



UNIÓN TEMPORAL ESTRUCTURACIÓN TRAMO 3 FDA

CONTRATO No.003– “CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS TÉCNICOS (FACTIBILIDAD AVANZADA), LEGALES Y FINANCIEROS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MOVILIDAD FÉRREA EN LA REGIÓN DEL EJE CAFETERO Y ANTIOQUIA TRAMO SANTO DOMINGO-PUERTO BERRIO”

PLA DE INTERVENCIÓN PARA LA ETAPA II DE ESTUDIOS EN FACTIBILIDAD

GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

CONTROL DE CAMBIOS

FECHA	CÓDIGO	VERSIÓN	CAMBIOS
01-Diciembre-2020	FDA-PLAN INTERVENCIÓN--DOC-RE-01	03	Actualización Diseño Geométrico y Ajuste presupuesto campañas de exploración

ESTRUCTURADOR

ELABORACIÓN	Unión Temporal Estructuración Tramo 3 FDA	
VALIDACIÓN	<u>Gerente de Proyecto</u> Ing. Álvaro Remón Legorburu Mat. 18791	

INTERVENTORÍA

REVISIÓN	CONSORCIO INTERVENTORÍA FÉRREO UERTO BERRIO	
VALIDACIÓN	<u>Director de Interventoría</u> Ing. Fernando Rey Valderrama Mat. 12174	

REGISTRO DE REVISIONES

Revisión N°	Fecha	Descripción
00	18-agosto-2020	Versión inicial
01	18-octubre-2020	Versión actualizada al diseño geométrico aprobado
02	01-diciembre-2020	Ajuste presupuesto Campañas de Exploración
03	11-diciembre-2020	Ajuste presupuesto campañas de exploración Atención observaciones FERR-CPB-132-2020

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	ALCANCE	6
3.	OBJETIVO GENERAL.....	6
4.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	6
5.	CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA EL DESARROLLO DEL CONTRATO	8
6.	PLAN DE INTERVENCIÓN	10
6.1	DIAGNÓSTICO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO	10
6.2	CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	11
6.2.1.	Exploración proyectada para edificaciones.....	11
6.2.2.	Exploración proyectada para Puentes	13
6.2.3.	Exploración proyectada para Muros	16
6.2.4.	Exploración proyectada para Taludes	17
6.2.5.	Exploración proyectada para Zedmes	18
6.2.6.	Exploración Fuentes de Materiales	19
6.2.7.	Programa Ensayos de Laboratorio.....	19
7.	CONCLUSIONES Y ANOTACIONES GENERALES	20

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Sectorización propuesta para el tramo 3.....	8
Tabla 2. Clasificación de las unidades de construcción por categorías	12
Tabla 3. Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción	12
Tabla 4. Planteamiento campaña de exploración para Estaciones	13
Tabla 5. Pontones, Pasos y Viaductos Proyectados	13
Tabla 6. Planteamiento Metodología - campaña de exploración para puentes vehiculares.....	14
Tabla 7. Planteamiento optimizado campaña de exploración para puentes	15
Tabla 8. Muros de Contención Proyectados	16
Tabla 9. Tramos de cortes y/o terraplenes de categoría importante.....	17
Tabla 10. Planteamiento campaña de exploración para zonificación Taludes	17
Tabla 11. Planteamiento Metodología inicial campaña de exploración para sitios especiales y/o críticos	18
Tabla 12. Planteamiento optimizado campaña de exploración para Sitios Inestables.....	18
Tabla 13. Planteamiento optimizado campaña de exploración para Zedmes.....	18
Tabla 14. Planteamiento optimizado campaña de exploración para Fuentes de Materiales.....	19
Tabla 15. Planteamiento cantidades ensayos de laboratorio perforaciones mecánicas.....	19
Tabla 16. Planteamiento cantidades ensayos de laboratorio Fuentes de Materiales	19

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Localización general tramo 3.....	7
---	---

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al informe denominado **PLAN DE INTERVENCIÓN PARA LA ETAPA II**, en desarrollo del Contrato No.003 – “CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS TÉCNICOS (FACTIBILIDAD AVANZADA), LEGALES Y FINANCIEROS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MOVILIDAD FÉRREA EN LA REGIÓN DEL EJE CAFETERO Y ANTIOQUIA TRAMO SANTO DOMINGO-PUERTO BERRIO”.

Este producto ha sido realizado tomando como insumo base la etapa previa, correspondiente a la revisión de los estudios de pre factibilidad, específicamente del ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD TRAMO 3 - ETAPA I PRODUCTO 4 - INFORME 4 - ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA, realizado por el Consorcio Ferrocarril de Antioquia 2017 (CFA2017).

Este Plan de Intervención, recopila las actividades complementarias, que deben ejecutarse con el fin de obtener los insumos suficientes para la etapa II de estudios y diseños a nivel de Factibilidad, especialmente en lo concerniente a las actividades de exploración del subsuelo que no hicieron parte del alcance de la etapa de Pre factibilidad.

2. ALCANCE

- ☐ Planteamiento del plan de intervención de las áreas de geología y geotecnia, a partir de los resultados obtenidos en la etapa previa de revisión de los estudios de la etapa de pre-factibilidad.
- ☐ Definición de las campañas de exploración del subsuelo y trabajos de campo requeridos para la ejecución de la etapa de estudios y diseños técnicos.

3. OBJETIVO GENERAL

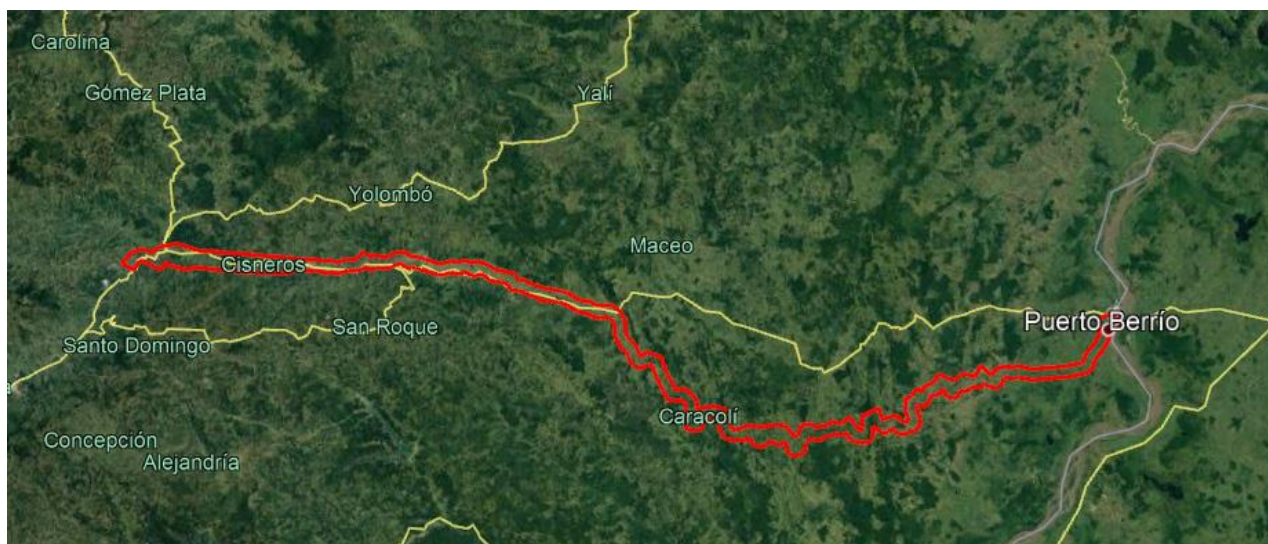
- ☐ El objetivo general del presente informe corresponde a la propuesta del Plan de Intervención de las áreas de Geología y Geotecnia, orientado a la identificación de las labores que deben desarrollarse en la etapa II de la presente fase de Factibilidad Avanzada, incluyendo los trabajos de diagnóstico y exploración de campo, insumos fundamentales para la ejecución de los análisis geotécnicos para la intervención de los taludes del corredor, así como para el diseño de las estructuras vial y de operatividad requeridas (puentes, viaductos y edificaciones).

4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

De acuerdo con lo establecido en los estudios de conveniencia y oportunidad del pliego de condiciones de la presente consultoría, el corredor que se analizará se encuentra ubicado “en la parte oriental del departamento de Antioquia, en los municipios de Santo Domingo, Don Matías, San Roque, Maceo, Caracolí y Puerto Berrío. El corredor férreo cuenta con 124.4 km de línea

férrea desde la estación Botero (municipio de Santo Domingo), hasta la estación Puerto Berrío” en el municipio del mismo nombre.

Figura 1. Localización general tramo 3



Fuente: CFA2017-Google Earth

De la pre factibilidad desarrollada por CFA2017 se estudiaron diversas alternativas de trazado entre Santo Domingo y Puerto Berrío. En cuanto a las características planimétricas y altimétricas, la alternativa seleccionada se dividió en cuatro sectores y cada uno con número de curvas diferentes (según topografía), longitudes y pendientes diferentes, como se detalla en la tabla 1.

El tramo 3 se extiende aproximadamente dentro del siguiente marco de coordenadas, descritas en el Sistema de coordenadas Gauss Krueger, Datum MAGNA-SIRGAS, Origen Central.:

Superior (norte):	1'216.515 metros
Inferior (sur):	1'197.117 metros
Derecha (este):	964.215 metros
Izquierda (oeste):	872.115 metros

Tabla 1. Sectorización propuesta para el tramo 3

Cualidades Geométricas Del trazado propuesto por CFAA2017 Para El Tramo III				
Sector	Longitud (km)	No. Curvas	Radios entre (m)	Pendientes entre
1 - Puerto Berrio - Malena	13,400	11	400 - 3000	-1,919% - 0,100%
2 - Malena - Santa Isabel	52,850	90	225 - 500	-1,000% - 2,036%
3 - Santa Isabel - Estación Sofia	34,600	76	225 - 800	-0,199% - 0,795%
4 - Estación Sofia - Botero	23,535	25	225 - 500	-1,287% - 2,500%

Fuente: CFA2017

El trazado propuesto discurre por un terreno con una importante diferencia altimétrica que va desde la cota 100m en el inicio, hasta la cota 1067m aproximadamente en su final. En el intermedio se identifican cotas de terreno que superan los 1700m.

5. CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA EL DESARROLLO DEL CONTRATO

El presente contrato será ejecutado durante la emergencia sanitaria derivada de la declaración de pandemia por el virus COVID-19, decretada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 11 de marzo de 2020.

A través de los mecanismos legales y facultades que concede la constitución política de Colombia, el presidente de la República, señor Iván Duque Márquez, ha expedido el decreto 457 del 22 de marzo de 2020, donde restringe de manera obligatoria la movilidad de personas y vehículos (aéreos y terrestres) dentro del territorio nacional, el aislamiento preventivo obligatorio y la suspensión de transporte doméstico por vía aérea, como medidas de mitigación frente a la expansión del virus hasta el próximo 13 de abril de 2020. La declaratoria de cuarentena contempla 34 excepciones para el libre tránsito de personas y bienes, si bien es cierto la consultoría se encuentra dentro de las excepciones, las actividades de campo a realizar dentro del presente contrato presentan restricciones propias de los municipios, entes gubernamentales y nacionales.

Adicionalmente, el gobierno nacional y las autoridades locales han implementado las siguientes medidas:

1. El Ministerio de Salud y Protección Social mediante la Resolución 385 del 12 de marzo de 2020, declaró la emergencia sanitaria hasta el 30 de mayo de 2020 y adoptó una serie de medidas sanitarias para contener la expansión del virus.

2. El Ministerio de Salud y Protección Social mediante la Resolución 464 del 18 de marzo de 2020, adoptó la medida sanitaria obligatoria de aislamiento preventivo para proteger a las personas mayores de 70 años.
3. Mediante el Decreto 418 de 2020 se estableció que, en el marco de la emergencia sanitaria por causa del COVID-19, se aplicarán de manera inmediata y preferente sobre las disposiciones de gobernadores y alcaldes las instrucciones, actos y órdenes del presidente de la República.
4. Mediante el decreto 420 de 2020 el presidente de la República impartió órdenes para expedir normas en materia de orden público en virtud de la emergencia sanitaria por el COVID-19.
5. Mediante Decreto del 19 de marzo de 2020 la Gobernación del Departamento de Antioquia decretó la medida “Cuarentena por la Vida”.

En virtud que el decreto 1076 del 28 de julio de 2020, prorroga el aislamiento obligatorio hasta el 31 de agosto de 2020. De igual forma la Resolución 844 de 2020 del Ministerio de Salud y Protección Social por medio de la cual se extendió la emergencia sanitaria hasta el 31 de Agosto de 2020, y que el acta de inicio para la ejecución de la “CONSULTORIA PARA LOS ESTUDIOS TECNICOS (FACTIBILIDAD AVANZADA), LEGALES Y FINANCIEROS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INTEGRACION DE LOS SISTEMAS DE MOVILIDAD FERREA EN LA REGION DEL EJE CAFETERO Y ANTIOQUIA TRAMO SANTO DOMINGO-PUERTO BERRIO” se firmó el pasado 24 de marzo de 2020, el normal desarrollo de las actividades de oficina se encuentran supeditadas al avance en la modalidad de trabajo en casa, con las particularidades que esto conlleva. También restringe otras actividades como las reuniones presenciales, comités, envío de correspondencia de forma física y socializaciones.

De igual forma, queda claro que los anteriores decretos, resoluciones y otras normas complementarias reducen los rendimientos en el desarrollo de actividades de campo, considerando esta situación como una causa de fuerza mayor. En el evento de que las medidas de cuarentena o de restricción de la movilidad de personas en el territorio nacional o en los entes territoriales se mantengan o extiendan por el empeoramiento de las condiciones de la emergencia sanitaria, implicará la reducción en el normal desarrollo para la ejecución del proyecto, lo cual será informado previamente a la interventoría y a la PROMOTORA FERROCARRILES DE ANTIOQUIA con el propósito de evaluar las mejores decisiones y modificación de los tiempos establecidos inicialmente.

6. PLAN DE INTERVENCIÓN

Teniendo en cuenta las conclusiones de la etapa de revisión de la información de referencia (pre factibilidad), en donde la primera conclusión fue que ... *“La información consignada en el informe de Pre factibilidad muestra las condiciones geológicas generales del corredor férreo, la cual fue extractada de los planos y memorias geológicas publicadas por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). En lo concerniente a la componente Geotécnica, no se cuenta con información técnica previa ni con la ejecución de campañas de exploración del subsuelo, ya que no hacia parte del alcance de la etapa de pre-factibilidad”*,... el plan de intervención de las áreas de geología y geotecnia estará orientado a la obtención de los insumos requeridos para la etapa II de estudios y diseños, ya que no se cuenta con información de referencia que pueda aportar a las actividades de caracterización estratigráfica, ni de parametrización física o mecánica para el planteamiento de modelos de análisis de estabilidad de taludes ni fundaciones.

Con base en lo anterior, en los capítulos que siguen, se describen las actividades contempladas como Plan de Intervención.

6.1 DIAGNÓSTICO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO

Para la ejecución del diagnóstico geotécnico fue adelantada una visita técnica de reconocimiento al sector de proyecto, con el propósito de identificar el estado del tramo desde la componente de geología y geotecnia, y adelantar el inventario de sitios inestables y/o zonas de tratamiento especial.

Esta visita técnica fue llevada a cabo entre los días 28 de agosto y el 06 del mes de septiembre de 2020, la cual fue realizada por una comisión integrada por cuatro profesionales, entre Geotecnistas y Geólogos, en la que se procedió a la ejecución de las actividades que se relacionan a continuación:

- ☐ Identificación visual de la zonificación geológico – geotécnica del corredor.
- ☐ Inventario de sitios inestables y puntos críticos.
- ☐ Caracterización de macizos rocosos y levantamientos de datos estructurales.
- ☐ Inspección de las áreas indicadas para la construcción de puentes y viaductos en el diseño geométrico.

Los resultados obtenidos en la visita técnica han sido tenidos en cuenta en la ejecución del presente plan de intervención, específicamente en lo concerniente a la cantidad identificada de sitios inestables de categoría media y alta, que de acuerdo al recorrido efectuado correspondió a una cantidad total de dieciseis (16), siendo importante tener en cuenta las dificultades de acceso en algunos de los tramos del diseño geométrico, los cuales fueron cubiertos con vuelos de dron locales.

6.2 CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Dentro de los alcances de los estudios de la etapa de pre factibilidad no fueron incluidas actividades de exploración directa o indirecta del subsuelo para el establecimiento de las condiciones estratigráficas del área del proyecto, limitándose a la caracterización general a partir de la información geológica de referencia, correspondiente a las planchas geológicas del Servicio Geológico Colombiano (SGC) que se relacionan a continuación:

- ☐ Memorias Geológicas – 131 Santa Rosa de Osos
- ☐ Plancha Geológica – 131 Santa Rosa de Osos
- ☐ Memorias Geológicas – 132 Yolombó
- ☐ Plancha Geológica – 132 Yolombó
- ☐ Memorias Geológicas – 133 Puerto Berrio
- ☐ Plancha Geológica – 133 Puerto Berrio
- ☐ Memorias Geológicas – 148 San Carlos
- ☐ Plancha Geológica – 148 San Carlos
- ☐ Memorias Geológicas – 149 Puerto Serviez
- ☐ Plancha Geológica – 149 Puerto Serviez
- ☐ Planos Topográficos del IGAC entre otros.

Así las cosas, para la actual etapa de estudios y diseños de Factibilidad Avanzada, se hace necesario proyectar la ejecución de una campaña de exploración del subsuelo suficiente, orientada a corroborar la zonificación geológico – geotécnica planteada en la etapa de Pre-Factibilidad, así como para determinar la caracterización física y mecánica de los materiales característicos de la zona en estudio. Haciendo especial énfasis, en la caracterización estratigráfica requerida para el diseño de las obras, tales como:

- ☐ Puentes y viaductos.
- ☐ Edificaciones.
- ☐ Taludes (sitios críticos, taludes de corte y terraplén).
- ☐ Zedmes.

De acuerdo a los lineamientos plasmados en la metodología aprobada del proyecto, se ha establecido la campaña de exploración para los diferentes ítems de diseño, como se relaciona a continuación.

6.2.1. Exploración proyectada para edificaciones.

A partir de la información suministrada por la PROMOTORA FERROCARRILES DE ANTIOQUIA en la etapa de Pre factibilidad, complementada con la obtenida durante las inspecciones de campo se han identificado veinte (20) ubicadas lo largo del corredor existente, la totalidad de las cuales fueron declaradas como Patrimonio Material según Decreto 746 del 24 de abril de 1996.

De acuerdo a la propuesta de Plan de Intervención correspondiente a Operación y Mantenimiento no se requiere de estaciones intermedias a lo largo del Tramo III. De manera tentativa y en espera

de los avances del entregable del componente citado, para efectos del presente Plan de Intervención se considera la necesidad de contar con una estación en proximidades a la actual **estación Botero y otra en Grecia**.

En este sentido, la campaña de exploración estará orientada a conocer las características estratigráficas para cada uno de los sectores en donde se reportan las estaciones mencionadas.

Para tal fin se toma como lineamientos de referencia los indicados por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Tabla 2. Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN

Fuente: Título H – NSR 10. Tabla H.3.1-1

Tabla 3. Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

Fuente: Título H – NSR 10. Tabla H.3.2-1

Para la ejecución del presenta Plan de Intervención, se consideran las dos (2) posibles estaciones (Botero y Grecia) como estructuras de categoría **Baja** (hasta 3 niveles y cargas máximas de servicio en columnas menores de 800 kN), para las cuales, a nivel de estudios a Fase III se requiere la ejecución de tres (3) sondeos a una profundidad 6,0m.

Sin embargo, teniendo en cuenta que las estaciones ferroviarias, se encuentran catalogadas dentro del grupo de uso IV (NSR 10 Título A), lo que conlleva al área estructural al empleo de un coeficiente de importancia de 1,50 para la evaluación de las cargas finales de diseño, con lo cual se determinará de manera específica si las estaciones aún se mantienen como categoría baja (cargas menores a 800 kN) o si pasarían a catalogarse como de categoría media. Valoración que hará parte de las conclusiones y recomendaciones para la etapa posterior de estudios a Fase III.

Así las cosas, considerando que el proyecto en desarrollo corresponde a la etapa de Factibilidad así como el presupuesto disponible para los trabajos de campo, se proyecta la ejecución de un (1) sondeo manual a 6,0m de profundidad para cada una de las estaciones.

Tabla 4. Planteamiento campaña de exploración para Estaciones

ID	Estación	SONDEOS	
		Cantidad	Profundidad (m)
1	Grecia	1	6,0
20	Botero	1	6,0

Es importante tener en cuenta que, como resultado del Ajuste al Estudio de Demanda, no se requiere de estaciones de pasajeros dentro del Tramo III.

6.2.2. Exploración proyectada para Puentes

En el caso de los puentes proyectados de acuerdo a la versión vigente del Estudio de Diseño Geométrico, se reporta una cantidad total de cuarenta (40) estructuras, indicando un significativo aumento en la cantidad de estructuras relacionadas en los estudios de pre factibilidad, en los cuales se listaba un total de veintisiete (27) puentes.

En la tabla a continuación se relacionan las características principales de las estructuras proyectadas (pontones, pasos superiores y viaductos) de acuerdo al Estudio de Diseño Geométrico vigente.

Tabla 5. Pontones, Pasos y Viaductos Proyectados

ID	Estructura No.	WBS	Abscisa inicial	Abscisa final	Longitud Total (m)	Luces
1	Puente	PT01	K6+331	K6+356	25,01	1
2	Puente	PT02	K7+112	K7+133	21,00	1
3	Puente	PT03	K8+441	K8+491	50,01	1
4	Pontón	PN01	K11+892	K11+899	7,00	1
5	Paso superior	PS01	K18+511	K18+531	20,00	1
6	Viaducto	VI01	K20+310	K20+470	160,03	4
7	Viaducto	VI02	K21+091	K21+291	200,04	4
8	Viaducto	VI03	K35+942	K36+112	169,94	4
9	Viaducto	VI04	K36+237	K36+392	155,00	3
10	Viaducto	VI05	K36+944	K37+119	175,00	4
11	Paso superior	PS02	K37+194	K37+214	20,00	1
12	Viaducto	VI06	K38+236	K38+276	40,00	1
13	Viaducto	VI07	K39+091	K39+146	55,00	1
14	Viaducto	VI08	K39+754	K39+814	60,00	1
15	Viaducto	VI09	K44+760	K45+005	245,00	5
16	Viaducto	VI10	K45+670	K45+770	100,00	2
17	Viaducto	VI11	K45+835	K46+116	280,03	4
18	Viaducto	VI12	K46+995	K47+015	20,00	1
19	Viaducto	VI13	K49+933	K50+048	115,00	4

ID	Estructura No.	WBS	Abscisa inicial	Abscisa final	Longitud Total (m)	Luces
20	Viaducto	VI14	K51+675	K51+765	90,00	3
21	Viaducto	VI15	K58+463	K58+703	239,74	4
22	Viaducto	VI16	K68+119	K68+158	39,19	1
23	Viaducto	VI17	K68+397	K68+437	40,00	1
24	Viaducto	VI18	K69+806	K69+906	99,53	2
25	Viaducto	VI19	K70+160	K70+315	155,00	3
26	Viaducto	VI20	K72+815	K72+955	140,00	3
27	Viaducto	VI21	K80+328	K80+408	80,00	2
28	Viaducto	VI22	K85+498	K85+528	30,00	1
29	Viaducto	VI23	K92+876	K92+906	30,00	1
30	Viaducto	VI24	K100+078	K100+108	29,95	1
31	Viaducto	VI25	K101+003	K101+193	190,00	4
32	Viaducto	VI26	K101+785	K102+503	718,08	11
33	Viaducto	VI27	K103+693	K103+883	190,00	4
34	Viaducto	VI28	K105+038	K105+203	165,00	3
35	Viaducto	VI29	K106+218	K106+398	179,75	3
36	Viaducto	VI30	K109+073	K109+218	145,00	4
37	Viaducto	VI31	K109+658	K109+713	55,00	1
38	Viaducto	VI32	K118+635	K118+735	100,00	2
39	Viaducto	VI33	K119+773	K119+828	55,00	1
40	Viaducto	VI34	K121+480	K121+710	230,00	4

La campaña de exploración para el caso específico de los puentes y viaductos, está regida por los requerimientos de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes LRFD (CCP-14), específicamente en la sección 10 (tabla 10.4.2.1), en donde se indica el requerimiento de adelantar como mínimo un punto de exploración por sub estructura para estudios de detalle Fase III.

Para el desarrollo del contrato actual, al tener un alcance de Factibilidad, previamente, la campaña de exploración fue ajustada, tal como se planteó inicialmente en el Informe de Metodología del proyecto, como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 6. Planteamiento Metodología - campaña de exploración para puentes vehiculares

No. Apoyos	Sondeos estimados	Profundidad de Perforación (m)	Líneas Sísmicas
2	1	30,0	1 de 75m
3 - 5	2	35,0	1 de 100m
6 - 8	3	35,0	2 de 100m
mayores a 8	4	35,0	2 de 100m

* Según el comunicado FERR-CPB-116-2020 en los puentes con longitudes entre los 50,0m y los 150,0m se puede realizar una perforación de 30,0m de profundidad por puente.

No obstante, teniendo en cuenta el presupuesto y los ítems aprobados por la Promotora para la ejecución de trabajos de campo, se nos solicitó efectuar la optimización del planteamiento inicialmente propuesto a nivel de la metodología, dando como resultado lo que se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 7. Planteamiento optimizado campaña de exploración para puentes

Estructura No.	SONDEOS		Luces
	Cantidad	Profundidad (m)	
1	1	10	1
2	1	10	1
3	1	10	1
4	1	10	1
5	1	10	1
6	2	10	4
7	2	10	4
8	2	10	4
9	2	10	3
10	2	10	4
11	1	10	1
12	1	10	1
13	1	10	1
14	1	10	1
15	2	10	5
16	1	10	2
17	2	10	4
18	1	10	1
19	2	10	4
20	1	10	3
21	1	10	4
22	1	10	1
23	1	10	1
24	1	10	2
25	1	10	3
26	1	10	3
27	1	10	2
28	1	10	1
29	1	10	1
30	1	10	1
31	2	10	4
32	3	10	11
33	1	10	4
34	1	10	3

Estructura No.	SONDEOS		Luces
	Cantidad	Profundidad (m)	
35	1	10	3
36	2	10	4
37	1	10	1
38	1	10	2
39	1	10	1
40	2	10	4

Como puede observarse en la Tabla 7, se ha contemplado la ejecución entre una (1) y dos (2) perforaciones por estructura (10,0m de profundidad c/u).

En el caso de la estructura No. 32 al tener once (11) luces, se contempla la ejecución de tres (3) perforaciones mecánicas (10,0m de profundidad c/u).

6.2.3. Exploración proyectada para Muros

De acuerdo al avance del Estudio de Diseño Geométrico, se ha identificado a la fecha la necesidad de proyectar un total de once (11) estructuras de contención, de alturas variables entre los 0,70m y los 10,0m. Siendo importante tener en cuenta que una vez se cuente con el diseño geométrico final, así como con el avance de los análisis de estabilidad de taludes para el caso específico de los terraplenes, la cantidad de estructuras podrían incrementar.

En la tabla a continuación se relacionan las estructuras de contención consideradas a la fecha en el proyecto.

Tabla 8. Muros de Contención Proyectados

ID	Estructura No.	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Longitud (m)	Rango de Altura (m)
1	Muro	K56+790	K56+820	30,00	2,90 – 7,20
2	Muro	K58+759	K58+903	143,64	0,70 – 3,50
3	Muro	K67+070	K67+130	60,00	2,20 – 9,50
4	Muro	K82+800	K82+860	60,00	0,90 – 2,90
5	Muro	K100+313	K100+403	90,00	5,00 – 8,70
6	Muro	K100+653	K100+753	100,00	4,10 – 7,70
7	Muro	K102+850	K102+870	20,00	0,80 – 4,20
8	Muro	K105+573	K105+753	180,00	4,70 – 9,20
9	Muro	K105+873	K106+118	244,96	3,70 – 10,0
10	Muro	K109+650	K109+658	8,28	1,70 – 4,00
11	Muro	K124+490	K124+555	65,28	1,30 – 4,30

Teniendo en cuenta el presupuesto asignado para las actividades correspondientes a la campaña de exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio, no se ha estimado la realización de exploraciones en los puntos específicos de construcción de los muros, los cuales, serán diseñados de acuerdo a la zonificación geológico – geotécnica derivada de las perforaciones efectuadas para el ítem de puentes, taludes y tuneles.

6.2.4. Exploración proyectada para Taludes

Para el ítem de taludes, la campaña de exploración estará orientada a corroborar la zonificación geológico – geotécnica establecida en la etapa de Pre factibilidad, para lo cual, al igual que en los capítulos previos, se plantea la ejecución de perforaciones directas.

De acuerdo al diseño geométrico del corredor, una longitud cercana a los 93 kilómetros contempla la ejecución de movimientos de tierras de magnitud importante (cortes y/o terraplenes) de alturas superiores a los 15,0m y hasta los 50,0m, los cuales requieren una caracterización adecuada con el fin de establecer las recomendaciones de intervención más representativas, estos tramos se encuentran comprendidos en las abscisas a continuación:

Tabla 9. Tramos de cortes y/o terraplenes de categoría importante

Sector No.	Abscisa inicial	Abscisa final	Longitud Aprox (m)
1	K8+100	K24+200	16100
2	K33+550	K71+100	37550
3	K81+950	K106+800	24850
4	K109+900	K124+553	14653

En este sentido, la propuesta de exploración recomendada se plantea en la tabla a continuación, la cual será ajustada una vez se cuente con el diseño geométrico definitivo, con el fin de concentrar la distribución de la exploración en las zonas de mayor intervención.

Adicionalmente, teniendo en cuenta que desde el área de túneles se proyecta la ejecución de nueve (9) perforaciones mecánicas con profundidades variables entre los 25,0 y 35,0m para adelantar la respectiva zonificación geológico – geotécnica de dichas estructuras y sus portales, las cuales también han sido incluidas en el plan de exploración con el propósito de optimizar los recursos disponibles.

Tabla 10. Planteamiento campaña de exploración para zonificación Taludes

SONDEOS		
Distribución	Cantidad	Profundidad (m)
1 sondeo @ 7,0 a 10,0km aprox.	13	6,0
	9	25,0 – 35,0

Para el ítem de sitios inestables se ha contemplado preliminarmente un total de quince (15) sitios para la ejecución de análisis particulares de estabilización de taludes. En el documento de metodología, se presentó la tabla que se muestra a continuación, que correspondió al planteamiento inicial.

Tabla 11. Planteamiento Metodología inicial campaña de exploración para sitios especiales y/o críticos

Complejidad	Sondeos estimados	Profundidad mínima de Perforación (m)	Líneas Sísmicas
Media	1	25,0	1 de 75ml
Alta	2	25,0	2 de 75ml

Sin embargo, tal y como se expuso en el capítulo de puentes, con el ánimo de ajustar las cantidades al presupuesto e ítems aprobados por la Promotora, se realiza la optimización del plan inicial, tal y como se propone a continuación:

Tabla 12. Planteamiento optimizado campaña de exploración para Sitios Inestables

Complejidad	# sitios inestables	Sondeos estimados por sitio	Profundidad de Perforación (m)
Media	8	1	10,0
Alta	8	1	10,0

6.2.5. Exploración proyectada para Zodmes

Para el caso particular de las zonas de disposición, se han determinado de manera preliminar un total de cinco (5) áreas, para las cuales en el documento de metodología se planteó la ejecución de dos (2) perforaciones mecánicas por Zodme, a una profundidad mínima de 15,0m.

Pero en vista de la necesidad de optimización para dar cumplimiento al presupuesto, se plantea un alcance optimizado, correspondiente a **una (1) perforación manual de 6,0m por zodme**.

Tabla 13. Planteamiento optimizado campaña de exploración para Zodmes

Zodmes (UN)	Sondeos estimados	Profundidad de Perforación (m)
5	1 @ Zodme	6,0

6.2.6. Exploración Fuentes de Materiales

Finalmente, para el análisis de las posibles fuentes de materiales, se ha contemplado como punto de partida un total de siete (7) zonas, para las cuales se proyecta la ejecución de un (1) apique para la recuperación de la respectiva muestra representativa y la realización de ensayos de laboratorio.

Tabla 14. Planteamiento optimizado campaña de exploración para Fuentes de Materiales

Fuentes (UN)	Apiques estimados	Profundidad (m)
7	1 @ Fuente	1,0

6.2.7. Programa Ensayos de Laboratorio

Sobre las muestras recuperadas en la etapa de exploración del subsuelo, se procederá a la ejecución de un programa de ensayos de laboratorio, con el propósito de caracterizar física y mecánicamente los materiales muestreados.

Los ensayos a ejecutar han sido seleccionados de acuerdo a los ítems aprobados para el proyecto. La cantidad de ensayos a ejecutar se han establecido en proporción a las muestras recuperadas como se relaciona en las tablas siguientes.

Tabla 15. Planteamiento cantidades ensayos de laboratorio perforaciones mecánicas

Ensayo	Distribución Cantidades
Granulometría tamiz 200	@ 4 muestras
Límites de consistencia	@ 4 muestras
Materia orgánica colorimétrico	1 por sondeo
Consolidación	1 por sondeo
CD consolidado - drenado	1 por sondeo
CD en rocas blandas	0 a 1 por sondeo
Compresión simple en rocas	1 por sondeo
Carga puntual	1 por sondeo
Peso unitario	2 por sondeo

Tabla 16. Planteamiento cantidades ensayos de laboratorio Fuentes de Materiales

Ensayo	Distribución Cantidades
Granulometria	1 por apique
Limites de consistencia	1 por apique
Materia organica colorimetrico	1 por apique
CBR suelos granulares	1 por apique
Equivalente de arena	1 por apique
Resistencia al desgaste	1 por apique
Peso unitario	1 por apique

7. CONCLUSIONES Y ANOTACIONES GENERALES

Teniendo en cuenta el alcance de los estudios de pre factibilidad, el presente plan de intervención se ha centrado en plantear las actividades de campo que permitan validar la zonificación geológica planteada en la etapa anterior, así como establecer de manera representativa las características físicas y mecánicas de los suelos que comprenden la estratigrafía en cada una de las zonas homogéneas.

Con base en lo anterior, este documento está orientado al establecimiento de la campaña de exploración del subsuelo, para la caracterización y ejecución de los análisis geotécnicos a nivel de factibilidad para el diseño de edificaciones, puentes, taludes, sitios críticos y zodmes. Campaña que está siendo coordinada con el área de túneles, con el fin de lograr una optimización conjunta de acuerdo al presupuesto disponible para las actividades de campo y laboratorio.

Las campañas de exploración proyectadas comprenden la ejecución de perforaciones manuales y mecánicas de profundidades variables entre 6,0 y 35,0m de acuerdo a las características de las obras.

Siendo importante mencionar que no ha sido incluido en la campaña de exploración el ítem correspondiente a líneas de refracción sísmica, ya que el precio unitario del listado de la Promotora dista radicalmente del precio comercial, lo que impide realizar negociaciones con proveedores de dicha actividad. De igual manera no han sido incluidos analisis asociados a la ejecución de estudios de respuesta Local, ya que no hacen parte del alcance a nivel de factibilidad, y tampoco se incluyen los ensayos requeridos para dicha actividad en los ítems de precios aprobados.

Si bien es cierto que, en la metodología del proyecto se contempló un lineamiento preliminar en cuanto a la cantidad y profundidad de las perforaciones que se consideran pertinentes para adelantar los estudios de Fase II avanzada, ha sido necesario realizar un nuevo planteamiento optimizado (presente documento) ante la solicitud realizada por la Promotora de ajustarnos al

presupuesto oficial de la promotora para actividades de campo, buscando la mejor distribución de los recursos disponibles.

No obstante, lo anterior, desde el área técnica se considera importante que la Promotora Ferrocarril de Antioquia evalúe la posibilidad de incrementar el presupuesto para actividades de campo, entre un 70 a 80% del valor actualmente estipulado, con el fin de ampliar la campaña de exploración para lograr satisfacer de manera representativa la etapa de Factibilidad Avanzada.