general de predios deberá entregarse en formato DWG, PDF y el SIG en formato Geodatabase o shapefiles.

Para el levantamiento de áreas requeridas que harán parte del **plano general de predios** se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- El plano predial debe diferenciar corredores viales existentes con la vía y la vía proyectada.
- Las medidas se darán en número entero y dos decimales. Para predios rurales y suelos de protección en hectáreas (Has.) y metros cuadrados (m2); para áreas urbanas, suburbanas, o de expansión urbana en metros cuadrados (m2).
- El plano general de predios deberá establecerse en sistema de coordenadas planas
- denominado MAGNA-SIRGAS, origen nacional.
- El plano en su totalidad deberá ir acotado y con los PR's entre los cuales se ubiquen los predios requeridos con referencia al eje de la vía proyectada.
- Las convenciones deben definir claramente cada una de las variables que contenga el plano y dibujadas a color, como son: eje definitivo, vía actual, construcciones, linderos, cercas, árboles, accidentes geográficos, etc.
- El área total del predio es referente a la extensión total del predio completo según documentos legales.
- El área requerida del predio es aquella afectada por las obras necesarias para la ejecución del proyecto y que se encuentren por fuera del derecho de vía. Cada unidad predial deberá identificarse a través de una numeración en forma ascendente, ejemplo: 001, 002, indicando con I: izquierda o D: derecha, dependiendo su ubicación en sentido ascendente con respecto al abscisado de la calzada proyectada.
- El área sobrante susceptible de adquisición: áreas que, por la forma, el tamaño o el uso y que no puedan ser desarrolladas por el propietario, deberán ser levantadas en su totalidad, y se incluirán en el plano general de predios. Previo a la determinación de estas áreas, para su aprobación deberá contarse con la aprobación del Interventor o supervisor de la consultoría.
- Las construcciones deben determinarse como áreas cubiertas en metros cuadrados y estarán clasificadas así: vivienda (casas), comercio (locales), institucionales (escuelas), o industria (bodegas). Las construcciones afectadas parcial o totalmente se deben levantar en su totalidad, también deberán estar registradas dentro del campo de construcciones requeridas (**sábana predial**).
- El área construida es aquella afectada, total o parcialmente, por el proyecto, hace referencia al área total cubierta y únicamente a viviendas (casas), comercio (oficinas, locales), institucionales (escuelas), o industria (bodegas).
- Las enramadas, cobertizos, corredores cubiertos y similares no se consideran como construcciones sino como mejoras. Se incluirán las cercas, instalaciones varias, redes de servicios, acometidas, parqueaderos, pozos sépticos, mejoras piscícolas, jagüeyes, cocheras o marraneras, establos, silos, beneficiaderos, hornos, zonas duras, etc. Cualquier tipo de mejora que está dentro del área requerida.
- Se medirán y cuantificarán las áreas ocupadas por cultivos permanentes, semipermanentes, y plantaciones, indicando tipo, densidad, la unidad de medida o cantidad, dependiendo de la especie y su edad.
- El área requerida debidamente resaltada, subrayada o demarcada.
- El plano deberá acotarse, debe contener los predios circundantes al área requerida con el nombre de los propietarios, de tal forma que facilite la identificación de los linderos.
- El área de rotulo debe contener la información básica del proyecto, entre otras características principales:

a. Entidad Contratante. (ICCU)
b. Sistemas de coordenadas.
c. Nombre del Proyecto, Contrato.
d. Consultor que lleva a cabo el trabajo de predios.
e. Fecha de realización del plano general de predios.
f. Escala numérica y gráfica utilizada.
g. Nombre, Firma y Matricula profesional del Ingeniero o Topógrafo responsable.
h. Sin perjuicio, de las demás que se consideren convenientes.

**Situaciones Particulares**

- Para el caso de los minifundios (menos de una hectárea) se levantará el área total del predio. Cuando por razones del proyecto queden pequeñas áreas no afectadas y fragmentadas de la totalidad del predio, se levantará la información topográfica de dichas áreas.
- Para aquellos predios que se encuentren fuera del corredor vial proyectado y en los que el diseño considere taludes de corte iguales o superiores a 5 m. Y que posean infraestructura ubicada a una distancia menor o igual a 20 m., del borde del talud, se deberá reportar en la sábana predial y en el plano general de predios.
- Cuando en un mismo predio, el terreno pertenece a un propietario y las construcciones, mejoras y cultivos a otro diferente, se registrará esta información dentro del formato de la sábana predial.
- Cuando se presenten dos o más cultivos en la zona afectada de un predio, se discriminarán las diferentes áreas para cada uno de los cultivos. En el caso que se encuentren cultivos y formen parte de la zona de influencia de la vivienda rural, y estos no sean afectados, pero la vivienda sea requerida, deberán aparecer medidos en el plano general de predios, ya que se considera que estos cultivos forman parte de la huerta casera que genera sustento a la familia: cultivos de pan coger. También se consideran dentro de esta clasificación: frutales (unidades), cultivos de pan coger (unidades o metros cuadrados), etc.
- En los casos donde las construcciones o mejoras se encuentren total o parcialmente sobre el derecho de vía, en esta área se registrarán solamente las construcciones, viviendas, mejoras y/o cultivos existentes, sin incluir el terreno.
- Si el predio es colindante con ríos, quebradas o cualquier cuerpo de agua se tendrá en cuenta la ronda de río, para el respectivo avalúo posterior. De todas maneras, en alguna parte del plano predial se debe anotar el área de la ronda de río que será afectada por el proyecto. Para tal fin se debe consultar la normatividad establecida en el Código de Recursos Naturales (Decreto – Ley 2811 de 1974) y la normatividad específica para el municipio, definida en el Plan de Ordenamiento Territorial.

## ANÁLISIS COMPONENTE CATASTRAL PREDIAL

Se realizará la investigación y la obtención de documentos catastrales para los predios requeridos conforme a la jurisdicción respectiva de los gestores catastrales (IGAC, ACC, municipios, etc.) así como documentación relevante en las oficinas de planeación municipal.

Se solicitará copia de las planchas catastrales para superponer con los planos de predios que se afectan o no con el proyecto, indagar el estado de actualización de la información catastral y de registro para aquellos predios afectados. Consultar y analizar los registros 1 y 2 para establecer la afectación real de los predios, así como posibles cambios que pudieran presentarse por la dinámica de la zona (englobes y desenglobes).

Los documentos mínimos por recolectar y que deberán aportarse como anexo para los predios que resultan tener algún requerimiento, son los siguientes:

- Certificado catastral especial con plano predial, expedido por la entidad competente.
- Planos de conjunto con numeración de manzanas catastrales (zonas urbanas) y de planchas catastrales (zonas rurales) catastral donde se encuentran ubicados los predios a afectar o no.
- Registros 1 y 2 de cada propiedad o mejora identificada.
- Copia de impuesto predial o documento que se pueda apreciar el valor del avalúo catastral al momento de la investigación.
- Información sobre licencias urbanísticas (urbanización, parcelación, subdivisión, construcción, intervención y ocupación del espacio público) y planes parciales en los predios o que afecten los predios contenidos en la sábana predial.
- Información de planeación y usos del suelo, permitidos y potenciales, de las áreas requeridas por el Proyecto, de conformidad con los vigentes Planes de Ordenamiento Territorial (POT, PBOT, EOT) de los municipios. Por ende, en la sábana predial deberá identificarse el uso actual (urbano, rural, expansión urbana) y las restricciones normativas a las que están sometidos los predios requeridos.

Nota 1: Para los predios adyacentes al proyecto y que sobre ellos no exista requerimiento predial, no se deberá adquirir la documentación anterior. Para este caso, tal como se informó en capítulos anteriores, únicamente se registrará en el plano general de predios la información (si se tiene) jurídica y catastral básica de estos a partir de información primaria y/o secundaria.

Nota 2: Se consignará en el informe el (los) nombre (s) y matrícula (s) profesional (es) del (los) profesional (es) avaluador (es) responsables de la estimación del costo predial del proyecto.

## ANÁLISIS COMPONENTE JURÍDICO PREDIAL

Se revisará la información jurídica de los predios y validar y/o complementar la documentación legal que haya sido suministrada por los propietarios, para lo cual deberá obtener los certificados de tradición y libertad, escrituras públicas, resoluciones de adjudicación, sentencias y otros documentos que sea posible obtener para determinar la titularidad de los predios, es decir quién es el propietario del bien a quien debe destinarse la Oferta Formal de Compra, analizando en cada predio una tradición mínima a 20 años, que podrá extenderse en aquellos casos donde no pueda verificarse la titularidad de la propiedad, así como el estado de los derechos reales que sobre éste recaen y de la existencia de gravámenes que puedan afectar a los mismos.

El objetivo del análisis es identificar situaciones de sucesiones, embargos, hipotecas, extinciones de dominio, restitución de tierras o cualquier limitación del dominio que impida la enajenación voluntaria del predio y obligue al desarrollo del proceso de expropiación judicial o administrativa.

Se identificarán los predios baldíos, es decir, aquellos que según la base de datos catastral no cuentan con antecedente registral y que, según investigación en campo con el propietario, no sea posible identificar el folio de matrícula inmobiliaria. Asimismo, se deberá reportar si la información catastral obtenida en capítulos anteriores tiene diferencias o inconsistencias respecto a la información jurídica.

De igual manera, se indagará sobre la existencia de procesos administrativos y/o judiciales de restitución. Asimismo, deberá indagar sobre la existencia de medidas de protección inscritas por la vía individual o colectiva favor del propietario que no hayan sido levantadas, en virtud de lo previsto al efecto por la Ley 387 de 1997 y del Decreto número 2007 de 2001.

De ser el caso, el análisis jurídico identificará la posibilidad de efectuar saneamiento automático, en los casos que aplique, conforme a lo estipulado en el artículo 21 de la Ley 1682 de 2013 y su Decreto reglamentario 737 de 2014 compilado en el Decreto 1079 de 2015.

Asimismo, identificaremos al poseedor regular inscrito y los procedimientos o recomendaciones que resulten aplicables.

**Nota**: el análisis jurídico a los predios requeridos será realizado por la profesional en derecho con la idoneidad y experiencia necesaria para realizar correctamente los insumos. solicitados por la entidad, como lo demuestra su hoja de vida, quien suscribirá su nombre y matrícula profesional como abogado responsable del análisis.

Como anexos al informe, se incluirá:

- Escrituras públicas y/o cualquier otro título que soporte la tradición de cada predio requerido como mínimo en los últimos veinte (20) años que podrá extenderse en aquellos casos donde no pueda verificarse la titularidad de la propiedad.
- Escrituras públicas y/o cualquier otro documento en los que registre cualquier afectación o gravamen vigente al Predio.
- Fotocopia de la cédula de ciudadanía del titular de dominio y/o poseedor inscrito cuando su obtención sea posible (personas naturales), en todo caso se deberá aportar el certificado de existencia y representación legal cuando se trate de una persona jurídica.
- Folio de matrícula inmobiliaria de fecha no superior a tres (3) meses para la elaboración del análisis jurídico.
- Resoluciones de adjudicación de Baldíos y Ejidos expedida por el INCODER, INCORA, Agencia Nacional de Tierras (ANT) o quien haga sus veces, o los respectivos municipios.
- Sentencias contentivas de procesos declarativos de Pertenencia, protocolización de juicios de sucesión y demás pronunciamientos judiciales relativos a la titulación de inmuebles.
- Verificación en cuanto la existencia de procesos de extinción de dominio sobre el predio.
- Verificación en cuanto a la inclusión del predio en el Registro de Tierras despojadas y abandonadas forzosamente.
- Verificación de existencia de procesos judiciales de restitución.
- Verificación de existencia de medidas de protección inscritas por la vía individual o colectiva a favor del propietario.

## ANÁLISIS ESTIMACIÓN COSTO PREDIAL

Se determinará el valor de la adquisición predial, teniendo en cuenta la siguiente información y aportando los siguientes anexos:

- Los estudios de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas que adelante el consultor, teniendo en cuenta las metodologías existentes en las normas que rigen la materia.

- Los avalúos comerciales de referencia para los predios que se determinen en cada una de las zonas homogéneas físicas y geoeconómicas, conforme a la normatividad y reglamentación vigente.
- Estimación del plan de compensaciones socioeconómicas, según la resolución 434 de 2023 (Ver volumen Gestión ambiental y social del proyecto)
- Estimación del componente indemnizatorio (daño emergente y lucro cesante) según la Resolución IGAC 898 y 1044 de 2014 y 316 de 2015.
- RAA de los profesionales avaluadores que intervengan en la estimación del costo predial.

Para cada predio, de manera sectorizada y siguiendo la normatividad vigente establecida para tal efecto, se determinará el valor del terreno, las construcciones, las construcciones anexas, las especies vegetales, los cultivos y las demás mejoras existentes en el predio, del plan de compensaciones socioeconómicas y del daño emergente y lucro cesante, con el objetivo de estimar el COSTO PREDIAL TOTAL del proyecto. Esta información también será parte de la sábana predial que deberá ser aportada por el Consultor.

Nota 1: se realizarán los distintos componentes valuatorios, cuenten con las distintas categorías de RAA aplicables al proyecto, ejemplo: urbano, rural, intangibles especiales (Daño emergente y lucro cesante) de conformidad con el Decreto 556 de 2014.

Nota 2: Se consignará en el informe el (los) nombre (s) y matrícula (s) profesional (es) del (los) profesional (es) avaluador (es) responsables de la estimación del costo predial del proyecto.

## PRODUCTOS ENTREGABLES

Se entregará como parte del presente estudio, la siguiente información en carpetas separadas:

- INFORME GENERAL VOLUMEN PREDIAL

Incluye el análisis de todos los componentes descritos y ampliamente explicados en el presente volumen. Formato PDF.

- LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Incluye los siguientes anexos en formato digital y extensiones según corresponda:

- Carteras de campo
- Certificaciones de coordenadas IGAC
- Esquema de poligonales
- Memorias de cálculo y ajuste de la poligonal
- Listado de coordenadas ajustadas
- Registro Fotográfico de los mojones de referencia a los cuales se amarró el levantamiento topográfico.
- Descripción en formato INVIAS de los puntos materializados y de las Referencias.

- SÁBANA PREDIAL (INVENTARIO PREDIAL)

Esta incluye el listado de los predios afectados con su respectivo número de la ficha predial, nombre del propietario o del poseedor, PR o KM entre los cuales se ubica el predio, número catastral nacional , número de escritura, sentencia o resolución de adjudicación, fecha del documento, notaría, ciudad de notaría, folio de matrícula inmobiliaria, fecha de expedición de la matrícula, información técnica: área total del terreno por títulos,

área requerida, áreas de construcción requerida, uso del suelo, estimaciones: valor terreno, valor construcción, valor mejoras, valor especies, observaciones, en archivo magnético PDF y XLSX. El formato para la relación de predios será estructurado por el consultor y aprobado por la interventoría.

- PLANO GENERAL DE PREDIOS

Este incluye todos los niveles (Layer o Capas) que cumplan con las especificaciones técnicas solicitadas en el capítulo correspondiente.
La información se entregará en medio magnético, se entregará una (1) copia en C.D en extensión DWG, PDF y el SIG en formato Geodatabase o shapefiles.

- REGISTRO FOTOGRÁFICO

Se tomarán los siguientes registros fotográficos: a) Vista general del predio respecto de la vía: a) panorámica o zona de estudio, b) vista exterior e interior de la construcción, c) registro fotográfico de todas las mejoras existentes dentro de la zona requerida, d) para los cultivos se tomará un registro que permita apreciar la condición de los mismos. Los registros fotográficos deben contener la fecha de toma y una descripción. Las tomas fotográficas se requieren en formato JPG.

- MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

El volumen se acompañará con el manual de responsabilidad de los profesionales que intervinieron en el volumen, el cual será actualizado en cada versión. Se adjuntará copia de las matrículas profesionales de los especialistas.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## VOLUMEN XII. ESTUDIO DE CANTIDADES DE OBRA, ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO PARA LA ESTRUCTURACIÓN DEL PLIEGO DE CONDICIONES

### METODOLOGÍA

El objetivo principal de este volumen es la determinación de los costos de construcción, e interventoría de los tramos viales, para ello, se considerarán los diferentes ítems y cantidades de obra definidos por todas las especialidades involucradas en los estudios definitivos, con el fin de obtener una estructura de costos clara y detallada para la etapa de construcción del proyecto. Esta estructura se presentará de acuerdo con un cronograma que garantice un proceso eficiente de construcción en el menor tiempo posible, identificando la ruta crítica y las holguras de tiempo.

La metodología se estructura en las siguientes fases interconectadas, diseñadas para asegurar la precisión y coherencia de la información económica del proyecto, hasta la aprobación final.

## Cantidades de obra

Las cantidades de obra para cada ítem se calcularán con base en los planos de construcción, teniendo en cuenta las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS, vigentes a la fecha de realización del estudio.

Se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Las cantidades de obra se cuantificarán ítem por ítem de acuerdo con las normas anteriormente mencionadas; así mismo, se presentará una memoria de cálculo de dichas cantidades. Además se incluirán esquemas que permitan identificar de donde se obtiene dicha cantidad.
- Se elaborarán especificaciones particulares para aquellos trabajos que no estén cubiertos por las especificaciones y normas generales, o cuando las características especiales de la obra requieran su modificación. Las especificaciones particulares incluirán, además, criterios ambientales y de aceptación/rechazo.
- Las Especificaciones Particulares se identificarán con el número del ítem de la Especificación General de la cual se derivan seguido de la letra P que modifica parcial o totalmente la Especificación General.
- Se clasificarán los ítems de obra por Grandes Partidas de Pago como se describe a continuación:

Preliminares (PR).

Excavaciones y Explanación (E).

Obras de drenajes (OD).

Estructura de Pavimento (P).

Conservación.

Obras Varias (COV).

Otros según se defina en los diseños.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## Especificaciones de construcción

### Especificaciones generales

Se tendrá en cuenta todo lo estipulado en las "Especificaciones Generales de Construcción", vigentes del INVIAS, siguiendo su estructura de capítulos y subcapítulos.

### Especificaciones particulares

Serán los correspondientes a trabajos no cubiertos por las Especificaciones Generales, las cuales complementan, sustituyen o modifican las Especificaciones Generales.

Las Especificaciones Particulares se identificarán con el número del ítem, la Especificación General de la cual se derivan seguido de la letra P que modifica parcial o totalmente la La estructura de la especificación General contendrá como mínimo:

- Descripción: Relacionando el conjunto de operaciones por realizar y sus límites.
- Clasificación: Algunos trabajos pueden ser clasificados, ya sea por sectores, por características del trabajo o por características de los materiales, o condiciones especiales de la zona donde se desarrollan.
- Materiales: Se indicarán los diferentes materiales y las características, calidades y ensayos que se deben cumplir.
- Equipo: Relación del equipo mínimo y adecuado para ejecutar la actividad especial o particular.
- Procedimiento de construcción: Descripción de un procedimiento apropiado en concordancia con una secuencia. Algunas veces no se incorpora esta información por considerar que el constructor conoce las prácticas correspondientes de construcción, sin embargo, se anexaran:
- Control y tolerancia: Valores admisibles para aceptación de una labor en cuanto a espesores, cotas, pendientes, etc.
- Medida: Determinación de la unidad de medida y la forma de su cuantificación y aproximación.
- Pago: Diferentes aspectos cuyo costo se tendrá en cuenta en la elaboración del precio unitario de acuerdo con la labor realizada.
- Ítem de pago: Descripción del tipo de obra a ejecutar según la unidad de medida especificada.

Cuando la Especificación Particular modifique la Especificación General, el texto de la especificación particular corresponderá al numeral complementado o modificado.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Análisis de precios unitarios**

En la elaboración de los Análisis de Precios Unitarios se tendrá en cuenta los siguientes

aspectos:

- Las condiciones de ejecución de acuerdo con los ítems de pago de las Especificaciones
- Generales de Construcción establecidas por INVIAS y las Especificaciones Particulares definidas en el estudio.
- Las condiciones de la región en cuanto al acceso, recursos, insumos, combustibles, disponibilidad de mano de obra, materiales de construcción, equipos y demás aspectos que puedan influir en el costo final de los precios unitarios.
- Condiciones que afectan los rendimientos, como los factores de humedad, altura sobre el nivel del mar, que inciden en el cálculo del costo de los equipos y por ende en el precio unitario.
- La unidad de medida para pago estará de acuerdo con la especificación correspondiente.
- Las tarifas horarias de los equipos serán analizadas teniendo en cuenta el operador y el ayudante.

- Los precios de los materiales corresponderán a valores actualizados. Se relacionarán las cantidades requeridas para ejecutar cada ítem, según su unidad de medida incluyendo desperdicios y los materiales o elementos auxiliares y/o adicionales transitorios (formaletas, cimbras, vigas de lanzamiento.)
- Para la determinación de los Precios Unitarios de m3 de los materiales para la estructura de pavimento como subbase, base y mezcla asfáltica, se considerarán cuantificándolos en su posición definitiva y se reconocerá el transporte desde la Fuente de Material o Planta de Producción hasta el sitio de la colocación por m3-Km., siendo este m3 compacto.
- En la mano de obra se considerarán los jornales de las cuadrillas de obreros y de personal especializado teniendo en cuenta el jornal básico o el vigente en la región, afectado del porcentaje de prestaciones sociales de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
- Los rendimientos establecidos para equipos y personal serán el resultado de un estudio cuidadoso de las condiciones del proyecto.
- Tanto la calidad, como la dosificación de los materiales corresponderán a las exigencias de las Especificaciones establecidas (Generales y Particulares).
- Se incluirá un anexo que contenga: Relación de materiales por emplear en el proyecto con el cálculo de los consumos. Se presentarán las cotizaciones que se emplearon en la elaboración de los análisis.
- Análisis de las tarifas horarias y estudio de rendimientos y ciclos del equipo que se empleará.
- Análisis de cuadrillas, rendimientos y cálculo del factor prestacional.
- Para la realización de los análisis de precios unitarios (APU) se tendrán en cuenta las condiciones geográficas, las fuentes de materiales, el recurso de la mano de obra de cada sector vial, por lo que es posible que los precios unitarios para un mismo ítem de pago puedan variar entre sectores y/o tramos viales considerados en el estudio.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Cálculo de los análisis de precios unitarios (A.P.U)**

**Cálculo del costo de los Materiales**

- **Precios**

Los precios de los materiales estarán respaldados por mínimo dos cotizaciones de los proveedores del insumo. En el precio se incluirá el IVA y el valor del flete para llevarlo al sitio de la obra, y si aplica el valor del almacenamiento espacial que se requiera.

Las cotizaciones se incluirán como un anexo al informe de los A.P.U.

Si los materiales son producidos en la obra se incluirán el análisis que soporte el cálculo del precio del insumo. Estos precios se compararán con los correspondientes mencionadas en la cartilla de precios ICCU vigente.

- **Cantidad**

Se calculará la cantidad del material que se va a consumir, para producir una unidad del ítem que se está analizando, e incluir los posibles desperdicios que se puedan presentar, este cálculo se incluirá en una memoria que acompañara los A.P.U.

En el caso de los materiales granulares se incluirá también el factor de compactación del material, normalmente este factor varía entre 1.15 y 1.3.

En el caso de las mezclas de concreto asfáltico o hidráulico, si no se incluye la cotización del suministro del material, se hará el respectivo análisis auxiliar, en este caso las cantidades serán las dosificaciones utilizadas. Estas cantidades se compararán con los

correspondientes mencionadas en la cartilla de precios ICCU vigente.

- **Valor de los materiales**

El valor de los materiales es el costo del material, multiplicado por la cantidad que se requiere para producir una unidad del ítem que se analiza.

**Cálculo del costo de la mano de obra**

La mano de obra que se considera en el A.P.U., es la que se emplea directamente en la

ejecución de la actividad, los ingenieros y el personal administrativo de la obra se incluyen en el análisis de A.I.U.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- **Costo de la mano de obra:**

En primer lugar, se determinará la escala salarial que se pagará en la obra, normalmente se define clasificando el personal en maestros, oficiales y ayudantes y asignando el salario a cada uno de ellos, de acuerdo con los precios del mercado.

Adicionalmente, se hará una composición del costo del jornal de la mano de obra, considerando las horas ordinarias y nocturnas, de acuerdo con la jornada que se tenga prevista para ejecutar la obra, definida en el programa de trabajo. Las horas extras y el costo de los festivos se incluirán en el cálculo del factor prestacional.

- **Análisis de cuadrillas – Rendimientos**

Se conformarán cuadrillas, para cada trabajo, combinando la cantidad de maestros-oficiales-obreros que se requieran para la actividad, calculando el jornal (costo diario) de la cuadrilla.

Una vez se tienen conformadas las cuadrillas, se asignarán a las actividades y determinarán el rendimiento de las mismas.

El rendimiento, es la cantidad de unidades del ítem que se analiza, que la cuadrilla produce en una jornada de trabajo.

La estimación del rendimiento depende de las condiciones del trabajo que realiza la cuadrilla, coincidirá con las suposiciones utilizadas para elaborar el programa de construcción.

- **Valor de la mano de obra**

El valor de la mano de obra es el costo de la mano de obra dividido entre el rendimiento de la cuadrilla para producir una unidad del ítem analizado.

**Cálculo del costo del equipo**

La elección del tipo y tamaño de los equipos corresponderá con la tarea que se va a realizar y estar acorde con el plan de obra que se incluye en el programa de trabajo.

- **Tarifa horaria del equipo.**

En el caso del equipo, si se tienen las cotizaciones de alquiler este es el precio que se usará, incluyendo el IVA si aplica. Los precios de los equipos estarán respaldados por mínimo dos cotizaciones de los proveedores del insumo. En el precio se incluirá el IVA y el valor del transporte para llevarlo al sitio de la obra, y si aplica el valor del parqueo que se requiera.
Las cotizaciones del alquiler de los equipos se anexarán al informe de los A.P.U.

Estas tarifas se compararán con las correspondientes mencionadas en la cartilla de precios ICCU vigente.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

- **Rendimiento del equipo.**

El rendimiento es la cantidad de unidades del ítem analizado que el equipo produce en una hora.

Para la estimación del rendimiento del equipo, se partirá del manual del fabricante del equipo, sin embargo, se considerarán las reducciones por la disponibilidad del equipo y las condiciones particulares de trabajo.

Además, se calcularán los ciclos de producción, que normalmente incluyen varios equipos diferentes que se complementan en la ejecución de un grupo de ítems en particular, y condicionan sus rendimientos simultáneamente.

Estos ciclos de producción no solo sirven para estimar el precio unitario, sino también para elaborar el programa de obra y estimar el tamaño de la flota que se requiere para el proyecto.

Como anexo a los A.P.U. se dejará una memoria del cálculo del rendimiento del equipo y de todos los ciclos de producción.

- **Valor del equipo.**

El valor del equipo es el costo horario de este, dividido entre el rendimiento que se calculó para el ítem analizado.

**Valor del transporte o acarreo**

El costo del acarreo es un caso particular del equipo, en el que se estima el costo del transporte por metro cúbico por kilómetro, o por tonelada/kilómetro.

El valor del acarreo es el que resulta de multiplicar el costo por unidad de longitud por la distancia promedio que hay que acarrearla para producir una unidad del ítem analizado. Estas tarifas se compararán con los correspondientes mencionadas en la cartilla de precios ICCU vigente.

**Cálculo del A.P.U.**

Para todos los componentes del A.P.U., materiales, mano de obra, equipo y acarreos se hace el respectivo análisis y luego se suman para determinar el valor del costo directo de la actividad. El valor obtenido en el costo directo del APU será redondeado a la unidad de peso, (sin centavos). El formato para este cálculo será el suministrado por la entidad.

Nota: la metodología anteriormente descrita aplicará para los APUs realizados por la consultoría. No obstante, para las actividades que se enmarquen en la cartilla de precios del ICCU en primera medida serán tenidos en cuenta los APUs del ICCU vigentes a la fecha de entrega de los productos de consultoría.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

**Presupuesto**

Con los precios unitarios de cada ítem y las respectivas cantidades de obra, se determinará el Presupuesto Básico de la obra en pesos colombianos, a la fecha de presentación del estudio.

Se agruparán de acuerdo con los Capítulos de las Especificaciones. Los códigos de los ítems, sus unidades y descripción corresponderán también con las especificaciones.

El valor de cada actividad se determina con la operación matemática de multiplicar la cantidad de obra de la respectiva actividad por su valor unitario, este valor se redondeará a la unidad del peso. (sin centavos). La suma de estas actividades dará como resultado el valor del presupuesto básico o costo directo.

Al valor obtenido de la administración, utilidad e imprevistos será redondeado a la unidad del peso. (sin centavos).

El total del presupuesto será la suma del Presupuesto Básico o costo directo más el valor correspondiente al A.I.U. calculado para el proyecto.

El presupuesto oficial total, será la suma de los presupuestos obtenidos de cada tramo para cada grupo.

El valor del presupuesto de cada grupo será la suma de los presupuestos de cada sector perteneciente al tramo vial de cada grupo.

El presupuesto de cada tramo corresponderá a la suma de los presupuestos de cada sector vial que lo integra.

La suma de las actividades a desarrollar en el sector dará como resultado el presupuesto del respectivo sector vial.
Será la suma del Presupuesto Básico o costo directo más el valor correspondiente al A.I.U. calculado para el proyecto, como se indica a continuación.

Nota 1: Todas las actividades definidas contarán con su correspondiente APU.

Nota 2: No se definirán valores globales en el presupuesto y cada precio definido contará con una discriminación detallada de donde se obtiene el valor.

**Cálculo del A.I.U.**

Ser presentará el análisis de los costos de administración, imprevistos y utilidad y establecerá estos costos indirectos que tendrán en cuenta las condiciones de la zona, la localización de la obra (sector vial) con respecto a los centros de producción y abastecimiento y la organización misma de los trabajos.

Estos costos se presentarán discriminando los gastos administrativos generales de la empresa, todos los demás costos indirectos y un estimativo de acuerdo con el tipo de proyecto de unos imprevistos y la utilidad esperada.

Para el logro de este propósito:

• Se definirá la estructura administrativa que requerirá el constructor del proyecto en cada uno de los sectores.

• La calidad de las instalaciones requeridas para la obra.

• El monto de las pólizas de seguros contractuales y no contractuales.

• Se considerará de acuerdo con un planteamiento de Flujo de Fondos los Costos Financieros.

• Se valorarán los impuestos según las normas impositivas de acuerdo con la categoría de la empresa que requiere el proyecto y el valor de la utilidad esperada.

• Se presentará un análisis del valor de los imprevistos del Constructor, (según nivel de estudios, complejidad del proyecto, conocimiento de la región y su gente, rigor climatológico, etc.).

• La estimación de la utilidad corresponderá a la utilidad promedio de las empresas constructoras, calculada a partir de los Estados Financieros que se consultan en la Superintendencia de Sociedades o en balances presentados en Cámaras de Comercio.

Para el cálculo del AIU se usará un proceso interactivo donde inicialmente se llegará a un valor porcentual de la administración con respecto a los Costos Directos (Valor Básico del Presupuesto) para luego sumarle los valores porcentuales de los imprevistos y la utilidad.

Nota 1: No se definirán valores globales en el presupuesto y cada precio definido contará con una discriminación detallada de donde se obtiene el valor.

Nota 2: Se tendrá como referencia las recomendaciones de las entidades nacionales que puedan dar una guía de los elementos que componen el AIU como la Cámara Colombiana de la Infraestructura – CCI, INVIAS y demás que se consideren adecuadas.

**Método para el Cálculo del A.I.U.**

- **Definiciones:**

• Costos Directos (CD):
Es el costo de ejecutar la obra, comprende únicamente los materiales, mano de obra, transportes y equipo.

• Gastos generales (GG):
Son los gastos administrativos, de infraestructura y logísticos en que se incurre para la ejecución del contrato. Para determinarlos no se requiere conocer el precio de venta.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

• Factor de administración (FA):
Es la relación existente entre los gastos generales y los costos directos.

• Entrega de material (EM):
Es el costo de ejecutar la obra, sin considerar los costos porcentuales. Se obtiene de sumar los costos directos con los gastos generales. Muestra el costo de entregar la obra al dueño, sin considerar los costos porcentuales.

• Factor porcentual (FP):
Es el factor por el que hay que multiplicar el precio de venta para obtener los costos porcentuales. Es la suma de todos los valores expresados como porcentaje del precio de venta, como: pólizas, impuestos, imprevistos, utilidad, etc.
Es posible que en algunos casos el valor de las pólizas se pueda determinar sin conocer el precio de venta, por lo que pasarían a ser un gasto general.

• Costos Porcentuales (CP):
Son los costos que se generan como un porcentaje del precio de venta, por ejemplo: impuestos, utilidad, pólizas de seguro, imprevisto, etc.

• Precio de Venta (PV):

Es el precio final ofrecido al cliente, cubre todos los costos directos, los gastos generales y los costos porcentuales que se generan al ejecutar el proyecto.

- **Comparación de los métodos**

Se usará el método de iteraciones o de la fórmula directa que lleva a los mismos resultados y reflejan el valor real del precio de venta.

- **Gastos Generales:**

Son los gastos indirectos que podemos determinar, son función del tiempo de permanencia, traslados de equipos, montajes, del área construida, etc. Nunca son un porcentaje del precio de venta.

Los gastos generales se pueden subdividir en:

• Instalaciones:
Se incluirá en este rubro, el costo de las construcciones requeridas para la obra, de acuerdo con lo establecido en el plan general del proyecto. El costo puede ser el valor de la construcción de las facilidades o el valor del alquiler de las mismas durante la ejecución del proyecto.

Así mismo se incluirá el costo de las dotaciones que se requieren para que estas instalaciones sean utilizadas.

• Personal Administrativo:

En este rubro contendrá todo el personal que se requiere para la ejecución del proyecto y no se incluye en los precios unitarios.

Se considerarán los costos del personal, incluyendo el factor prestacional adecuado y la permanencia en la obra. Si la obra es muy compleja se anexará un histograma mostrando en qué momento llegan y salen los ingenieros especialistas del proyecto. Este histograma coincidirá con el programa de obra.

• Equipo de Apoyo:

En este rubro se incluyen todos los vehículos y equipos que se requieren para ejecutar la obra y no se cargaron en los precios unitarios, como por ejemplo los camiones para transporte interno, grúas del taller, ambulancias, las camionetas de la administración, etc.
Dependiendo del proyecto se puede colocar una tarifa mensual por la cantidad de meses, o el valor de compra del vehículo.

• Varios:
En este apartado incluimos todos los rubros que no se pueden clasificar en los anteriores

rubros y tampoco se encuentran incluidos en los precios unitarios del proyecto (costo directo), ni tienen ítem de pago por separado en el presupuesto.

Se incluyen costos como, la alimentación del personal, los costos ambientales, los costos asociados a la seguridad industrial, montajes de planta, transporte de equipos, etc.

• Costo Directo:
Es el valor que resulta de multiplicar las cantidades de obra por los precios unitarios. Se puede decir que es el costo de la obra sin la administración que se requiere para construirla.

• Entrega Material:
Es la suma de los Gastos Generales y el Costo directo, es el valor que cuesta construir la obra, sin el pago de los valores porcentuales o que dependen del precio de venta.

• Porcentuales:
Son los costos que dependen del precio de venta, se relacionaran e indicara el porcentaje respectivo.
Se incluirán, las pólizas, impuestos, seguros especiales, imprevistos, utilidad, etc.

• Cálculo del A.I.U. y del precio de venta:
Con todos los datos anteriores y utilizando las fórmulas descritas en este capítulo, procedemos a calcular el A.I.U. y el precio de venta de venta del proyecto.

Nota: Cada precio definido contará con una discriminación detallada de donde se obtiene el valor.

**Otros ítem del presupuesto**

El consultor entregará junto con los ítems antes mencionados, los siguientes presupuestos:

- Presupuesto de Interventoría.
Se estimará el presupuesto correspondiente a la ejecución de la interventoría de la obra propuesta. Se tendrá presente que los profesionales propuestos coincidan con los definidos en la administración del proyecto con las dedicaciones estimadas para esta actividad.

Se anexarán los costos directos que sean necesarios, donde uno de ellos corresponderá a los ensayos de calidad que se propondrán en la ejecución de la interventoría, estos ensayos deben discriminarse indicando la cantidad y el precio propuesto, este último se justificará con al menos tres (3) cotizaciones.

- Presupuesto de PMT.
Se estimará el presupuesto de implementación del PMT, según como se definió en el Volumen II.

- Presupuesto de PAGA.
Se estimará el presupuesto de implementación del PAGA, según como se definió en el Volumen correspondiente.

## PROGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN, CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA, PROCESO CONSTRUCTIVO Y PROGRAMA DE INVERSIÓN

Se elaborará un Programa de Trabajo e Inversión de acuerdo con una secuencia lógica y armónica en el desarrollo de cada una de las actividades de la obra agrupada en grandes partidas de pago, planteando la ejecución de las obras en un plazo técnica y económicamente adecuado. Asimismo, se recomendará el número de frentes de trabajo y el ritmo requerido de construcción.

El programa de trabajo e inversión se presentará en el formato diseñado por la entidad o el que proponga el consultor y sea aprobado por interventoría y la supervisión.

Se formulará además un Cronograma de Ejecución Detallado de obra, integrando volúmenes de ejecución y tiempos asociados, esto de acuerdo con los Rendimientos planteados en los análisis de Precios Unitarios y cuyo análisis considera las restricciones que pueda existir para el normal desenvolvimiento de las obras, tales como lluvias o condiciones climáticas adversas, dificultad de acceso a ciertas áreas, etc.

El cronograma se elaborará, identificando las actividades o partidas que se hallen en la ruta crítica del proyecto. Se presentará también un diagrama de barras para cada una de las tareas y etapas del proyecto.

Se elaborará un cronograma o calendario de desembolsos, teniendo en cuenta el adelanto o anticipo que se otorga al inicio de las obras y los meses probables para que la Entidad efectúe los pagos.

Los tiempos definidos para cada actividad contarán con el análisis realizado por el profesional responsable donde se evidencie como se obtiene los valores desde los rendimientos de cada APU y las cantidades de obra calculadas.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

De igual forma, se entregará el procedimiento constructivo del proyecto basado en las recomendaciones finales, resultado del estudio realizado por los profesionales de cada área.

### Definiciones

Actividad: Es el conjunto de operaciones o tareas que es necesario hacer para llevar a cabo la realización del proyecto.

Actividad Crítica: Es una actividad que presenta holgura total igual a cero.

Actividad que Precede: Es aquella que estará terminada inmediatamente antes de la actividad que se está realizando.

Actividad que Sucede: Es aquella que puede iniciarse inmediatamente después de la actividad que se está realizando.

Actividad Simultánea: Es la actividad que puede desarrollarse al mismo tiempo de la actividad que está en proceso.

Actividades Administrativas: A este grupo pertenecen todas y cada una de las actividades

involucradas en la planeación, organización, dirección, coordinación y control del proyecto.

Capítulo: Es el compendio de actividades a desarrollar en un proyecto, que tienen naturaleza similar o son parte de objetivo parcial común.

Curvas de Costo Tiempo: Es la presentación gráfica detallada del costo y el tiempo de las

actividades obtenidas a partir de un presupuesto, realizada para un proyecto específico.

Duración Fija: Es el tiempo mínimo de duración de una actividad, cuando su ejecución depende de factores externos.

Duración Dependiente: Es el tiempo de duración de las actividades que pueden realizarse con los recursos propios del proyecto.

Evento: Es el principio o fin de una o varias actividades; no consume tiempo, no consume

recursos, solo es un punto de control.

Evento Clave o Hito: Es un punto determinado de control de la programación, el cual resume

el seguimiento a un grupo de actividades o capítulos. Este punto de control no tiene duración ni utiliza recursos.

Fluctuación – Holgura: Cantidad de tiempo que se puede demorar el inicio o terminación de

una actividad sin que se retrase la terminación del proyecto.

Holgura Libre: Es el margen de tiempo que tiene una actividad para atrasarse en su iniciación o terminación sin que ello afecte el inicio de la actividad que sigue.

Holgura Total: Es el margen de tiempo que tiene una actividad de posponer su inicio o terminación sin afectar el tiempo final de ejecución de todo el proyecto.

Línea de Base: Es el programa inicial del proyecto, sobre el cual se efectúa el control de avance del mismo.

Metas de Gestión Financiera: Se refiere al cumplimiento de los objetivos de la ejecución financiera del contrato con base en el plan de inversiones.

Método de la Ruta Crítica: Es un método de programación y control de proyectos que permite definir la ruta crítica de un proyecto. Está basado en actividades; es determinístico y está orientado a quien lo ejecuta.

Planeación: Es la etapa de inicio del proyecto en la cual se determina qué se va a realizar y cómo se va a hacer, estableciendo objetivos claros y precisos.

Proyecto: Es el conjunto articulado de actividades orientadas a alcanzar uno o varios objetivos, siguiendo una metodología definida, para lo cual precisa de diferentes tipos de recursos cuya ejecución en el tiempo responde a un cronograma con una duración limitada.

El proyecto puede incluir la ejecución de uno o varios contratos.

Recursos: Son los elementos que se utilizan para la ejecución de las diferentes actividades que intervienen en la realización de un proyecto.

Recursos Financieros: Dinero que se emplea para la realización de un proyecto.

Recursos Humanos: Personas profesionales, técnicos, empleados y obreros que intervienen en la ejecución de las actividades.

Recursos Materiales o Físicos: Materia prima y equipo que se emplea en la ejecución de las actividades.

Recursos Tecnológicos: Elementos de Software y hardware, entre otros, utilizados en la realización de las actividades.

Recurso Tiempo: Margen de fechas disponible para la ejecución de un proyecto.

Ruta Crítica: Se define como la ruta de ejecución del proyecto conformada por las actividades críticas.

Secuencia: Indica el orden o prelación de una actividad en relación con las demás.

Valor Ganado: Metodología de control de proyectos que identifica índices de avance del proyecto en tiempo (adelanto-atraso), así como también índices de avance del proyecto en inversión (ahorros o sobrecostos). Se basa en la comparación, en primera instancia, de las cantidades de obra inicialmente programadas contra las cantidades de obra ejecutadas a través del tiempo. En segunda instancia, se comparan los precios unitarios inicialmente ofertados contra los precios unitarios pagados, durante la ejecución de las actividades.

## Requisitos para la programación

Para la realización de las labores de programación y control de proyectos, se presentará para aprobación del Interventor o supervisor, la metodología a seguir en la ejecución de las actividades propias del proyecto, con la cual se definan los requerimientos de recursos.

## Programación

Para realizar la programación se tendrá en cuenta como mínimo los aspectos relacionados a continuación.

• Definición de las Actividades:

Se determinarán las actividades del proyecto. Las actividades serán concretas, y tendrán un propósito único, una duración específica y sus estimativos de tiempo y costo deberán poder calcularse con facilidad.

• Estructura de Distribución del Trabajo:

Para la organización de las actividades, se empleará la metodología de la estructura de distribución del trabajo (EDT) siguiendo para ello los siguientes pasos:

Paso 1: Dividir el proyecto en sus objetivos principales, de manera tal que el proyecto quede claramente definido por ellos.

Paso 2: Fragmentar cada objetivo en las actividades que es necesario llevar a cabo para alcanzarlo.

Paso 3: En el caso de actividades que carezcan de una o más características, se deberán dividir o agrupar hasta que tengan características definidas.

Paso 4: Elaborar una lista de todas las actividades, indicando la descripción de cada actividad y sus características.

• Secuencia de Ejecución de las Actividades

Una vez realizada la lista de actividades, se procederá a determinar las relaciones de precedencia o la secuencia de ejecución entre ellas. En este proceso se definen las actividades predecesoras, las actividades simultáneas y las actividades sucesoras, para lograr el objetivo propuesto.

La secuencia de actividades se presentará en un formato que contenga como mínimo el código, descripción o nombre de la actividad, unidad en la que se mide la actividad, cantidad a ejecutar, actividad que precede y actividad que sucede.

• Determinación de los Tiempos de Ejecución de las Actividades
Una vez determinadas las actividades y la secuencia de ejecución, se calculan las duraciones de cada una de estas, teniendo en cuenta los recursos propuestos, las cantidades y los rendimientos. En este proceso es importante tener presente las demoras que pueda tener cada una de las actividades a realizar.

En términos generales, la duración de cada actividad se estimará con base en los recursos requeridos para el proyecto y los rendimientos del ítem critico que predomine en al APU. Se considerará la dependencia entre actividades y los eventos que condicionan la duración de éstas.

Se contemplarán los tiempos mínimos definidos para la realización del proceso por parte de las Entidades o personas relacionadas con dicha actividad en caso de tener duraciones fijas.

Se presentarán para aprobación de la entidad, los tiempos definidos en las duraciones fijas, así como su justificación.

La programación del proyecto se presentará holgura total igual a cero, y la duración total estará acorde con el plazo contractual.

• Presentación de Actividades y Distribución de Recursos
Se presentará un cuadro con cada una de las actividades que componen el proyecto con su número de ítem respectivo, unidad de medida, cantidad a ejecutar, duración, holgura libre, actividades precedentes y actividades sucesoras, costo inicial y recursos para desarrollarla.

Las actividades que presenten holguras libres se ajustarán dentro de su margen de fluctuación, de modo que la demanda periódica de los recursos sea la más conveniente para la entidad.

Se elaborará una programación y nivelación de recursos, de tal forma que su utilización sea la óptima a lo largo del proyecto, evitando en todo momento tener iniciaciones adelantadas o terminaciones tardías.

**Determinación de capítulos o ítems de grandes pagos**

Se definirán los ítems de grandes pagos o capítulos que forman parte del proyecto. Cada capítulo tendrá el recurso financiero asignado para su ejecución en el tiempo definido para el proyecto, así como la duración de este y la relación de actividades que lo componen. Se presentará un cuadro que contenga como mínimo los capítulos, su duración y su costo inicial.

**Determinación de la Ruta Crítica del Proyecto**

Se definirá la ruta crítica del proyecto (secuencia de actividades con holgura libre cero) del proyecto que permita establecer el tiempo de ejecución real del mismo. Se tendrá en cuenta los factores limitantes propios del proyecto o externos al mismo, que afecten su ejecución. Se considerarán los recursos asignados a las diferentes actividades, así como las duraciones fijas y dependientes de recursos.

**Diagrama de Barras o Diagrama de Gantt**

Se presentará para aprobación de la interventoría el diagrama de barras o Gantt que permita visualizar con claridad, la secuencia de ejecución de las actividades del proyecto. La ruta crítica estará identificada por flechas y las actividades críticas se presentarán en diferente color a las actividades no-críticas. Se identificarán de igual forma los eventos o puntos de control de la programación.

**Flujo de Inversión**

En el flujo de inversión del proyecto se presentará la distribución de los recursos financieros en el tiempo para cada uno de los capítulos o ítems de grandes partidas, definidos previamente.

**Presentación de la Programación**

Los documentos para entregar por la interventoría y la entidad son los definidos a continuación:

- Metodología detallada de las labores a realizar.
- Formato de actividades,
- Formato de capítulos, Cuadro de recursos para el proyecto.
- Cuadro de recursos por actividad.
- Cuadro de inversión por capítulo.
- Flujo de inversión.

**Línea Base para el Control del Proyecto**

El programa del desarrollo de los trabajos aprobados por la interventoría es la Línea Base sobre la cual se efectuará el seguimiento y control del avance del proyecto, durante su ejecución

## PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Se presentará el procedimiento constructivo del proyecto, realizando la descripción de cada una de las actividades definidas en el presupuesto, las cuales coincidirán con las especificaciones técnicas. El

procedimiento describirá con claridad cómo se realizarán las actividades del proyecto, indicando insumos necesarios, mano de obra (indicando las cuadrillas de trabajo definidas) y equipos necesarios para realizar la actividad.

Se definirá que aspectos deberán incluirse de forma adicional y con base en su experiencia, que permita tener claridad de la forma como se desarrollará las actividades en la etapa de ejecución.

## PRODUCTOS ENTREGABLES

• Se entregarán como productos resultantes de los estudios y diseños para este volumen el presupuesto oficial con todos sus soportes (Análisis APU y AIU, rendimientos mano de obra y equipos, cotizaciones, discriminación del factor multiplicador, discriminación del factor prestacional).

• Se anexará como producto la programación de obra inicial, línea de base, en medio físico y en medio magnético utilizando uno de los softwares del mercado como Project, Primavera o similar, adjuntando el cuadro de recursos y asignación de los mismos, diagrama de Gantt con ruta crítica y el análisis de tiempos de acuerdo a los rendimientos calculados para los recursos.

• Se implementará software como el desarrollado por CONSTRUDATA, GUAFA o similares para presupuestación.
• Se entregará un presupuesto (Análisis APU y AIU, rendimientos mano de obra y equipos y cotizaciones, etc.) en volúmenes separados los cuales contendrán los presupuestos del tramo.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

• Se adjuntará el procedimiento constructivo propuesto para la ejecución del proyecto, asegurando correspondencia con las actividades definidas en el presupuesto y las especificaciones técnicas.

• Se entregará el flujo de caja de inversión propuesto para la ejecución del proyecto, asegurando correspondencia con las actividades definidas en el presupuesto.

# 6. CORRESPONDENCIA

A continuación, se presenta la información cruzada con la interventoría, entidad contratante y demás durante el presente periodo:

## 6.1 Correspondencia Enviada

| CORRESPONDENCIA ENVIADA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **FECHA** | **ÁREA** | **ENVIADO POR** | **REMITIDO A** | **ASUNTO** |
| 04-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | **CARLOS E. MOJICA C.** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | Entrega informe semanal 17 correspondiente al periodo 26/Feb/2026 al 04/Mar/2026. |
| 09-mar-26 | III. GEOLOGÍA | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | **CARLOS E. MOJICA C.** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | Entrega de informe Volumen III Estudio de Geología para Ingeniería – Tramo 6. Vía desde el casco urbano del municipio de Supatá al casco urbano del municipio de Pacho (Contrato ICCU-783-2025). |
| 09-mar-26 | I. TRÁNSITO | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | **CARLOS E. MOJICA C.** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | Entrega Informes Volumen I. Estudio de Tránsito, capacidad y niveles de servicio (6 Tramos) - Contrato Consultoría ICCU-783-2025. |
| 10-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | **CARLOS E. MOJICA C.** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | Entrega Informe Mensual No. 04. Periodo: 01 de febrero de 2026 al 28 de febrero de 2026. |
| 12-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | **CARLOS E. MOJICA C.** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | Rta T-003-2025-164-OFC observaciones desembolso 1 |
| 13-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | Entrega informe semanal 18 correspondiente al periodo 05/Mar/2026 al 11/Mar/2026. |
| 13-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | soportes desembolso 2 anticipo |
| 18-mar-26 | IX. ESTRUCTURAS | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | Entrega Informe Esclerometrias Tramo Villapinzon |

| CORRESPONDENCIA ENVIADA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **FECHA** | **ÁREA** | **ENVIADO POR** | **REMITIDO A** | **ASUNTO** |
| 20-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | Entrega informe semanal 19 correspondiente al periodo 12/Mar/2026 al 18/Mar/2026. |
| 26-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | Entrega informe semanal 20 correspondiente al periodo 19/Mar/2026 al 25/Mar/2026. |
| 26-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | Respuesta a observaciones Oficio T-003-2025-188-OFC Anticipo No. 2 - Contrato de Consultoría No. ICCU-783-2025. |

## 6.2 Correspondencia Recibida

| CORRESPONDENCIA RECIBIDA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **FECHA** | **ÁREA** | **ENVIADO POR** | **REMITIDO A** | **ASUNTO** |
| 02-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CARLOS E. MOJICA C.** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783-0262-26– Informe Semanal No. 16- Aprobación. |
| 02-mar-26 | II. TOPOGRAFÍA | **CARLOS E. MOJICA C.** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0224-26 - Entrega de Informe de Estudios Topográficos – Tramo 5. Vía que conecta el cruce con el corredor Bogotá – Fontibón - Facatativá - Los Alpes, sector La Virgen, hasta la vía Facatativá - El Rosal .– Aprobación Condicionada. |
| 02-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CARLOS E. MOJICA C.** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0232-26 - Observaciones a la entrega de relación y soportes del desembolso 1 del anticipo del contrato 783 de 2025 |
| 06-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CARLOS E. MOJICA C.** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0235-26 - Entrega de Rótulos para Diseño Geométrico - Contrato ICCU-783-2025. |

| CORRESPONDENCIA RECIBIDA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **FECHA** | **ÁREA** | **ENVIADO POR** | **REMITIDO A** | **ASUNTO** |
| 06-mar-26 | III. GEOLOGÍA | **CARLOS E. MOJICA C.**<br>DIRECTOR DE INTERVENTORÍA<br>INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.**<br>REPRESENTANTE LEGAL<br>CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0251-26 - Entrega de informe Volumen III Estudio de Geología para Ingeniería – Tramo 3. Vía que desde el sector Tabacal conduce al casco urbano del municipio de Quipile (Contrato ICCU-783-2025) – Observaciones. |
| 10-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **CARLOS E. MOJICA C.**<br>DIRECTOR DE INTERVENTORÍA<br>INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.**<br>REPRESENTANTE LEGAL<br>CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0280-26 – Informe Semanal No. 17- Aprobación. |
| 12-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ**<br>DIRECTOR DE INTERVENTORÍA<br>INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.**<br>REPRESENTANTE LEGAL<br>CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0288-26 - Entrega Informe Mensual No. 04. Periodo: 01 de febrero de 2026 al 28 de febrero de 2026. |
| 13-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ**<br>DIRECTOR DE INTERVENTORÍA<br>INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.**<br>REPRESENTANTE LEGAL<br>CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0314-26– Informe Semanal No. 18- Aprobación. |
| 18-mar-26 | II. GEOMÉTRICO | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ**<br>DIRECTOR DE INTERVENTORÍA<br>INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.**<br>REPRESENTANTE LEGAL<br>CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al correo electrónico con asunto: Remisión de avances: Prediseños Geométricos (6 Tramos) – Contrato ICCU-783-2025. |
| 18-mar-26 | I. TRÁNSITO | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ**<br>DIRECTOR DE INTERVENTORÍA<br>INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.**<br>REPRESENTANTE LEGAL<br>CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0285-26 - Entrega Informes Volumen I. Estudio de Tránsito, capacidad y niveles de servicio (6 Tramos) - Contrato Consultoría ICCU-783-2025. |
| 20-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ**<br>DIRECTOR DE INTERVENTORÍA<br>INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.**<br>REPRESENTANTE LEGAL<br>CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0354-26– Informe Semanal No. 19- Aceptación. |
| 25-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ**<br>DIRECTOR DE INTERVENTORÍA<br>INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.**<br>REPRESENTANTE LEGAL<br>CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0317-26– Traslado de observaciones – Revisión desembolso Anticipo No. 2 – Contrato de Consultoría No. 783 de 2025. |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

| CORRESPONDENCIA RECIBIDA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **FECHA** | **ÁREA** | **ENVIADO POR** | **REMITIDO A** | **ASUNTO** |
| 25-mar-26 | III. GEOLOGÍA | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ**DIRECTOR DE INTERVENTORÍAINGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.**REPRESENTANTE LEGALCONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0284-26 – Entrega de informe Volumen III Estudio de Geología para Ingeniería – Tramo 6. Vía desde el casco urbano del municipio de Supatá al casco urbano del municipio de Pacho (Contrato ICCU-783-2025). - Observaciones. |
| 27-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0374-26– Informe Semanal No. 20- Aprobación. |
| 27-mar-26 | ADMINISTRATIVO | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Respuesta al comunicado CCJINT17-0783- 0376-26 – respuesta a observaciones Oficio T-003-2025-188-OFC Anticipo No. 2 - Contrato de Consultoría No. ICCU-783-2025. |
| 30-mar-26 | X. AMBIENTAL | **JUAN CARLOS PINEDA SUÁREZ** DIRECTOR DE INTERVENTORÍA INGEOCIM S.A.S. | **CÉSAR A. PALACIOS W.** REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 | Requerimiento entrega de Informes parciales del Componente Social del contrato de Consultoría No. ICCU-783-2025. |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## 7. PERSONAL DE LA CONSULTORÍA

A continuación, se relaciona el listado de personal del equipo de Consultoría, el cual hace parte del personal clave evaluable aprobado por la Interventoría una vez fue verificada la idoneidad de cada profesional de acuerdo con las exigencias de los Pliegos del contrato de Consultoría ICCU-783-2025 :

Personal Consorcio Cundinamarca JINT 17.

| No. | CARGO | NOMBRE | M.P. |
|---|---|---|---|
| 1 | DIRECTOR DE CONSULTORIA | CESAR AUGUSTO PALACIOS WILCHES | 25202-79229 |
| 2 | ESPECIALISTA EN GEOTECNIA 1 | DIEGO ALEXANDER REYES VELANDIA | 25202-75597 |
| 3 | ESPECIALISTA EN GEOTECNIA 2 | JORGE ELIÉCER PARRA SALINAS | 25202-45193 |
| 4 | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS 1 | RICHARD ALEXANDER ACOSTA TROCHEZ | 25202-094562 |
| 5 | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS 2 | PABLO ANDRÉS RONDÓN GUTIÉRREZ | 25202-367061 |
| 6 | ESPECIALISTA EN TRANSITO Y TRANSPORTE 1. | LUIS JAVIER ROJAS JEJEN | 25202-093265 |
| 7 | ESPECIALISTA EN TRANSITO Y TRANSPORTE 2 | JOSE MISAEL ANGARITA DURAN | 15239-102680 |
| 8 | ESPECIALISTA EN SEGURIDAD VIAL 1 | ALEXIS PAOLA SALGADO ARBELAEZ | 25202-382625 |
| 9 | ESPECIALISTA DE DIS GEOMETRICO 1 | WILLIAM FERNANDO PEDRAZA JARAMILLO | 25202-151558 |
| 10 | ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS 1 | CARLOS ALBERTO ROMAN CAMPOS | 25202-12681 |
| 11 | ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS 2. | JOSÉ LUIS CHACÓN FIGUEROA | 25202-44237 |
| 12 | ESPECIALISTA EN SEGURIDAD VIAL | ANGIE PAOLA BARBOSA PICO | 091037-0546306 CND |
| 13 | ESPECIALISTA FORESTAL 1 | JOSÉ ALEJANDRO VARGAS MENDOZA | 03000-14622 |
| 14 | ESPECIALISTA FORESTAL 2 | CRISTIAN MARTÍN MUÑETÓN LOZANO | 03000-26141 |
| 15 | ESPECIALISTA AMBIENTAL 1 | LYDA IVONNE TIERRADENTRO NOVA | 25238-243627 |
| 16 | ESPECIALISTA AMBIENTAL 2. | DIANA MARCELA NIÑO SANTAMARÍA | 25260-412137 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 17 | ESPECIALISTA EN DISEÑO GEOMÉTRICO | JHONATAN ALEXANDER LEGUIZAMO ECHEVERRI | 01112-10628 |
| 18 | ESP. EN HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA 1 | NATALIA GARCÍA LÓPEZ | 25202-240919 |
| 19 | ESPECIALISTA EN DISEÑO GEOMÉTRICO 3 | FRANCISCO JAVIER LIZARAZO MEJÍA | 25202-82932 |
| 20 | GEÓLOGO 1 | VÍCTOR HUGO DÍAZ HERRERA | 1771 |
| 21 | GEÓLOGO 2 | GUSTAVO ADOLFO CEBALLOS CORRALES | 05223-266311 |
| 22 | ESPECIALISTA BIM 1 | DANIEL FELIPE ROJAS CASTRO | 68202-409472 |
| 23 | PROFESIONAL GESTOR SOCIAL 1. | YUDY MARGOTH AGUILAR CALDERÓN | 184395213 CNTS |
| 24 | PROFESIONAL GESTOR SOCIAL 2 | VIVIANA CLAVIJO GÓMEZ | 115893523-R |
| 25 | ESPECIALISTA BIM 2 | CESAR AUGUSTO OTÁLORA GARIBELLO | 15202-285280 |
| 26 | PROFESIONAL DE COSTOS Y PTO. 2 | JAIME BARRIOS MUÑOZ | 25202-094616 |
| 27 | PROFESIONAL DE COSTOS Y PTOS 1. | JOSÉ ALBERTO ROJAS PRIETO | 25202-45905 |
| 28 | INGENIERO RESIDENTE - A C 1 | DAVID CAMILO PARRA GÓMEZ | 091037-0569582 CND |
| 29 | INGENIERO RESIDENTE - A C 2 | NATACHA URIBE CELIS | 05202-094867 |
| 30 | INGENIERO RESIDENTE - A C 3 | CRISTIAM CAMILO CASTELLANOS NARANJO | 091037-0559077 CND |
| 31 | ING CATASTRAL Y GEODESTA | CÉSAR AUGUSTO LÓPEZ GALÁN | 25222-21137 |
| 32 | ABOGADO | DIANA CAROLINA GIL GARCÍA | 176731 |
| 33 | AVALUADOR | MAIRA ALEXANDRA DAZA CASTRO | 25222-243572 |
| 34 | ESP EN HIRÁULICA E H 2 | JUAN CARLOS BONILLA CABEZAS | 25202-73847 |
| 35 | ESPECIALISTA BIM | PAULA ANDREA URREGO SUAREZ | 25202-412442 |

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

## 8. CONCLUSIONES

- En el ámbito administrativo y de gestión, el mes de marzo se caracterizó por la consolidación del flujo documental y la estabilidad en las aprobaciones operativas. Se logró la validación de los informes semanales 16, 17, 18, 19 y 20, junto con la aprobación oficial del Informe Mensual No. 4, lo que garantiza la continuidad administrativa ante la interventoría. En el aspecto financiero, se destaca la radicación de los soportes para el segundo desembolso del anticipo.

- En cuanto a los hitos técnicos y entregas, el periodo marcó la culminación de productos diagnósticos fundamentales. Se destaca la obtención de la aprobación de los informes de tránsito para los seis tramos del proyecto y de los rótulos oficiales para los diseños, lo que despeja el camino para la fase de detalle. Asimismo, la consultoría cumplió con la radicación de insumos críticos, incluyendo los estudios de geología para ingeniería de los tramos 3 y 6, el volumen integral de tránsito y capacidad, y los resultados de esclerometría en estructuras del tramo Villapinzón. Estas entregas, sumadas a la aprobación condicionada de la topografía del tramo 5, representan un avance sustancial en la validación de la línea base del proyecto.

- Respecto a la ejecución de actividades y avance de diseño, se reporta el cierre exitoso de la fase de toma de datos y exploración de campo. Se alcanzó el 100% de ejecución en las actividades de geología, tránsito, levantamientos topográficos, apiques de pavimentos y el programa completo de perforaciones mecánicas y manuales en todos los frentes de trabajo. En el componente de oficina, se logró un salto cualitativo en el diseño geométrico, alcanzando un 50% de avance en la fase detallada y un 90% en la definición de ejes. El componente social y ambiental mantiene un cumplimiento del 100% en recolección de información, permitiendo que el proyecto se concentre ahora en la consolidación de los informes finales.

- Finalmente, los esfuerzos para el siguiente periodo deberán centrarse en cerrar las brechas en las actividades que presentan menores niveles de ejecución. Es prioritario dinamizar la gestión predial, que actualmente se encuentra en fases iniciales, así como agilizar la redacción de los informes de pavimentos, taludes e hidráulica. El próximo mes será decisivo para integrar los resultados de los ensayos de laboratorio de geotecnia restantes y para iniciar formalmente las inspecciones técnicas de estructuras en los tramos donde aún no se han ejecutado, con el objetivo de mantener el cronograma general del contrato ICCU-783-2025.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

# ANEXOS

# Anexo No 1 Legal

# Anexo No 2 Garantías

# Anexo No 3 Cronograma

# Anexo No 4 Semanales

# Anexo No 5 Actas de comité

# Anexo No 6 Mesas de trabajo

# Anexo No 7 Registro Fotográfico

# Anexo No 8 Programa de Reciclaje y Gestión Integral de Residuos