

# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

## OBJETIVOS Y GENERALIDADES

*"Emitido para"*

**Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA**

**TABLA DE CONTENIDO**

1	OBJETIVOS .....	14
1.1	Objetivo General .....	14
1.2	Objetivos Específicos .....	14
2	GENERALIDADES .....	15
2.1	ANTECEDENTES .....	15
2.2	ALCANCES .....	16
2.3	METODOLOGÍA .....	19
2.3.1	Caracterización del Área de Influencia .....	19
2.3.2	Área de influencia .....	196
2.3.3	Zonificación Ambiental y de Manejo .....	196
2.3.4	Demanda, Uso, Aprovechamiento y/o Afectación de Recursos Naturales ..	199
2.3.5	Evaluación Ambiental .....	199
2.3.6	Evaluación Económica .....	205
2.3.7	Programas de Manejo Ambiental .....	208
2.3.8	Plan de seguimiento y monitoreo .....	210
2.3.9	Plan de Gestión del Riesgo .....	212
2.3.10	Plan de Inversión del 1% .....	214
2.3.11	Plan de desmantelamiento y abandono .....	214
2.3.12	Plan de Compensación por pérdida de biodiversidad .....	215
2.3.13	Marco de referencia legal .....	218
2.4	Grupo de trabajo .....	221

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 2-1 Vuelos y numero de imágenes sobre el área de influencia físico-biótica .....	23
Tabla 2-2 Criterios de valoración para la calidad visual .....	28
Tabla 2-3 Rangos de valoración de la calidad visual del paisaje .....	29
Tabla 2-4 Rangos de visibilidad y escalas visuales.....	30
Tabla 2-5 Criterios de valoración para la integridad escénica .....	32
Tabla 2-6 Características de la integridad escénica del paisaje .....	33
Tabla 2-7 Fragilidad visual de acuerdo con la capacidad de absorción visual .....	33
Tabla 2-8 Valoración final de la fragilidad visual.....	35
Tabla 2-9 Condiciones para la estimación del valor paisajístico .....	35
Tabla 2-10 Cuerpos Lóticos.....	43
Tabla 2-11 Clasificación tamaño de la cuenca.....	46
Tabla 2-12 Clasificación por factor de forma .....	46
Tabla 2-13 Clasificación por coeficiente de compacidad .....	47
Tabla 2-14 Clasificación por índice de alargamiento.....	47
Tabla 2-15 Clasificación por tipo de canal.....	49
Tabla 2-16 Información de campo de las estaciones de muestreo.....	50
Tabla 2-17 Descripción estaciones de muestreo.....	52
Tabla 2-18 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas evaluadas .....	61
Tabla 2-19 Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas del agua.....	64
Tabla 2-20 Interpretación del índice ICA.....	64
Tabla 2-21 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO) .....	65

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 2-22 Estación de monitoreo de aguas subterráneas.....	66
Tabla 2-23 Descripción del punto de monitoreo de aguas subterráneas.....	67
Tabla 2-24. Variables evaluadas, tipo de muestreo y método de preservación de las muestras de aguas superficiales.....	71
Tabla 2-25. Métodos y técnicas analíticas utilizadas para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.....	73
Tabla 2-26 Pesos asignados para los factores analizados según la influencia evidenciada.	76
Tabla 2-27 Valoración de la susceptibilidad total.....	77
Tabla 2-28 Estaciones climatológicas .....	77
Tabla 2-29 Clasificación índice de aridez.....	82
Tabla 2-30 Ubicación geográfica estaciones de monitoreo de calidad de aire.....	82
Tabla 2-31 Contaminantes medidos.....	82
Tabla 2-32 Ubicación geográfica de estaciones de monitoreo de ruido ambiental .....	84
Tabla 2-33 Técnica de medición utilizada .....	85
Tabla 2-34 Cálculos para determinación de los valores de Ajustes K .....	86
Tabla 2-35 Valores $\Psi$ de acuerdo con estándar NMPB-Routes .....	97
Tabla 2-36 Valores R(j) de acuerdo con estándar EN 1793-3.....	97
Tabla 2-37 Datos de emisión de ruido asociados al componente Lroll.....	98
Tabla 2-38 Datos de emisión de ruido asociados al componente Lengine .....	99
Tabla 2-39 Cálculos para el índice de valor de importancia I.V.I. ....	107
Tabla 2-40 Parámetros para el cálculo de los índices de diversidad.....	112
Tabla 2-41 Categorización de las coberturas de la tierra identificadas en el AI del proyecto para análisis de fragmentación y conectividad. ....	114
Tabla 2-42 Fuentes de información secundaria especies vasculares y no vasculares de hábito epífita, terrestre y/o rupícola.....	117

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 2-43 Relación de unidades de muestreo para cada cobertura de la tierra .....	119
Tabla 2-44 Métodos no paramétricos .....	125
Tabla 2-45 Listado de fuentes para recopilación de información secundaria de fauna ....	128
Tabla 2-46 Resolución de veda a nivel nacional y regional .....	129
Tabla 2-47 Coberturas de la tierra definidas para el estudio de la Fauna Silvestre en el area de influencia del proyecto .....	132
Tabla 2-48 Coordenadas de los recorridos de observación para el registro de Avifauna en el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental EIA. ....	134
Tabla 2-49 Puntos de instalación de las redes de niebla para la captura e identificación de la avifauna presente en el área de influencia para el Estudio de Impacto Ambiental .....	135
Tabla 2-50 Coordenadas de los recorridos de búsqueda y observación para el registro anfibios y reptiles en el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental .....	137
Tabla 2-51 Coordenadas de los recorridos de observación de Mamíferos en el área del Estudio de Impacto Ambiental EIA. ....	140
Tabla 2-52 Coordenadas de los puntos de instalación de trampas para el muestreo de Mamíferos en el área del proyecto del Estudio de Impacto Ambiental EIA. ....	143
Tabla 2-53 Esfuerzo de muestreo empleado durante la fase de campo para la caracterización de la avifauna en el área de influencia del proyecto .....	146
Tabla 2-54 Cálculos para el esfuerzo de muestreo y éxito captura de los mamíferos registrados en el área de influencia del proyecto .....	146
Tabla 2-55 Índices ecológicos utilizados para la interpretación de datos obtenidos durante la fase de campo .....	147
Tabla 2-56 Información de campo de las estaciones de muestreo.....	149
Tabla 2-57 Descripción estaciones de muestreo.....	151
Tabla 2-58 Número de litros filtrados por estación de muestreo para el monitoreo de plancton .....	160
Tabla 2-59 Datos de número de raspados y área de muestreo de la comunidad perifítica .....	161

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 2-60 Datos de área de muestreo de la comunidad bentónica.....	162
Tabla 2-61 Arte de pesca y esfuerzo de muestreo por estación.....	163
Tabla 2-62 Esfuerzo de muestreo por estación para el monitoreo de macrófitas acuáticas. .....	164
Tabla 2-63 Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representación.....	171
Tabla 2-64 Matriz Aplicación de Instrumentos de caracterización – medio socio económico .....	178
Tabla 2-65 Vuelos y numero de imágenes sobre el área de influencia físico-biótica .....	194
Tabla 2-66 Categorías de zonificación ambiental y de manejo ambiental .....	198
Tabla 2-67 Carácter del Impacto (CA).....	200
Tabla 2-68 Tipo (TI).....	200
Tabla 2-69 Magnitud del impacto (MG) .....	200
Tabla 2-70 Resiliencia (R).....	201
Tabla 2-71 Tendencia del impacto (TD).....	202
Tabla 2-72 Cobertura (CO).....	202
Tabla 2-73 Permanencia o duración (DR).....	202
Tabla 2-74 Periodicidad (PR) .....	203
Tabla 2-75 Recuperabilidad (RC) .....	203
Tabla 2-76 Acumulación y sinergia (A) .....	203
Tabla 2-77 Probabilidad de ocurrencia (PO) .....	204
Tabla 2-78 Importancia de los impactos .....	205
Tabla 2-79 Importancia global del impacto IMGImp.....	205
Tabla 2-80 Programas de manejo para el medio abiótico .....	208

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Tabla 2-81 Programas de manejo para el medio biótico .....	209
Tabla 2-82 Programas de manejo para el medio socioeconómico .....	209
Tabla 2-83 Contenido de las fichas de manejo.....	210
Tabla 2-84 Estructura del Programa de Seguimiento y Monitoreo .....	211
Tabla 2-85 Marco de referencia legal.....	218
Tabla 2-86 Grupo de trabajo .....	222

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 2-1 Representación de un plano visual	31
Figura 2-2 Esquema jerárquico y multicategorico del sistema geomorfológico aplicado a suelos	39
Figura 2-3 Flujograma del componente suelos	40
Figura 2-4 Puntos de muestreo en campo	45
Figura 2-5 Patrón de drenaje	49
Figura 2-6 Localización de los puntos de monitoreo	52
Figura 2-7 Actividades de la etapa de preparación	59
Figura 2-8 Actividades de la etapa de preparación.	69
Figura 2-9 Estaciones seleccionadas	78
Figura 2-10 Diagrama de proceso de la modelación con AERMOD	88
Figura 2-11 Proceso de estimación de emisiones en la zona de evaluación	91
Figura 2-12 Diagrama de proceso de modelación de propagación y atenuación sonora	95
Figura 2-13 Proceso de estimación de emisiones en la zona de evaluación	96
Figura 2-14 Imagen para la interpretación de coberturas	100
Figura 2-15 Esquema metodológico para el mapa de ecosistemas a escala 1:25.000.	101
Figura 2-16 Recomendaciones para la medición del diámetro.	104
Figura 2-17 Criterios para la medición de alturas	105
Figura 2-18 Métricas de fragmentación FAD	115
Figura 2-19 . Resumen de umbrales, nombres y asignación de colores de clases de fragmentación FAD	116
Figura 2-20 Patrones de resultados usando la herramienta MSPA para el análisis de conectividad estructural en el AI del proyecto.	117

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Figura 2-21 Esquema metodológico para caracterización del componente Fauna	131
Figura 2-22 Localización de los puntos y recorridos de observación para el muestreo y la caracterización de Avifauna en el área de estudio del EIA	133
Figura 2-23 Localización de los recorridos de observación de Mamíferos en el área del Estudio de Impacto Ambiental EIA.	140
Figura 2-24 Localización de los puntos de muestreo de Mamíferos en el área del proyecto	144
Figura 2-25 Localización de los puntos de monitoreo	150
Figura 2-26 Actividades de la etapa de preparación	158
Figura 2-27 Actividades de la etapa de campo	159
Figura 2-28 Actividades de la etapa de laboratorio	166
Figura 2-29 Actividades de la etapa de gabinete de comunidades hidrobiológicas	169
Figura 2-30 Actividades de la etapa de gabinete. Tratamiento estadístico de correlación de variables bióticas y abióticas	172
Figura 2-31 Mapa de Clasificación del suelo. Detalle área de estudio	184
Figura 2-32 Mapa de Clasificación del suelo. Detalle área de estudio	185
Figura 2-33 Mapa de Clasificación del suelo. Detalle área de estudio.	185
Figura 2-34 Proyección sondeos área a intervenir, proyecto Accesos Norte Fase II, UF1 a UF5	190
Figura 2-35 Metodología Evaluación Económica Ambiental	206
Figura 2-36 Relación de SSEE con algunos beneficios en el bienestar humano	207
Figura 2-37 Procesos de la Gestión del Riesgo de Desastres	212
Figura 2-38 Conocimiento del riesgo	213
Figura 2-39 Reducción del riesgo	213
Figura 2-40 Manejo del desastre o emergencia	214

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte  
Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

---



### **LISTA DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 2-1 Toma de muestras de agua para análisis fisicoquímico .....	60
Fotografía 2-2 Medición de parámetros in situ.....	60
Fotografía 2-3 Toma de muestras bacteriológicas y de grasas y aceites. ....	61
Fotografía 2-4 Toma de muestras para análisis fisicoquímico. ....	70
Fotografía 2-5 Toma de muestras para análisis fisicoquímico. ....	70
Fotografía 2-6. Lectura de parámetros in situ.....	70
Fotografía 2-7. Lectura de parámetros in situ.....	70
Fotografía 2-8. Toma de muestras para análisis de grasas y aceites. ....	71
Fotografía 2-9. Toma de muestras para análisis de coliformes. ....	71
Fotografía 2-10 Avistamiento y reconocimiento de cantos de las aves en el área de influencia del proyecto.....	134
Fotografía 2-11 Observación y reconocimiento de cantos de las aves en el área de influencia del proyecto.....	134
Fotografía 2-12 Instalación de redes de niebla sobre la cobertura de interés en el área de influencia del proyecto .....	136
Fotografía 2-13 Captura de aves en redes de niebla para la identificación taxonómica dentro del área de influencia .....	136
Fotografía 2-14 Búsqueda activa de anfibios y reptiles en el área de intervención del proyecto EIA .....	137
Fotografía 2-15 Búsqueda de anfibios y reptiles debajo del material vegetal en el área de intervención del proyecto EIA .....	137
Fotografía 2-16 Búsqueda de rastros de mamíferos medianos o grandes dentro del área de influencia del proyecto .....	139
Fotografía 2-17 Instalación de trampas Sherman para la captura de pequeños mamíferos en el área del proyecto.....	141

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fotografía 2-18 Instalación trampa Tomahawk para la captura de medianos mamíferos en el área del proyecto.....	142
Fotografía 2-19 Instalación cámaras trampa para captura de pequeños, medianos y grandes mamíferos en el área del proyecto .....	142
Fotografía 2-20 Colecta de muestra de fitoplancton. ....	160
Fotografía 2-21 Colecta de muestra de zooplancton .....	161
Fotografía 2-22 Toma de muestras de perifiton. ....	162
Fotografía 2-23 Toma de muestra del componente bentónico mediante Red Surber.....	163
Fotografía 2-24 Arrastres de Nasa.....	164
Fotografía 2-25 Muestreo de la comunidad de macrófitas acuáticas. ....	165
Fotografía 2-26 Montaje en microscopio de luz compuesto de la placa Sedgwick-Rafter para análisis de plancton y perifiton .....	167
Fotografía 2-27 Tamices utilizados para la separación de individuos.....	167
Fotografía 2-28 Montaje en estereoscopio para en análisis de macroinvertebrados.....	167
Fotografía 2-29 Reunión octubre 20 con Asociación Red Borde Norte 2022 .....	177
Fotografía 2-30 Reunión noviembre 22 con Asociación Red Borde Norte 2022 .....	177
Fotografía 2-31 Entrevista Directora Ejecutiva – Asociación Red Borde Norte .....	180
Fotografía 2-32 Entrevista con Administradora Conjunto Torres de Santa Lucia - Usaquen .....	180
Fotografía 2-33 Entrevista con miembro de organización comunitaria de movilidad en Suba .....	180
Fotografía 2-34 Entrevista con Asojuntas y Referente Comunal de Suba .....	180
Fotografía 2-35 Entrevista con miembros Junta Acción comunal Barrio Verbenal Sector II - Usaquén.....	180
Fotografía 2-36 Entrevista con miembros Junta Acción comunal Mirandela - Suba .....	180
Fotografía 2-37 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 sentido S-N (1) .....	186

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Fotografía 2-38 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 sentido S-N (2) .....	186
Fotografía 2-39 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 – Calle 235 sentido S-N (1)....	186
Fotografía 2-40 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 – Calle 235 sentido S-N (2)....	186
Fotografía 2-41 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 224 sentido S-N (1)....	186
Fotografía 2-42 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 224 sentido S-N (2)....	186
Fotografía 2-43 Estado actual Autopista Norte y Calle 215 – Calle 209 sentido S-N (1)....	187
Fotografía 2-44 Estado actual Autopista Norte y Calle 215 – Calle 209 sentido S-N (2)....	187
Fotografía 2-45 Estado actual Autopista Norte y Calle 207 – Calle 215 sentido N-S (1)....	187
Fotografía 2-46 Estado actual Autopista Norte y Calle 207 – Calle 215 sentido N-S (2)....	187
Fotografía 2-47 Estado actual Autopista Norte y Calle 224 – Calle 235 sentido N-S (1)....	187
Fotografía 2-48 Estado actual Autopista Norte y Calle 224 – Calle 235 sentido N-S (2)....	187
Fotografía 2-49 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 237 sentido N-S (1)....	188
Fotografía 2-50 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 237 sentido N-S (2)....	188
Fotografía 2-51 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 237 sentido N-S (1)....	188
Fotografía 2-52 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 237 sentido N-S (2)....	188
Fotografía 2-53 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 sentido N-S.....	188
Fotografía 2-54 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 sentido N-S.....	188

## 1 OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo General

Elaborar el Estudio de Impacto Ambiental, como instrumento de gestión, que incluya el diseño y formulación de los planes programas, medidas o acciones tendientes a prevenir, mitigar, corregir o compensar los posibles impactos sobre el entorno que se pueden suscitar por la ejecución de las obras del proyecto Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3 4 y 5

### 1.2 Objetivos Específicos

- Describir, caracterizar y analizar el entorno (físico, biótico y social) del área de influencia de la construcción del proyecto Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3 4 y 5.
- Identificar las áreas de manejo ambiental que deben ser excluidas o tratadas de manera especial durante la etapa de construcción.
- Evaluar la oferta y la vulnerabilidad ambiental de los sistemas naturales y sociales utilizados o afectados en las diferentes zonas de intervención.
- Identificar, definir y evaluar los impactos ambientales que puede generar sobre los recursos naturales y el medio ambiente, la construcción, operación y mantenimiento del corredor vial, así como la construcción de las obras hidráulicas (alcantarillas y box).
- Recopilar la información necesaria sobre los recursos naturales aprovechados o afectados por las obras y solicitar los permisos ambientales del caso.
- Realizar una valoración económica de los impactos positivos y negativos generados por el desarrollo del proyecto.
- Elaborar el Plan de Manejo Ambiental con base en las características de la línea base y la identificación de los impactos, que permita prevenir, mitigar, corregir o compensar los efectos adversos sobre el medio intervenido, y potenciar los positivos derivados de la ejecución del proyecto.
- Efectuar un análisis de amenazas probables en la zona de intervención y generar un plan de contingencia general para la etapa de construcción de las obras contempladas en el alcance del presente estudio.

## 2 GENERALIDADES

### 2.1 ANTECEDENTES

La PROMESA DE SOCIEDAD FUTURA APP ACCESOS NORTE DE BOGOTÁ S.A.- ACCENORTE FASE II, presentó a la Agencia Nacional de Infraestructura- ANI mediante radicado No. 2015-409-059893-2 del 18 de septiembre de 2015 y documentos de alcance No. 2016-409-058393-2 del 11 de julio de 2016 y No. 2016-409-078526-2 del 5 de septiembre de 2016, la propuesta de Asociación Público-Privada de Iniciativa Privada para la ampliación de la Autopista Norte entre las calles 191 y 245 de la ciudad de Bogotá D.C.

Mediante oficio 2016-200-033121-1 del 21 de octubre de 2016, la Agencia Nacional de Infraestructura- ANI aprobó la Etapa de Prefactibilidad la cual fue evaluada de igual forma por el Instituto de Desarrollo Urbano- IDU, considerando el proyecto como de interés público, el cual tiene por objeto Mejorar la accesibilidad por el norte de Bogotá, empleando los corredores de la Autopista Norte entre la Calle 193 y la Calle 245 y la Carrera Séptima entre la Calle 183 y la Calle 245, realizando una ampliación a las capacidades viales de los corredores para mejorar el nivel de servicio del flujo vehicular.

En el documento CONPES 4060 del 29 de noviembre de 2021, denominado "*Política para el desarrollo de proyectos de infraestructura de transporte sostenible: Quinta Generación de Concesiones bajo el esquema de asociación público privada – Concesiones del Bicentenario*" se presenta el proyecto accesos norte con una longitud de 17,96 kilómetros como un proyecto de importancia estratégica para el desarrollo multimodal del país que complementa las intervenciones contempladas dentro del programa 4G y permitirá completar las conexiones entre las regiones y los centros de producción con las exigencias del comercio exterior; atendiendo las necesidades de corredores estratégicos, la multimodalidad y las necesidades socioeconómicas del país.

El Gobierno nacional, en cabeza de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) adjudicó el 10 de marzo de 2022, mediante el contrato de concesión Esquema "APP 001 de 2022", al consorcio Estructura Plural Ruta Bogotá Norte, conformado por Obras con Huarte Sucursal Colombia (50%) y Termotécnica Coindustrial SAS (50%), el contrato de concesión Accesos Norte 2, un proyecto de \$1.3 billones de pesos de inversión en obra, que busca mejorar la entrada y salida de Bogotá como también su conexión con el norte del país.

Las obras objeto de este contrato y que hacen relación con el presente estudio comprenden Autopista Norte entre calles 191 (K0+000) y 245 (K5+830): Se realizará la ampliación de dos (2) carriles mixtos, en ambos sentidos y la Construcción de un (1) carril de Transmilenio entre la calle 191 (K0+000) y la Calle 235 (K4+600) en ambos sentidos.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Por calzada comprende la Construcción de tres (3) carriles nuevos, el Mejoramiento de los tres (3) carriles existentes y la construcción de carriles de adelantamiento para Transmilenio en las estaciones proyectadas, en ambos sentidos, la Construcción de Anden y Ciclorruta entre las calles 191 (K0+000) y 245 (K5+830), en ambos costados de la vía con un ancho mínimo de 9.30 metros. Se realizarán dos (2) retornos a desnivel ubicados aproximadamente en la Calle 235 (K3+840) y en la Calle 242 (K5+594).

### 2.2 ALCANCES

El presente EIA se ha elaborado de acuerdo con los términos de referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de construcción de carreteras y/o túneles, expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) Resolución 751 del 26 de marzo de 2015. Adicionalmente se basó en lo establecido en la Metodología General para presentación de Estudios Ambientales y la normativa nacional ambiental vigente.

El EIA tiene como alcance:

- Establecer el área de influencia ambiental del Proyecto.
- Elaborar el diagnóstico ambiental (medios físico, biológico y socioeconómico) multidisciplinario del área de influencia directa.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales positivos y negativos para las etapas de pre- construcción, construcción, y abandono del Proyecto.
- Diseñar un Programa de Manejo Ambiental y Seguimiento y Monitoreo donde se establezca un conjunto de proyectos que contengan las medidas preventivas, de mitigación y correctivas para los impactos ambientalmente significativos, de manera tal que se garantice la sostenibilidad del Proyecto

A continuación, se hace un breve resumen del contenido de cada uno de los capítulos del presente EIA:

**Resumen Ejecutivo:** contiene los antecedentes y aspectos técnicos del proyecto; características más relevantes del medio físico, biótico y social; la información específica de los recursos ambientales a ser usados, aprovechados o afectados; la evaluación y jerarquización de los impactos ambientales positivos y negativos. Así mismo, se presenta una síntesis de los planes de manejo ambiental, monitoreo y seguimiento, y plan de gestión del riesgo.

**Capítulo 1. Objetivos:** Contiene los objetivos generales y específicos del Estudio de Impacto Ambiental, para el proyecto.

**Capítulo 2. Generalidades:** Describe en forma general el contenido de cada uno de los capítulos, y presenta una relación de los profesionales participantes (profesión,

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



especialización y responsabilidades); se especifican los mecanismos, procedimientos y métodos de recolección, procesamiento, y análisis de la información; se relaciona el marco normativo (leyes, reglamentos, decretos, acuerdos, planes de desarrollo, planes de gestión ambiental) considerados para la actualización de este estudio. Adicionalmente, presenta los aspectos relevantes desde la época de concepción del proyecto hasta la actualidad, conforme a lo planteado en la justificación de este, estudios anteriores y trámites previos ante autoridades competentes.

**Capítulo 3.** Descripción del proyecto: se presenta la localización geográfica, las características técnicas de las obras a construir, características de operación, descripción técnica de las obras complementarias tales como talleres, vías temporales, áreas para el almacenamiento y tratamiento de materiales, plantas de tratamiento, obras de drenaje, edificios de control, sistemas especiales, etc. Adicionalmente se hace un dimensionamiento de las actividades de construcción y operación, la identificación de las actividades constructivas susceptibles de producir impactos ambientales, un breve resumen de las generalidades contractuales; la demanda ambiental del proyecto y necesidad de personal y maquinaria del proyecto.

**Capítulo 4.** Áreas de influencia. Contiene la definición e identificación del área de influencia preliminar desde las consideraciones técnicas de cada uno de los componentes y delimitación definitiva del área de influencia directa del proyecto.

**Capítulo 5.** Caracterización del área de influencia del proyecto: Se hace una descripción del estado actual de los diferentes componentes que conforman el medio ambiente (línea base), integrando la información levantada para la realización del EIA, con la información levantada y analizada en virtud de los últimos requerimientos dados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales en la Resolución 751 del 26 de marzo de 2015. Así mismo, se describe la oferta ambiental existente en la zona de estudio sin proyecto, caracterizándose los medios físico, biótico y socioeconómico en sus elementos agua, suelo, geología, geotecnia, hidrología, hidrogeología, aire, ruido; comunidades florísticas, fauna terrestre y acuática; comunidades y poblaciones asentadas en el área de influencia, actividades productivas, usos del agua y proyección de la demanda hídrica, las características culturales, entre otros aspectos socioeconómicos que detallan la proyección de las comunidades y la tendencia de movilidad en el territorio o por fuera de este.

**Capítulo 6** Zonificación ambiental. A partir de la caracterización ambiental de las áreas de influencia y la legislación vigente se realiza la zonificación ambiental que integra información de áreas de importancia ecológica, áreas de recuperación ambiental, áreas de riesgo, áreas de producción económica y áreas de importancia para la determinación de la sensibilidad ambiental del proyecto.

**Capítulo 7.** Demanda, uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales. Se presenta la información relacionada con la demanda de los recursos naturales requeridos por el proyecto en su etapa de construcción y operación, especificando los permisos ambientales que se requieren para la realización del proyecto.

**Capítulo 8.** Evaluación Ambiental: mediante la implementación de la metodología de evaluación de impactos ambientales se calificarán los efectos que los mismos pueden producir, obteniendo una revisión ambiental del proyecto para verificar los efectos ambientales y si es del caso, redefinir cuáles elementos del medio son más susceptibles a ser deteriorados, y cuáles actividades del proyecto son más impactantes.

**Capítulo 9** Zonificación de manejo ambiental. A partir del concepto de sensibilidad y una síntesis de la caracterización ambiental, se realiza una actualización de la zonificación ambiental del proyecto para cada uno de los componentes ambientales abordados tanto en la caracterización como en la evaluación ambiental.

**Capítulo 10.** Evaluación Económica Ambiental. Contiene la estimación económica de los beneficios y costos ambientales que genera el proyecto.

**Capítulo 11.** Planes y programas. Este capítulo contiene los diferentes programas que hacen parte del estudio de impacto ambiental y se describen a continuación:

- Plan de manejo ambiental: Incluye las diferentes Medidas de Manejo Ambiental, requeridas para prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales causados con la ejecución del proyecto. Se incluyen los costos ambientales actualizados de los programas de manejo ambiental que hacen parte del PMA.
- Plan de seguimiento y monitoreo: Contiene los mecanismos para el monitoreo de variables e indicadores ambientales utilizados en el diagnóstico y evaluación de impactos. Se incluyen los costos ambientales y el cronograma para la implementación del Plan de Seguimiento y Monitoreo.
- Plan de gestión del riesgo. Contiene el análisis actualizado de amenazas y vulnerabilidades, donde identifica los riesgos asociados a la construcción y operación del proyecto, y los procedimientos operativos para manejar y atender las eventualidades que se consideran como riesgo.
- Plan de desmantelamiento y abandono. Contiene las actividades necesarias para realizar el cierre y abandono de la infraestructura temporal del proyecto
- Plan de compensación por pérdida de biodiversidad: Incluye la propuesta de compensación diseñada para el proyecto, según los impactos residuales sobre el componente biótico.
- Plan de Inversión del 1%: El presente estudio no contempla plan de Inversión forzosa de no menos del 1%, toda vez que el proyecto no contempla la captación de agua de fuentes naturales para sus actividades.

## 2.3 METODOLOGÍA

### 2.3.1 Caracterización del Área de Influencia

#### 2.3.1.1 Medio Abiótico

La metodología de trabajo para el desarrollo de los componentes que conforman el medio abiótico se realiza con base en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requeridos para el trámite de Licencia Ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con sus accesos (Resolución 751 de 2015 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), así como la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. (Resolución 1402 de 2018 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)

La información para el presente estudio se levantó durante los meses de noviembre y diciembre del año 2022 y enero y febrero del 2023.

##### 2.3.1.1.1 Geología

En general, la metodología se divide en dos etapas, una primera etapa de adquisición, revisión y análisis de información existente, y una segunda etapa de procesamiento e integración de la información y posteriormente la elaboración del componente de la geología del estudio de impacto ambiental.

Se realizó una recopilación de información temática y espacial obtenida en diferentes estudios e informes publicados por el Servicio Geológico Colombiano (antes INGEOMINAS), mapas oficiales la secretaria de ambiente de Bogotá, estudios de entidades gubernamentales y educativas, tales como:

- Memoria explicativa de los mapas del Neógeno y Cuaternario de la Sabana de Bogotá-cuenca alta del río Bogotá - HELMENS, K. & VAN der HAMMEN T. (1995): Presentan una diferenciación detallada de los depósitos cuaternarios en el norte de la cuenca alta del Rio-Bogotá
- Mapa geológico del Departamento de Cundinamarca – INGEOMINAS (2002): es el resultado de la compilación de los mapas geológicos realizados INGEOMINAS, a escala 1:100.000 a la fecha de publicaciones, con reconocimiento de campo y compilación bibliográfica.
- Geología de la Sabana de Bogotá – INGEOMINAS (2005): Presenta la actualización de la cartografía geológica del área de la Sabana de Bogotá, donde se unifica y empata las nomenclaturas y mapas geológicos de las diferentes planchas.
- Geología de la Plancha 228 Bogotá Noreste- SGC (2015): en este trabajo se realizó nueva cartografía geológica y el replanteamiento de la nomenclatura estratigráfica para la parte basal del Cretáceo (Grupo Cáqueza)

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



- Geología Urbana. Bogotá D.C - Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (2018): Publica un mapa correspondiente al cubrimiento geográfico de este objeto es el área urbana de Bogotá Distrito Capital escala 1:1000.
- Amenaza Por Movimientos En Masa En Zona Urbana Y De Expansión Urbana - Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (2021): Estudio de soporte para el POT del 2021, comprende la memoria explicativa de la geología de la ciudad de Bogotá.
- Plioceno y Cuaternario del Altiplano de Bogotá y Alrededores – IGAC (2003): Corresponde a una compilación de trabajos geológicos realizados en los depósitos más recientes de la sabana de Bogotá.

### 2.3.1.1.1.1 Geología regional y estratigrafía

A partir de la información de estudios regionales se realizó una integración y análisis de la información reflejada en la nomenclatura y descripción de unidades cronoestratigráficas, adicionalmente se presenta la evolución histórica de la Sabana de Bogotá en el área de estudio.

### 2.3.1.1.1.2 Caracterización de las unidades geológicas a escala local

El mapa geológico se generó utilizando como base el mapa geológico detallado a una escala 1:1000 presentado por el IDECA en el 2017 y que es el mapa base geológico del Estudio de soporte para el POT del 2021 para la ciudad de Bogotá, se siguieron los lineamientos propuestos en los estándares internacionales para categorizar las unidades geológicas.

### 2.3.1.1.1.3 Perfiles geológicos

Dado los escasos afloramientos se dispuso a la recopilación de perforaciones presentadas en diferentes estudios geotécnicos.

Los estudios que han realizado perforaciones y/o cuentan con registros litológicos corresponden a:

- SISGEO, 2022: El Sistema de Información Geotécnica de la EAAB (SISGEO), del Acueducto de Bogotá, el cual es una base de datos de barrenos y perforaciones realizadas por la entidad con fines geotécnicos.
- IDU, 2014: Estudios y diseños de la Avenida San Antonio (AC 183) desde la Avenida Boyacá (AK 72) hasta la carrera 54D, en Bogotá D.C.
- IDU, 2016: Estudios y diseños de la Avenida Boyacá (Av. CRA. 72) desde Avenida San José (Calle 170) hasta la Avenida San Antonio (Calle 183) en Bogotá, D.C. Acuerdo 523 de 2013.
- IDU, 2018: Estudios y diseños para la Avenida Boyacá desde la Calle 183 a conectarse con la Troncal del Peaje y conexión Auto norte por Avenida Guaymaral, Bogotá D.C. - Cundinamarca.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



- Secretaria de Ambiente: Corresponde a la base de datos de pozos de abastecimiento de agua regulados y monitoreados por la secretaria de Ambiente de Bogotá.
- WSP-Lagos, 2020: Actualización de los estudios conceptuales del Contrato EAB-ESP 1-02-25500-0626-2009.
- Accesos Norte 2018: Estudio las características geológicas y geotécnicas de mayor interés para el desarrollo de dos proyectos viales ubicados en la zona norte de Bogotá; "Autopista Norte entre calles 193 y 245" y "Carrera Séptima entre calles 200 y 245"; bajo la óptica de estudios en fase II.

A partir de esta información es posible la construcción de perfiles litológicos sobre el área de estudio, con el objetivo de entender y vislumbrar la distribución de materiales en el subsuelo. Adicionalmente dado las diferentes descripciones de cada registro de perforación se homogenizo la información para poder ser analizada en conjunto, y que permiten describir de mejor manera los depósitos cuaternarios que corresponden el total del área de influencia abiótica.

### 2.3.1.1.2 Geomorfología

La caracterización de los elementos para los componentes de geomorfología se presenta de acuerdo con los lineamientos generales establecidos en las metodologías vigentes del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y el Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC), las cuales se mencionan a continuación:

- Estándares cartográficos y de manejo de información gráfica para mapas geológicos departamentales y planchas escala 1:100.000 (SGC, 2001).
- Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geomorfológica para zonificación geomecánica (2001).
- Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa, escala 1:100.000 (2004 y 2011).
- Propuesta de la estandarización de la cartografía geomorfológica para Colombia (2011).
- Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000 (IGAC, 2013).

Se realizó una recopilación de información temática y espacial obtenida en diferentes estudios e informes publicados por el Servicio Geológico Colombiano (antes INGEOMINAS), mapas oficiales la secretaria de ambiente de Bogotá, estudios de entidades gubernamentales y educativas, tales como:

- Zonificación Geomorfológica De La Sabana De Bogotá, SGC (2005): Comprende un documento técnico que define las características geomorfológicas de la Sabana de

Bogotá, con el fin de contribuir en el proceso de zonificación de las propiedades geomecánicas de los materiales presentes en la Sabana

- Amenaza Por Movimientos En Masa En Zona Urbana Y De Expansión Urbana - Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (2021): Estudio de soporte para el POT del 2021, comprende la memoria explicativa de la geología de la ciudad de Bogotá.
- Geomorfología Urbana. Bogotá D.C - Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (2018): Publica un mapa correspondiente al cubrimiento geográfico de este objeto es el área urbana de Bogotá Distrito Capital escala 1:1000.
- Memoria Explicativa De La Zonificación De La Susceptibilidad Y Amenaza Relativa Por Movimientos En Masa Escala 1:100.000 Plancha 228 - Bogotá Noreste, SGC, (2010): Comprende un informe técnico que plantea el mapa de zonificación de movimientos en masa, empleando un método heurístico fundamentado en la opinión-juicio de expertos (grupo de especialistas) en las respectivas temáticas (geología, geomorfología, suelos, cobertura de la tierra, precipitación y sismicidad)

Inicialmente, se realiza la revisión de vuelos en la base de datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, y posteriormente, la adquisición de fotografías aéreas de diferentes épocas que sirvan para determinar la evolución temporal con énfasis en la geomorfología de cuerpos de agua y acciones de origen antrópico que han incidido sobre el área de estudio. Dicho estudio es complementado con las imágenes satelitales que se encuentren disponibles.

Para el presente estudio y caracterización adecuada de la evolución de los tipos de relieve en el área de estudio físico-biótico, se requiere tener en cuenta la definición de cuatro conceptos muy importantes empleados en el estudio geomorfológico que relacionan al paisaje con los procesos que le dieron origen y sus condiciones ambientales, los cuales son:

- **Morfogénesis:** Este aspecto involucra la definición del origen de las diferentes geoformas, entre lo que abarca las causas y procesos que dieron origen a las formas de terreno, ya que el origen de un paisaje depende de los procesos y agentes que interactúan para darle las formas a la superficie terrestre en diferentes intensidades y proporciones y durante intervalos de tiempo geológico.
- **Morfometría:** La morfometría trata de los aspectos cuantitativos de las geoformas: medidas, dimensiones y valores (SGC,2011). El análisis morfométrico del EIA de la Autopista Norte y el área de influencia, se elaboró a partir del modelo de elevación digital del terreno (DEM), mediante el software QGIS.
- **Morfoestructuras:** Corresponde al análisis de las formas de tipo estructural que imperan sobre el relieve, en donde se evidencia la influencia geológica-estructural en la conformación del relieve.
- **Morfodinámica:** La morfodinámica trata de los procesos activos en el presente y aquellos, que se pueden activar en el futuro. Se refiere a la dinámica exógena

relacionada con la actividad de los agentes como el viento, agua, hielo y la acción de la gravedad terrestre, que modifican las geoformas preexistentes (SGC, 2011).

Adicionalmente se tiene en cuenta un **Análisis Multitemporal**: La metodología para dicho análisis consiste en la comparación de los procesos morfodinámicos actuales, es decir aquellos reportados en campo y delimitados con ayuda de la imagen satelitales, o con los interpretados a partir de las fotografías aéreas, para cada uno de los periodos de tiempo. Esto con el fin de observar la evolución de los procesos morfodinámicos relacionados con la definición de su morfología, área de afectación, crecimiento o decrecimiento del proceso a través del tiempo.

Seleccionándose las fotografías aéreas que cubren el área del componente geosférico para cinco (5) periodos de tiempo, los cuales se determinaron de acuerdo con la calidad de las aerofotografías, trayectoria, porcentaje de nubosidad, escala y alcance del vuelo. Las fechas disponibles están entre 1985 a 2016 (ver Tabla 2-1). Adicionalmente se cuenta con la ortofoto del proyecto del año 2021.

**Tabla 2-1 Vuelos y numero de imágenes sobre el área de influencia físico-biótica**

Años	Vuelo	Número de imágenes
1985	V2183	5
1996	V1212	11
1998	V415	5
2000	V2665	19
2004	V2716	66
	V2717	59
2006	V2779	1
2007	V20112007	21
	V2803	2
2010	V12012010	1
2010	V20112007	11
2014	V18032014	24
2016	V270120016	25

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

Las fotografías aéreas, registran las geoformas del terreno y procesos geomorfológicos, adicionalmente son de gran ayuda en la elección de rutas a seguir y sitios claves a visitar. El procedimiento de levantamiento geomorfológico consistió en la interpretación y mapeado provisional de unidades geomorfológicas y otra información relevante, tal como sistemas de drenaje, datos estructurales, infraestructura vial, cultivos, asentamientos, entre otros. Como resultado final se obtuvo la delineación de las unidades geomorfológicas mayores, a partir del trazado de formas del relieve individuales y el inventario multitemporal de eventos de erosión y/o fenómenos de remoción en masa, usando símbolos lineales.

### 2.3.1.1.3 Hidrogeología

El desarrollo del componente hidrogeológico se realizó a través de dos fases, una que involucra la búsqueda, adquisición y migración de información existente, y una segunda fase de procesamiento y análisis espaciotemporal de la información. Haciendo énfasis en la búsqueda de la información hidrogeológica (niveles piezométricos, caudales de explotación, pruebas de bombeo, información hidrogeoquímica y parámetros hidráulicos) que existe en el inventario de los puntos de agua subterránea (pozos, aljibes o manantiales).

Dicha información se recopiló principalmente de los siguientes estudios:

- 2010, SGC. - Hidrogeología regional de la Sabana de Bogotá.
- 2013, SDA. Sistema De Modelamiento Hidrogeológico Del Distrito Capital Bogotá
- 2018, SDA-PUJ. Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero subsuperficial o somero en el perímetro urbano del Distrito Capital - Convenio de asociación No SDA-CV 20161264.
- 2020, LAGOS DE TORCA – WSP. FASE I. Actualización de los estudios conceptuales del Contrato EAB-ESP 1-02-25500-0626-2009, incluyendo la topografía detalle necesaria para el ajuste al plan vial arterial vigente, que sirvan de base para definir las alternativas técnicas y económicas para el desarrollo de la Ciudad Lagos de Torca  
**PRODUCTO 3: ESTUDIO DE SUELOS, GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS**

#### 2.3.1.1.3.1 Caracterización de las unidades hidrogeológicas

El mapa hidrogeológico se generó utilizando como base el mapa geológico del presente estudio, se siguieron los lineamientos propuestos en los estándares internacionales para categorizar las unidades hidrogeológicas, en este sentido se adoptó la nomenclatura de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos IAH "Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos" (1983). Se valoraron las unidades desde el punto de vista de su capacidad para almacenar y transmitir el agua subterránea y se generó el mapa hidrogeológico.

#### 2.3.1.1.3.2 Zonas de Recarga

La definición de las zonas de recarga potencial se realizó a través del análisis de las diferentes evaluaciones expuestas en los diferentes estudios consultados, entre ellos delimitación de zonas de recarga usando herramientas de Sistemas de Información Geográfica - SIG, mediante la superposición de las capas de información correspondientes a tipo y uso del suelo, cobertura vegetal, unidad geológica y pendiente del terreno y otros estudios que presentan estimaciones de valores de recarga (Con ellos definir las zonas) usando modelos de lluvia-escorrentía o métodos de Balance hídrico.

### 2.3.1.1.4 Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación:

Con la información secundaria validada y procesada se realizó la calificación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación presentes en el área de estudio a través del método GOD y el método DRASTIC que consideran que la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación está en función de la naturaleza de los suelos suprayacentes, al nivel freático, la litología de la unidades acuífero y la profundidad de la zona No saturada o el espesor de los depósitos confinados (HISCOCK, 2005).

El método GOD se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a tres variables, que son las que nominan el acrónimo: G: groundwater occurrence. Tipo de acuífero o modo de confinamiento u ocurrencia del agua subterránea. O: over all aquifer class. Litología de la zona no saturada. Se evalúa teniendo en cuenta el grado de consolidación y las características litológicas y como consecuencia, de forma indirecta y relativa, la porosidad, permeabilidad y contenido o retención específica de humedad de la zona no saturada. D: depth to groundwater. Profundidad del agua subterránea o del acuífero. Estos tres parámetros se multiplican para obtener una valoración de la vulnerabilidad de 0 (Ninguna) a 1 (extrema), así pues, GOD:  $G * O * D$ : valor numérico entre 0 y 1

El método DRASTIC que corresponde a un método de índice y superposición, que involucra varios parámetros de evaluación y fue desarrollado por Aller et al (1987)<sup>41</sup> para la EPA; la metodología se basa en la asignación de índices que varían entre 1 y 10, de acuerdo con las características y el comportamiento de las variables consideradas:

D: Profundidad del agua subterránea. Indica el espesor de la zona no saturada que es atravesado por las aguas de infiltración y que pueden traer consigo el contaminante, hasta alcanzar el acuífero.

R: Recarga neta. Es la cantidad de agua anual por unidad de superficie que contribuye a la alimentación del acuífero. La recarga resulta primariamente de la fracción de precipitación que no se involucró en la evapotranspiración o escorrentía superficial, es el principal vehículo transportador de los contaminantes.

- **A: Litología y estructura del medio acuífero.** Representa las características del acuífero, en particular la capacidad del medio poroso y/o fracturado para transmitir los contaminantes.
- **S: Tipo de suelo.** Representa la capacidad de los suelos para oponerse a la movilización de los contaminantes y corresponde a la parte de la zona vadosa o no saturada, que se caracteriza por la actividad biológica. En conjunto con el parámetro I, determinan la cantidad de agua de percolación que alcanza la superficie freática.
- **T: Topografía.** Representa la pendiente de la superficie topográfica e influye en la evacuación de aguas con contaminantes por escorrentía superficial y subsuperficial.

- **I: Naturaleza de la zona no saturada.** Representa la capacidad para obstaculizar el transporte vertical.
- **C: Conductividad hidráulica del acuífero.** Determina la cantidad de agua que atraviesa el acuífero por unidad de tiempo y por unidad de sección, es decir la velocidad.

De acuerdo con las características y el comportamiento, a cada parámetro se asignan índices (r) que van desde 1 que indica la mínima vulnerabilidad hasta 10 que es la máxima

#### 2.3.1.1.4.1 Dirección de Flujo

A través de los registros de profundidad de nivel, se realizó un análisis espaciotemporal de estos valores para realizar una estimación de la superficie piezométrica y las líneas de flujo. Adicionalmente se conformó el modelo hidrogeológico conceptual, que condensa toda la información referente la litología y estratigrafía (continuidad lateral de los estratos, los asociados al arreglo y rasgos tectónicos y la influencia de la condiciones variables o anisotropía al interior de los estratos), parámetros hidráulicos, análisis hidroquímico y piezometría.

#### 2.3.1.1.5 Paisaje

La caracterización del componente paisaje se realizó a partir del análisis de la geomorfología del área a escala semidetallada y los atributos aportados al paisaje por parte de las coberturas de la tierra a la misma escala.

Para el análisis del componente paisajístico se desarrolló una metodología en tres fases o etapas:

##### 2.3.1.1.5.1 Etapa pre-campo

Se hizo una revisión del área de influencia preliminar, con el objetivo de identificar atributos visuales que podrían ser sitios de interés paisajístico de tipo natural y/o cultural mediante la revisión de imágenes satélite de apoyo (Google Earth y Base Map de la Herramienta Arcgis) con las cuales fue posible identificar la presencia de puntos de observación, que sirvieran como puntos de control para la fase de campo.

##### 2.3.1.1.5.2 Etapa de campo

En esta etapa se realizó la recolección de información correspondiente a 4 tipos de reportes: el primero hizo alusión de la percepción del paisaje por parte de habitantes del AI por medio de encuestas semiestructuradas las cuales se presentan en el Anexo 3 Paisaje en total se realizaron encuestas dentro del área de influencia del proyecto; adicionalmente se realizó la identificación de los sitios de interés paisajístico localizados dentro del AI del proyecto del 15 de diciembre al 20 de diciembre, adicionalmente se levantaron elementos discordantes presentes con el fin de determinar la integridad escénica de las unidades de

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



paisaje caracterizadas y finalmente se establecieron 23 puntos de observación en donde se levantaron atributos de las unidades de paisaje los cuales sirvieron para caracterizarlas y determinar su calidad visual y fragilidad. También en los recorridos de campo se determinaron sitios de localización de observadores fijos (viviendas y sitios de interés) o como corredores dinámicos (carreteras, autovías, vías de ferrocarril y/o sendas, entre otros) con el fin de determinar las zonas desde donde los pobladores y/o visitantes tienen la posibilidad de observar la presencia de elementos discordantes en el paisaje y los que se generaran los impactos por la ejecución de las actividades del proyecto.

### 2.3.1.1.5.3 Etapa de post-campo

Para la caracterización del componente paisajístico del área de influencia, se realizó un análisis integrando las características geomorfológicas, cobertura vegetal y uso del suelo.

Teniendo en cuenta lo anterior se determinó el carácter del paisaje, teniendo en cuenta los datos recolectados en campo a través de los puntos de observación, y se procedió a la valoración en términos de calidad visual, visibilidad, integridad escénica y fragilidad visual del paisaje tomando como base la metodología del manual para la gestión del paisaje del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 1995).

Del mismo modo se identificaron los sitios de interés paisajístico basados en la información recolectada a través de recorridos en campo y revisión de información secundaria.

Finalmente se realizó una descripción del proyecto en relación con el componente paisajístico de la zona, con base en la valoración del paisaje en los tópicos evaluados: visibilidad, integridad, calidad visual, fragilidad visual y localización de sitios de interés paisajístico. Así mismo, se realizó una zonificación de valor paisajístico del área relacionado con el resultado de los análisis efectuados y conforme con la sensibilidad e importancia que presentan las unidades de paisaje.

#### 2.3.1.1.5.3.1 Identificación de unidades de paisaje

Las unidades de paisaje (en adelante, UP) son definidas como porciones del territorio con un mismo carácter paisajístico (MADS, 2010), para el área de influencia del presente proyecto se identificaron de acuerdo con las características geomorfológicas de la zona, cruzándolas con las coberturas vegetales a la escala de levantamiento de información del proyecto.

#### 2.3.1.1.5.3.2 Calidad visual

La calidad visual del paisaje permite determinar las condiciones escénicas de las unidades vinculadas a la percepción de los elementos que las conforman. Así se estableció la calidad a partir de las características intrínsecas de la cobertura vegetal, el grado de intervención, los cuerpos de agua, el relieve, los elementos culturales y la viveza, tomando como base la

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



metodología del manual para la gestión del paisaje del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 1995). A continuación, se definen los atributos evaluados para la determinación de la calidad visual:

- a) Cobertura vegetal: Se evaluó las características relativas y los patrones de vegetación, así como la variedad, formas y texturas, de manera que las coberturas vegetales que presentan mayor grado de estructuración y diversidad de fisonomías se consideran de mayor calidad visual, y por tanto aquellas menos estructuradas tienen una valoración más baja.
- b) Grado de intervención: El grado de intervención se asocia al uso del suelo, que se expresa tanto en la estructura y distribución de la vegetación, como en la presencia de elementos extraños, y por tanto en la calidad visual del paisaje; de manera que, a mayor intervención en la unidad de paisaje, menor será la calidad visual y atractivo escénico.
- c) Cuerpos de agua: Las unidades de paisaje que presentan cuerpos de agua se consideran de mayor calidad visual que aquellas que no los presentan, de igual forma los cuerpos de agua permanentes tienen mayor valor visual que aquellos que son temporales o intermitentes. Así mismo se valoró el estado visual de los cuerpos de agua, donde las aguas estancadas, contaminadas o con presencia de basuras, presentan menor calidad que aquellas que conservan condiciones naturales.
- d) Relieve: Las unidades de paisaje que presentan un relieve más pronunciado o de formas irregulares en relación con las predominantes en el área, se consideran de mayor calidad visual, mientras que las formas planas agregan menor calidad visual al paisaje.
- e) Elementos culturales: Se consideran los elementos que tienen unos vínculos históricos y/o culturales, reconocidos como atributos escénicos que favorecen el sentido de lugar. De forma que las unidades de paisaje donde se localizan este tipo de elementos son calificadas con alto valor.
- f) Viveza: La viveza se asocia con la variedad, el contraste, elementos y formas naturales, fondo escénico y unidad, ejes lineales y color, los cuales son elementos que conceden al paisaje interés visual y recordación en el observador. En este sentido las unidades de paisaje que poseen estas características tienen un mayor valor escénico, en relación con las que carecen de estas.

Cada variable considerada se valoró con base al valor que aporta al atractivo escénico el paisaje de acuerdo con su importancia (ver Tabla 2-2).

**Tabla 2-2 Criterios de valoración para la calidad visual**

VARIABLE	VALORACIÓN	VALOR
Cobertura vegetal	Vegetación con alto grado de estructuración, diversas formas y texturas, y alta densidad.	5
	Coberturas con características escénicas comunes, formas y texturas planas y menor densidad.	3

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

VARIABLE	VALORACIÓN	VALOR
	Coberturas altamente intervenidas con baja o nula estructura, formas y texturas artificiales.	1
Grado de intervención	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	5
	la calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual	3
	Modificaciones intensas y/o extensas que reducen o anulan la calidad escénica	1
Cuerpos de agua	Factor dominante en el paisaje, limpia, clara, aguas blancas, rápidos y cascadas, o láminas de agua en reposo, permanentes	5
	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje, permanentes	3
	Ausente o inapreciable, contaminada, o temporal	1
Relieve	Relieve muy montañoso, marcado prominentemente, o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado o sistemas de dunas o bien presencia de algún rasgo singular o muy dominantes	5
	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales	3
	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular	1
Elementos culturales	Presencia de elementos culturalmente importantes o sitios de interés paisajístico	3
	Existen elementos culturales o sitios de interés paisajístico, pero no son valorados por los visitantes o se encuentran deteriorados	2
	No hay elementos culturales de ningún tipo	1
Viveza	Alta variedad de elementos en armonía, con relativo grado de unidad, así como balance y coherencia con el fondo escénico, que evocan sentimientos de curiosidad y bienestar	3
	Variedad de elementos, pero se observan intervenciones, fraccionamiento o desorden y un desbalance entre elementos.	2
	Poca o ninguna variedad de elementos, poca unidad o paisajes artificiales	1

Fuente: USDA, 1995; adaptado por Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

Así, la sumatoria de los valores obtenidos en la evaluación de las variables permite clasificar las unidades de paisaje de acuerdo con su calidad visual tal como se presenta en la Tabla 2-3, valor que posteriormente se utilizara para determinar la zonificación paisajística.

**Tabla 2-3 Rangos de valoración de la calidad visual del paisaje**

CALIDAD VISUAL	DESCRIPCIÓN
ALTA	Áreas singulares. Características excepcionales para cada aspecto considerado, indican zonas con alta variedad de elementos que se combinan para proporcionar una calidad escénica excepcional.
MEDIA	Áreas comunes o típicas. Características excepcionales para algunos aspectos y comunes para otros, la combinación de los elementos da un carácter ordinario, aunque positivo al paisaje.
BAJA	Áreas deterioradas. Características y rasgos comunes a la región, baja calidad escénica.

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



### 2.3.1.1.5.3.3 Visibilidad

A través del análisis de visibilidad se establecieron las áreas visibles y su nivel de interés, de acuerdo con las condiciones del relieve de la zona y a la importancia de los paisajes observados para la comunidad que reside en el área.

Para este análisis se establecen en primer lugar las zonas visibles para un observador partiendo de un punto específico (sitio de observación) en distintos rangos de distancia (planos o escalas visuales), obteniendo como resultado las áreas expuestas y ocultas del área de influencia, o escalas visuales. Las distancias señaladas para las escalas visuales se relacionan en la Tabla 2-4 conforme con las características del paisaje perceptibles para el ojo humano en estas distancias.

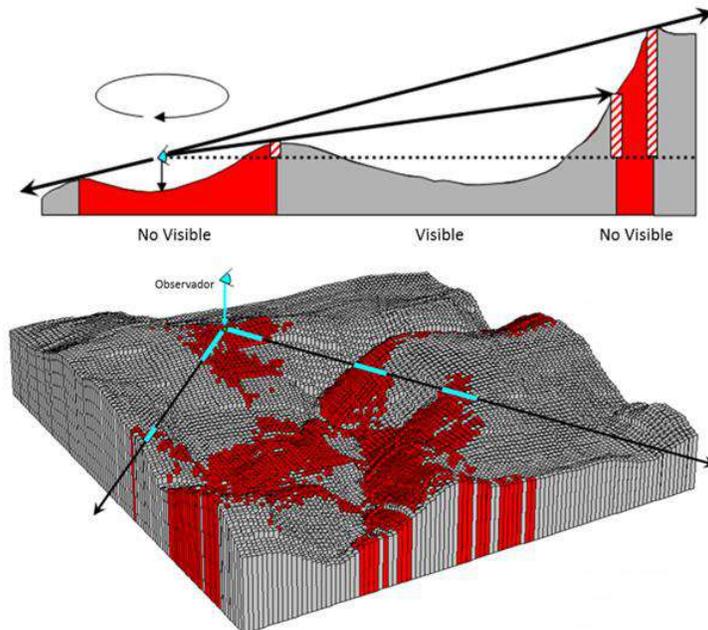
**Tabla 2-4 Rangos de visibilidad y escalas visuales**

ESCALA VISUAL	DESCRIPCIÓN
Plano Inmediato	Desde el punto de observación hasta los 90 m, en cualquier caso, el observador debe ser capaz de apreciar los detalles.
Primer plano	Entre los 90 m y los 800 m, el observador no ve al detalle, pero si cada elemento del paisaje y la interrelación entre ellos
Plano intermedio	Entre 800 m y 6,5 km, el observador ve los elementos desdibujados, aprecia las formas y el relieve toma gran importancia.
Plano lejano	Más de 6,5 km fondo escénico del paisaje

*Fuente: USDA, 1995; por Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.*

Estas escalas se establecieron por medio de SIG, a partir de un modelo digital de elevación del terreno (DEM) ajustando con la altura promedio de las coberturas presentes en el área de influencia del proyecto, donde se localizaron las vías y viviendas como principales puntos de observación. Con el uso de la herramienta "Viewshed" en ArcGIS, fueron definidas las áreas visibles para estos puntos, con una altura promedio del observador de 1,5 metros, la Figura 2-1 presenta un ejemplo del área visible de acuerdo con el relieve o a la presencia de barreras visuales.

Figura 2-1 Representación de un plano visual



Fuente: Berry, 2007. Map Analysis en [www.innovativeGIS.com](http://www.innovativeGIS.com).

#### 2.3.1.1.5.3.4 Integridad escénica

A través de la integridad escénica se estableció la condición actual de las unidades paisajísticas, analizando las alteraciones o discordancias existentes en estas, resultado de las actividades desarrolladas en el área de influencia; la integridad permite vislumbrar los posibles impactos en la introducción de elementos extraños en el paisaje.

La presencia de los elementos se determinó por medio de la identificación de 2 variables: la primera fue el levantamiento de información de campo, donde se levantaron los elementos discordantes observados en los recorridos realizados (Anexo 3 Paisaje) y la segunda forma de evaluarlo fue mediante la identificación de coberturas de origen artificial, seleccionando las estructuras que no se integran a las formas naturales ni a los elementos tradicionales del paisaje. La valoración se realizó a partir del análisis de las siguientes variables:

- Elementos discordantes: identifica la presencia de elementos discordantes dentro de las unidades de paisaje que se vinculan a alteraciones en la integridad, de forma que cuando existe un alto número de elementos discordantes, mayor es la afectación sobre la integridad escénica de la unidad paisajística.
- Tamaño de la discordancia: valora las discordancias conforme a su tamaño dentro de la unidad paisajística, en este sentido, cuando la discordancia ocupa un alto porcentaje de la unidad, mayor es el grado de afectación sobre la integridad escénica del paisaje.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

- Correspondencia cromática: evalúa las discordancias en su entorno paisajístico de acuerdo con su color y contraste con los elementos circundantes, así las modificaciones a la integridad escénica se presentan cuando el elemento discordante difiere en color y tonalidad con aquellos que se encuentran inmediatamente a su lado.

Las variables consideradas para el análisis de la integridad escénica se evaluaron de acuerdo con los valores establecidos en la Tabla 2-5.

**Tabla 2-5 Criterios de valoración para la integridad escénica**

VARIABLE	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR EN LA INTEGRIDAD ESCÉNICA
NÚMERO DE ELEMENTOS DISCORDANTES	0	La afectación a la integridad escénica es nula	3
	1	Hay afectación de carácter bajo a la integridad escénica de la unidad	2
	2	La afectación a la integridad escénica es media	1
	3 o más	hay una alta afectación a la integridad escénica	0
TAMAÑO DE LA DISCORDANCIA %	0	No hay ningún elemento discordante en la unidad de paisaje	3
	0- 15%	Los elementos discordantes ocupan hasta el 15% de la unidad de paisaje	2
	15%-30%	Los elementos discordantes representan entre un 15% y un 30% de la unidad	1
	más de 30%	Los elementos discordantes representan más del 30% de la unidad de paisaje	0
CORRESPONDENCIA CROMÁTICA	Alta	Hay una alta correspondencia cromática entre el elemento discordante y la unidad del paisaje de forma agradable	3
	Media	Hay correspondencia entre algunas de las tonalidades de la unidad de paisaje y el elemento discordante se percibe agradable	2
	Baja	Hay alguna correspondencia cromática del elemento discordante con la unidad de paisaje, el elemento se percibe de forma desagradable	1
	Nula	La correspondencia cromática del elemento discordante con la unidad de paisaje es nula o desagradable	0

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

Relacionando el valor de las tres variables anteriores, se estableció la integridad escénica de forma que se clasificaron las unidades de paisaje en cinco rangos que establecen diversas características de integridad escénica (Tabla 2-6).

**Tabla 2-6 Características de la integridad escénica del paisaje**

INTEGRIDAD ESCÉNICA	DESCRIPCIÓN
Muy baja	El paisaje se encuentra muy alterado, los elementos discordantes son dominantes, la correspondencia cromática es baja o nula y la forma del paisaje se encuentra afectada fuertemente.
Baja	La unidad de paisaje se encuentra moderadamente alterada, los elementos discordantes tienen un grado de dominancia, pero adquieren atributos de algunos elementos que se encuentran en el paisaje, tales como la correspondencia cromática, igualmente la forma del paisaje se ve alterada por la presencia de las discordancias.
Moderada	El paisaje está levemente alterado, las discordancias no son dominantes, pero sí perceptibles en el paisaje, su correspondencia cromática es moderada y las formas presentan algún grado de alteración.
Alta	La unidad de paisaje está aparentemente inalterada, las discordancias coinciden con elementos del carácter del paisaje y la escala de estos no los hace evidentes, por lo cual la forma no se altera, o se altera en un bajo porcentaje
Muy alta	El paisaje se encuentra intacto o con un mínimo de elementos discordantes los cuales no son perceptibles

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

#### 2.3.1.1.5.3.5 Fragilidad visual

Por medio de la fragilidad visual se estableció la capacidad de las unidades paisajísticas de absorber visualmente las alteraciones que se presenten al interior de estas, conforme con la capacidad de absorción visual (ocultamiento) de los elementos evaluados, a los cuales se asignó un valor de absorción visual y fragilidad (Anexo 3 Paisaje), dicho valor fue ponderado para establecer el valor de fragilidad de cada unidad de paisaje (Tabla 2-7).

**Tabla 2-7 Fragilidad visual de acuerdo con la capacidad de absorción visual**

FACTOR	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN VISUAL		FRAGILIDAD
		Calificación	Valor	
Complejidad y altura de la vegetación (Fct)	Coberturas densas altas. Poco intervenidos	Alta	1	Baja
	Coberturas medianas de porte bajo. intervenidas	Media	2	Media
	arbustos, pastos limpios, matorrales, fuertemente intervenidos	Baja	3	Alta
Intervención humana (Fih)	Zonas fuertemente intervenidas	Alta	1	Baja
	Áreas intervenidas, pero no predominantemente, mantienen elementos naturales	Media	2	Media
	Poca o ninguna intervención antrópica	Baja	3	Alta

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

FACTOR	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN VISUAL		FRAGILIDAD
		Calificación	Valor	
Fragmentación (Ffg)	fuerte presencia antrópica, manchas, geometría, alta fragmentación	Baja	3	Alta
	áreas medianamente homogéneas, con algunos parches	Media	2	Media
	áreas homogéneas, unidades amplias, baja fragmentación	Alta	1	Baja
Pendiente (Fpen)	Inclinado	Bajo	5	Alta
	Inclinación suave	Media	3	Media
	Poco inclinado - plano	Alta	1	Baja
Visibilidad (Fvis)	Áreas con alta accesibilidad visual	Baja	5	Alta
	Áreas con accesibilidad visual moderada	Media	3	Media
	Áreas poco visibles o no visibles	Baja	1	Baja

Fuente: Yeomans, 1986; adaptado por Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

Finalmente, para calcular el valor final de la fragilidad visual de cada unidad paisajística, se aplicó la Ecuación 2-1, considerando los valores finales obtenidos para cobertura vegetal, intervención humana, fragmentación visual, pendiente y visibilidad.

### **Ecuación 2-1 Cálculo de la fragilidad visual**

$$FV = (Fct * 0.2) + (Fih * 0.2) + (Ffg * 0.2) + (Fpen * 0.2) + (Fvis * 0.2)$$

Donde:

- FV: Fragilidad visual de la unidad paisajística a evaluar.
- Fct: Valor final de la fragilidad de la cobertura de la tierra.
- Fih: Valor final de la fragilidad por intervención humana.
- Ffg: Valor final de la fragilidad por fragmentación visual.
- Fpen: Valor final de la fragilidad por la pendiente.
- Fvis: Valor final de la fragilidad por visibilidad

Posterior a la aplicación de la Ecuación 2-1, se realizó la clasificación de las unidades paisajísticas de acuerdo con su fragilidad visual, tomando como referencia los rangos establecidos en la Tabla 2-8.

**Tabla 2-8 Valoración final de la fragilidad visual**

VALOR FV	FRAGILIDAD VISUAL
$FV > 3,7$	Alta
$2,3 < FV \leq 3.7$	Moderada
$1 \leq FV \leq 2,3$	Baja

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

### 2.3.1.1.5.3.6 Sitios de interés paisajístico

A partir de la aplicación de las encuestas de percepción del paisaje (Anexo 3 Paisaje) realizadas en campo dentro del área de influencia del proyecto, la comunidad determinó la localización de sitios de interés paisajístico presentes y su importancia dentro de la comunidad, con lo cual en campo se levantaron registros fotográficos y georreferenciación de estos sitios. Así mismo se realizó la consulta de información secundaria en relación con la localización de áreas con potencial paisajístico.

### 2.3.1.1.5.3.7 Zonificación de valor paisajístico

Tomando en cuenta los datos obtenidos en los análisis de calidad visual, fragilidad visual, integridad escénica y visibilidad, se desarrolló la interacción de los criterios con el propósito de establecer el valor paisajístico del área de influencia, como se presenta en la Tabla 2-9.

**Tabla 2-9 Condiciones para la estimación del valor paisajístico**

IMPORTANCIA SENSIBILIDAD	Cva - Fa	Cva - Fm	Cvm - Fa	Cvm - Fm	Cvm - Fb	Cva - Fb	Cvb - Fa	Cvb - Fm	Cvb - Fb
EV pi - IE ma	Muy alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo
EV pi - IE a	Muy alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo
EV pp - IE ma	Muy alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo
EV pp - IE a	Muy alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo
EV pi - IE m	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo
EV pp - IE m	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo
EV pin - IE ma	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo
EV pin - IE a	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo
EV pin - IE m	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo
EV pl - IE ma	Medio	Bajo							
EV pl - IE a	Medio	Bajo							
EV pi - IE b	Medio	Bajo							
EV pi - IE mb	Medio	Bajo							
EV pp - IE b	Medio	Bajo							
EV pp - IE mb	Medio	Bajo							
EV pin - IE b	Medio	Bajo							
EV pin - IE mb	Medio	Bajo							

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



IMPORTANCIA SENSIBILIDAD	Cva - Fa	Cva - Fm	Cvm - Fa	Cvm - Fm	Cvm - Fb	Cva - Fb	Cvb - Fa	Cvb - Fm	Cvb - Fb
EV pl - IE m	Medio	Bajo							
EV pl - IE b	Bajo								
EV pl - IE mb	Bajo								
NV - IE ma	Bajo								
NV - IE a	Bajo								
NV - IE m	Bajo								
NV - IE b	Bajo								
NV - IE mb	Bajo								

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

Donde:

- Cva: Calidad visual alta
- Cvm: Calidad visual media
- Cvb: Calidad visual alta
- Fa: Fragilidad alta
- Fm: Fragilidad media
- Fb: Fragilidad baja
- Ev pi: Escala visual plano inmediato
- Ev pp: Escala visual primer plano
- Ev pin: Escala visual plano intermedio
- Ev pl: Escala visual plano lejano
- Nv: Áreas no visibles
- IE ma: Integridad escénica muy alta
- IE a: Integridad escénica alta
- IE m: Integridad escénica moderada
- IE b: Integridad escénica baja
- IE mb: Integridad escénica muy baja

En el Anexo 3 Paisaje, se presenta las modelaciones realizadas para el componente.

### 2.3.1.1.6 Suelos y uso de la tierra

Los suelos que se han formado en el área de estudio han evolucionado a partir de la dinámica fluvial del río Bogotá y sus afluentes lo que ha originado parte de la planicie fluvio lacustre; la cual está conformada por planos de inundación y terrazas, influenciados por depósitos de espesor variable de ceniza volcánica de diferente evolución y depósitos de

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



sedimentos en su mayoría finos y medios, que han servido de material basal a partir del cual se han originado los suelos del área de estudio (IGAC, 2000)<sup>1</sup>.

### 2.3.1.1.6.1 Suelos

A partir tanto de los objetivos del estudio como de los términos de referencia (Resolución 0571 del 26 de marzo de 2015, expedida por el Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible), la caracterización edafológica se llevó a cabo teniendo en cuenta la recopilación y el análisis de la información existente.

#### 2.3.1.1.6.1.1 *Análisis de la información secundaria*

Para la caracterización del componente edafológico, la recopilación de la información secundaria, ya fuera de tipo bibliográfico o cartográfico, fue a partir de la consulta, vía Web, de los centros de documentación especializados de aquellas entidades u organismos que directa e indirectamente desarrollan el componente edafológico, tales como: el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-; Servicio Geológico Colombiano -SGC-; Facultad de Geología de la Universidad Nacional de Colombia -Sede Bogotá D.C.-; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt; Ministerio de Medio Ambiente; Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-.

A partir de lo mencionado, se relaciona a continuación los documentos relevantes que se utilizaron con el propósito de caracterizar el componente edáfico del área de estudio:

- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-. 2014. Plan de manejo ambiental de la reserva forestal regional productora del norte de Bogotá D.C. "Thomas van Der Hammen". Subdirección Administración Recursos Naturales. Bogotá D. C. 473p.
- Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Capacidad de uso de las Tierras. CONTRATO DE CONSULTORÍA N.º. 1412 DE 2014: "Ajustar (Actualizar) el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá (Código 2120), en el marco del proyecto: Incorporación del Componente de Gestión del Riesgo como Determinante Ambiental del

---

<sup>1</sup> Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-, Gobernación de Cundinamarca. 2000. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Agrología. Tomo 4. Bogotá.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



- Ordenamiento Territorial en los procesos de Formulación y/o Actualización de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas afectadas por el Fenómeno de La Niña 2010-2011".
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-, Gobernación de Cundinamarca. 2000. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Agrología. Tomo 4. Bogotá.
  - Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-, Gobernación de Cundinamarca, 2012. Levantamiento detallado de suelos en las áreas planas de 14 municipios de la Sabana de Bogotá. Departamento de Cundinamarca. Escala 1:10.000. Bogotá D. C. 534p.
  - López G. Lina Yised, Pinilla M. Clara Inés. 2017. Humedal Torca - Guaymaral. Gestión ambiental para su conservación y protección. Bogotá, Fundación Universitaria del Área Andina. Bogotá D. C. 236p.
  - Ramírez, D.P., Trespacios, O.L., Ruiz, F.L., Otero, J. 2008. Conectividad ecológica en la zona urbano rural de la localidad de Suba. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 152 p.

### 2.3.1.1.6.2 Análisis de áreas sin información

Para aquellas zonas sin información, se siguió la metodología y las etapas propuestas en el Manual de procedimientos para el levantamiento de suelos (IGAC, 2011)<sup>2</sup>, en el cual se especifica que la mayor parte de los límites de suelos son delineados en la etapa de interpretación.

Para la estructuración de la leyenda de suelos, se complementó con la propuesta de análisis fisiográfico, realizada por Zinck (1987)<sup>3</sup> con modificaciones de acuerdo con la morfogénesis y las formas de terreno presentadas al interior del área de estudio.

NOTA: Para el caso de los polígonos sin información, se adoptó la misma leyenda propuesta por Hitaca (2014).

El análisis fisiográfico, permitió jerarquizar la zona de estudio, de lo general a lo particular, en diferentes categorías; de una parte, se considera el suelo como un elemento de los paisajes fisiográficos y de la otra, el ambiente morfogenético determinado por el tipo

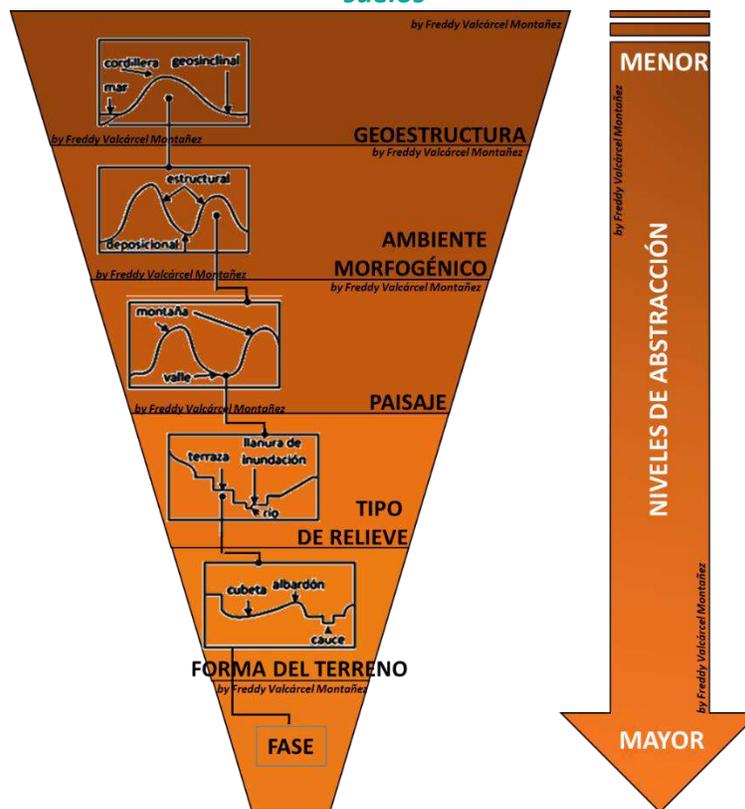
---

<sup>2</sup> Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-. 2011. Manual de procedimientos para el levantamiento de suelos. Subdirección Agrología. Grupo interno de trabajo levantamiento de suelos. Bogotá D. C. 32p.

<sup>3</sup> Zinck A. 1987. Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelos en zonas aluviales y definición ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-, Subdirección agrología. Bogotá D. E. 176p.

relieve, el material parental, el tiempo y el clima, como los factores formadores del paisaje y de los suelos allí presentes (ver Figura 2-2 Esquema jerárquico y multicategórico del sistema geomorfológico aplicado a suelos).

**Figura 2-2 Esquema jerárquico y multicategórico del sistema geomorfológico aplicado a suelos**

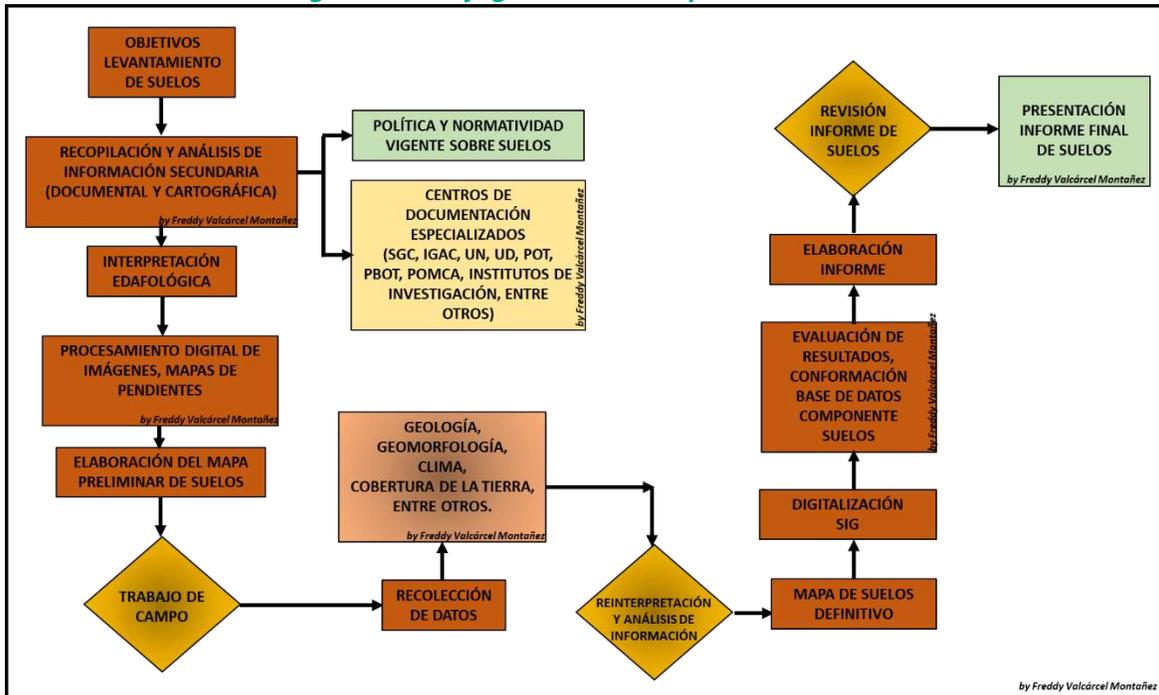


Fuente: Tomado de Zinck, 2012<sup>4</sup> y adaptado por Freddy Valcárcel Montañez

Con base en lo mencionado anteriormente, la Figura 2-3 presenta de manera sucinta el flujograma que se tuvo en cuenta para la elaboración tanto de la cartografía temática como de la leyenda e informe final de suelos.

<sup>4</sup> Zinck A. 2012. Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation -ITC-. Enschede, The Netherlands. 123p.

Figura 2-3 Flujoograma del componente suelos



Fuente: Freddy Valcárcel Montañez, 2022

### 2.3.1.1.6.3 Capacidad de uso de la tierra

Malagón<sup>5</sup>, menciona que el propósito fundamental de la clasificación agrológica, aptitud o potencialidad de uso de los suelos (clasificación de las tierras por su capacidad de uso), es la de evaluar las características y propiedades permanentes de las tierras y conocer el grado de sus limitaciones, para conformar clases acerca de las cuales se puedan definir sus usos adecuados, de tal manera que el recurso conserve o incremente su calidad, en forma sostenible y sin deterioro del suelo por largos periodos de tiempo.

La aptitud de uso de los suelos, que hace parte de la zona de estudio, se elaboró a partir tanto de la información secundaria como del análisis y de la conceptualización e interacción de los principales factores limitantes de uso, tales como erosión, pendiente, humedad del suelo (drenaje e infiltración), suelos (pedregosidad, profundidad efectiva, fertilidad) y clima; y las características físicas, químicas y morfodinámicas de los suelos, la potencialidad de los suelos, se realizó a partir de la morfogénesis, morfodinámica, morfometría, limitantes físicas, químicas y biológicas de los suelos.

<sup>5</sup> MALAGÓN, C.D. El recurso suelo en Colombia. Inventario y problemática. Revista Academia Colombiana de Ciencias. 22(82). Bogotá D.C. p. 13-52. 1998.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Lo anterior, está basado tanto en la Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso, desarrollada por el IGAC (2014)<sup>6</sup>, así como lo mencionado tanto por el POT del municipio de Bogotá D. C. como por el plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá (Huitaca, 2014)<sup>7</sup>.

### 2.3.1.1.6.4 Uso actual de la tierra

El uso actual de los suelos corresponde al uso efectivo y concreto a que se destina la superficie de la tierra, debido a la intervención antrópica, ya sea cíclica o permanente, con el fin de satisfacer las necesidades básicas, sobre los recursos naturales que hacen parte tanto de la superficie terrestre como del subsuelo (Torres, 1998)<sup>8</sup>.

El uso actual de los suelos se desarrolló a partir tanto del mapa temático de cobertura vegetal como del reconocimiento de campo que se realizó para cada unidad de suelos, que hace parte del área de influencia del proyecto.

De igual manera, el uso actual de la tierra estuvo basado tanto en el POT del municipio de Bogotá D. C. como lo mencionado en el plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá (Huitaca, 2014)<sup>9</sup>.

### 2.3.1.1.6.5 Conflicto de uso

Una de las principales presiones que soporta el medio natural, corresponde al inadecuado aprovechamiento de los suelos. El cambio de coberturas y usos de los suelos, respecto a la capacidad de uso de estas tierras, desarrolla discrepancias que se constituyen en los diversos grados de conflictos de uso del suelo y por consiguiente de las tierras, lo que da inicio al deterioro paulatino del medio.

---

<sup>6</sup> Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-. 2014. Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso. Subdirección de Agrología. Grupo interno de trabajo levantamiento de suelos. 44p.

<sup>7</sup> Tomado y ajustado de Huitaca Consorcio, CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, Fondo de adaptación, MINAMBIENTE, MINHACIENDA. Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá. Actualización POMCA río Bogotá. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. (2014). Volumen II- Caracterización Biótica. Capítulo 11. Capacidad de uso de las Tierras.

<sup>8</sup> Torres M., Myriam S. 1.998. Zonificación ambiental de una cuenca hidrográfica. Ministerio del Medio Ambiente- SENA. Bogotá. 147 p.

<sup>9</sup> Op. cit., Capítulo 11. Capacidad de uso de las Tierras.

La determinación de los conflictos de uso del suelo se fundamenta esencialmente en un procedimiento que define una actividad de confrontación o cruce simultaneo de las temáticas definidas en el mapa de uso actual del suelo versus el mapa de capacidad de uso de las tierras (clases agrológicas), resultado que establece la presencia de conflictos de uso, estableciendo las desviaciones entre el aprovechamiento representado por el uso actual de las tierras y la oferta del recurso suelo.

De acuerdo, tanto con la demanda como con la oferta de estos, se presenta a continuación las principales categorías de conflicto de uso del suelo que se tuvieron en cuenta:

- **Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado (SIN):** Hace referencia a las tierras en que los usos actuales guardan total concordancia respecto de la capacidad de uso de estas; en donde, el recurso suelo no presenta un deterioro significativo. Esto, permite mantener las actividades productivas o desarrollar nuevas, sin deteriorar la base natural del recurso.
- **Tierras en conflicto por subutilización (SU):** Se establece en las tierras en las cuales el uso actual se encuentra por debajo de la capacidad de uso de las tierras, afectando su producción sostenible y disminuyendo la productividad y la capacidad de regeneración de los suelos; adicionalmente, este conflicto puede reflejar, en un mediano plazo, alteraciones mayores. Estas tierras pueden ser por subutilización ligera (SUL), moderada (SUM) o severa (SUS).
- **Tierras en conflicto por sobreutilización (SO):** Identifica las tierras que presentan usos actuales inadecuados totalmente contrarios a la capacidad de uso de las tierras, sobrepasando la capacidad de soporte del medio natural en un grado severo; presentan graves riesgos de tipo ecológico y social. En este tipo de conflicto, se evidencia la degradación avanzada no solo de los suelos sino de los recursos naturales asociados, como son el agua, la flora y la fauna, afectando el balance natural y la estabilidad de los ecosistemas. Estas tierras pueden ser por sobreutilización ligera (SOL), moderada (SOM) o severa (SOS).

#### 2.3.1.1.7 Hidrología

El desarrollo de la metodología del componente hidrológico tuvo como objetivo identificar, cuantificar, caracterizar y evaluar la disponibilidad, distribución espacial y aprovechamiento del recurso hídrico actual dentro del área de influencia. Esto se realizó con base en los términos de referencia estipulados en el Decreto 1076 de mayo de 2015 para la elaboración y presentación de estudio de impacto ambiental – EIA en proyectos de construcción de carreteras del Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible y en la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales, emitida por el MADS (2018).

Esta metodología se divide en 3 etapas; la primera consiste en la recolección de información, la segunda identificar, validar y complementar la información anterior en

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



cuanto al estado actual del recurso hídrico y la tercera corresponde al análisis de la información.

### 2.3.1.1.7.1 Etapa I. Precampo

En esta etapa se realizó la recopilación de información secundaria disponible para el área de influencia con el fin de estructurar la base preliminar del componente, para ello se consultaron:

- Cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) 1:10000
- Registros históricos de las estaciones hidrometeorológicas que influyen en el área de influencia, estas estaciones fueron consultadas en el catálogo de estaciones hidrometeorológicas del IDEAM y de la base de datos de la CAR.
- Estudio Nacional del Agua IDEAM (2018).
- Metodología general para la presentación de estudios ambientales MADS, ANLA. (2018)
- Informe anual de calidad del aire de Bogotá Años 2021 (RMCAB, 2022)
- Zonas hidrográficas, y subzonas hidrográficas del Decreto número 1640 del 2 de agosto de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la última actualización del IDEAM para la codificación de cuencas hidrográficas para Colombia (IDEAM, 2013).
- Plan de Ordenamiento y Manejo de las cuencas hidrográficas para la cuenca del Río Bogotá (POMCA, 2019)
- Plan de Manejo Ambiental de los humedales de Torca y Guaymaral versión 2009 y 2023 (Resolución Conjunta 29 de 2023 CAR-SDA Torca Guaymaral disponible en el Anexo 1 Antecedentes)
- Humedal Torca-Guaymaral: iniciativas para su conservación / coordinadores Ellie Anne LópezBarrera, Ángela María Plata Rangel, Milena M. Fuentes Cotes; autores Carlos Caho ... [et al.] – Bogotá: Universidad Sergio Arboleda. Instituto de Estudios y Servicios Ambientales - IDEASA; Universidad El Bosque; Red Ambiental de Universidades Sostenibles (RAUS), 2015

### 2.3.1.1.7.2 Etapa II. Campo

Dentro de esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

- Recorrido de reconocimiento general del área de influencia en las zonas que era posible el acceso a los sitios.
- Verificación e identificación de los diferentes cuerpos lenticos y loticos presentes en el área de influencia. Identificando la red hidrográfica del sector (ver Tabla 2-10).

**Tabla 2-10 Cuerpos Lóticos**

Sector	Cuerpo lótico
Humedal sector Torca	Quebrada Tibabita

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

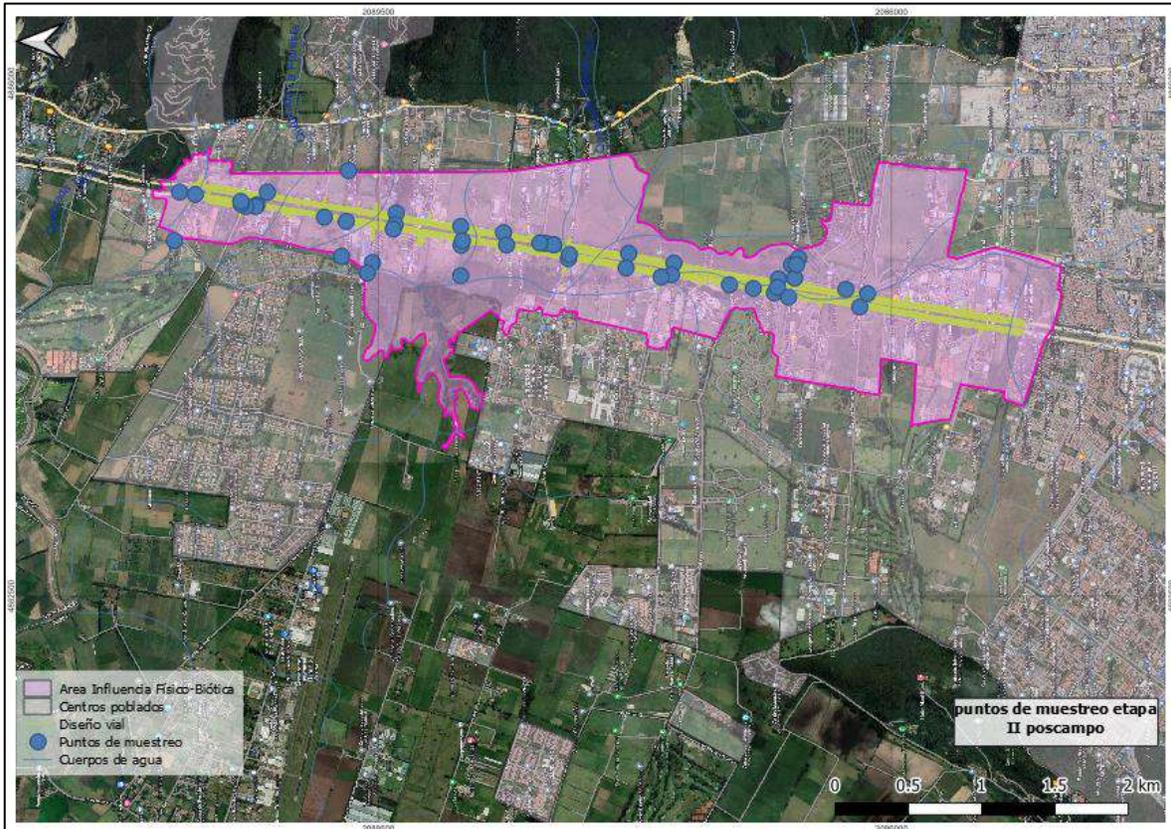
Sector	Cuerpo lótico
	Quebrada Aguas Calientes
	Quebrada Patiño
	Quebrada San Juan
	Quebrada Las Pilas
	Quebrada Novita
	Quebrada La Floresta
	Quebrada Torca
	Quebrada Torca
Humedal sector Guaymaral	Sistema de vallados y canales

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

- En esta visita se realizó un registro fotográfico, se georreferenciaron los puntos de cruce y ocupaciones de cauce con el fin de validar la cartografía, cruces, vertimientos, evaluar la dinámica de flujo y recolectar información del uso y estado actual del recurso hídrico.
- Recorrido e Identificación de los sitios de ocupaciones de cauce
- Recorrido e Identificación de los sitios de demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación del recurso hídrico
- Observación de zonas de encharcamiento e inundación.

Los puntos de información recopilada se presentan en la siguiente Figura 2-4; es de señalar que las labores de campo fueron adelantadas del 15 al 22 de diciembre de 2022.

*Figura 2-4 Puntos de muestreo en campo*



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

#### 2.3.1.1.7.3 Etapa II. Post - campo

Una vez consultada la información secundaria y la información recopilada se realizó el análisis morfométrico de las cuencas hidrográficas asociadas a los cuerpos de agua encontrados, para ello se realizó el análisis de características generales tales como forma, área, perímetro, longitud total y axial del cauce principal, entre otras, las cuales se describen a continuación:

##### 2.3.1.1.7.3.1 Forma de la cuenca

Para realizar el estudio morfométrico se requieren diferentes parámetros generales y básicos para determinar el comportamiento de cada subcuenca, como los siguientes:

- Área de la cuenca: Puede ser registrada en  $km^2$  o hectáreas.
- Perímetro: Perímetro de la cuenca en km.
- Longitud del cauce principal en km.
- Longitud de drenajes en km: la suma de la longitud de los drenajes secundarios y del cauce principal.

- Longitud axial: La longitud del punto más lejano de la cuenca al punto de desagüe del cauce principal registrada en km.
- Tamaño de la cuenca según Tucci 2002: La clasificación del tamaño de la cuenca está relacionado con el tamaño del área.

**Tabla 2-11 Clasificación tamaño de la cuenca**

Clasificación	km <sup>2</sup>
Microcuenca	<0.0001
Transición Beta	0.0001-1
Mesocuenca	1-1000
Transición Alfa	1000-10000
Macrocuenca	>10000

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Ancho promedio de la cuenca: Se calcula a partir del área y la longitud axial, registrada en km.

**Ecuación 2-1 Ancho promedio de la cuenca**

$$\text{Ancho promedio de la cuenca (km)} = \frac{\text{área (km}^2\text{)}}{\text{Longitud axial (km)}}$$

Factor de forma: Se calcula a partir del área y la longitud axial, registrada en km.

**Ecuación 2-2 Factor de forma**

$$\text{Factor de forma} = \frac{\text{área (km}^2\text{)}}{\text{Longitud axial (km)}^2}$$

Clasificación del factor de forma: Se clasifica de acuerdo con el factor de forma

**Tabla 2-12 Clasificación por factor de forma**

Factor forma	Clasificación
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
> 1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Coefficiente de compacidad: Calculado a partir del perímetro y el área.

### Ecuación 2-3 Coeficiente de compacidad

$$\text{Coef. compacidad} = 0,28 \left( \frac{\text{Perimetro (km)}}{\sqrt{\text{área}(km^2)}} \right)$$

Clasificación del coeficiente de compacidad: Se clasifica de acuerdo con el resultado del coeficiente de compacidad.

**Tabla 2-13 Clasificación por coeficiente de compacidad**

Coef. compacidad	Clasificación
1 - 1.25	Casi redonda a oval - redonda
1.25 – 1.5	Circular - Redonda
1.5 – 1.75	Oval Redonda u Oval Oblonga
1.75 – 1.95	Rectangular
> 1.95	Rectangular - Lobulada

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Índice de Alargamiento: Calculado a partir de la longitud axial y el ancho promedio de la cuenca.

### Ecuación 2-4 Índice de Alargamiento

$$\text{índice de alargamiento} = \frac{\text{Longitud Axial (km)}}{\text{Ancho promedio de la cuenca (km)}}$$

Clasificación del índice de alargamiento: Se clasifica de acuerdo con el resultado del índice del alargamiento.

**Tabla 2-14 Clasificación por índice de alargamiento**

Índice alargamiento	Clasificación
0 – 0.95	Muy Redonda
0.95 - 1	Redondeada
1 – 3	Alargada
> 3	Muy Alargada

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Diferencia de alturas: Se determina de acuerdo con el resultado de la resta entre las alturas máximas y mínimas de cada subcuenca.

### Ecuación 2-5 Diferencia de alturas

$$\text{Diferencia de altura} = \text{altura máx. (m. s. n. m)} - \text{altura mín. (m. s. n. m)}$$

Índice asimétrico: Se calcula a partir del área mayor y área menor de cada subcuenca.

### **Ecuación 2-7 Índice asimétrico**

$$\text{Índice asimétrico} = \frac{\text{área mayor (km}^2\text{)}}{\text{área menor (km}^2\text{)}}$$

#### *2.3.1.1.7.3.2 Curva hipsométrica*

Se realiza la curva hipsométrica para el conocimiento de la variación de la elevación de cada una de las subcuencas de la cuenca del río Bogotá, este parámetro de relieve permite identificar la variación altitudinal de la cuenca y definir sus características topográficas

Por medio de las herramientas SIG se hace una reclasificación con 20 intervalos equitativos de las alturas de cada una de las subcuencas con el fin de obtener la información para las curvas hipsométricas y determinar la frecuencia de alturas.

Para procesar la información se genera una tabla para cada subcuenca que contiene la información de los 20 rangos, la cual contiene los valores del área, las cotas máximas y mínimas, los intervalos y el rango entre cada intervalo.

#### *2.3.1.1.7.3.3 Parámetros relativos al drenaje*

Pendiente de drenaje (m/m): Calculado a partir de las alturas máximas, alturas mínimas y las longitudes del cauce principal de las subcuencas.

### **Ecuación 2-6 Pendiente de drenaje (m/m)**

$$\text{Pendiente de drenaje (m/m)} = \frac{\text{altura máx. (m. s. n. m)} - \text{altura mín. (m. s. n. m)}}{\text{longitud cauce principal (km)} * 1000}$$

Pendiente de drenaje (%): se calcula a partir del resultado de la pendiente de drenaje en m/m.

### **Ecuación 2-7 Pendiente de drenaje**

$$\text{Pendiente de drenaje \%} = \text{pendiente de drenaje (m/m)} * 100$$

Densidad Corrientes (1/km): Se calcula a partir del conteo de drenajes y el área.

### **Ecuación 2-8 Densidad de corrientes**

$$\text{Densidad de corrientes} = \frac{\text{Conteo de drenajes}}{\text{Área (km}^2\text{)}}$$

Densidad de drenaje (km): Se calcula a partir de la longitud de drenajes y el área.

**Ecuación 2-9 Densidad de drenaje**

$$\text{densidad de drenajes (km)} = \frac{\text{Longitud de drenajes (km)}}{\text{Área (km}^2\text{)}}$$

Índice de sinuosidad: Se calcula a partir de la longitud del cauce principal y de la longitud axial.

**Ecuación 2-10 Índice de sinuosidad**

$$\text{Índice de sinuosidad} = \frac{\text{Longitud del cauce principal (km)}}{\text{Longitud axial (km)}}$$

Patrón de alineamiento, Schumm (1963): Se clasifica de acuerdo con el resultado del índice de sinuosidad.

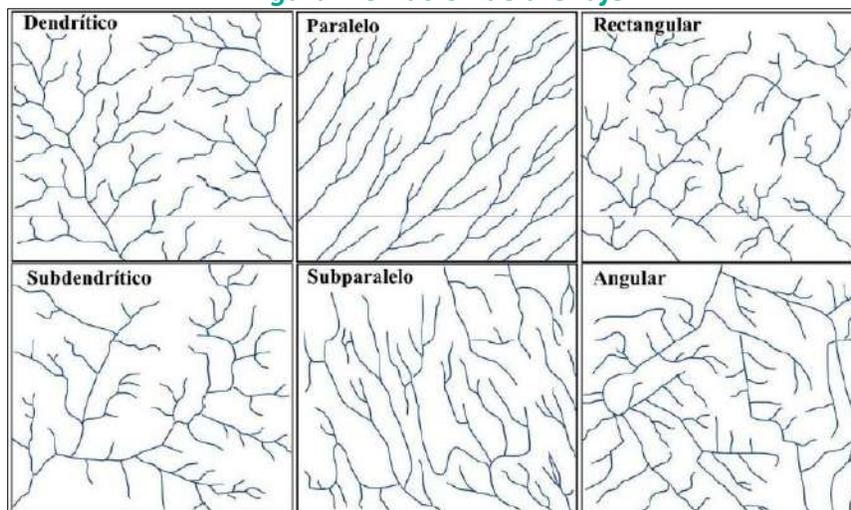
**Tabla 2-15 Clasificación por tipo de canal**

Tipo de Canal	Sinuosidad	Caracterización
Canal rectilíneo	1 – 1.2	Muy baja sinuosidad.
Canal transicional	1.2 – 1.5	Baja sinuosidad.
Canal regular	1.5 – 1.7	Sinuosidad media.
Canal irregular	1.7 – 2.1	Cambios direccionales importantes con bahías.
Canal tortuoso	> 2.1	Tendiente atrenzamiento del canal.

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Patrón de drenajes, Horton-Strahler: Se clasifica de acuerdo con la forma de los cauces.

**Figura 2-5 Patrón de drenaje**



Fuente: Modificado de Earle (2019)

Finalmente se señala que las modelaciones del componente pueden ser consultadas en el Anexo 6 Hidrología.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

### 2.3.1.1.8 Calidad del agua

#### 2.3.1.1.8.1 Aguas superficiales

El trabajo de campo se realizó desde el día 28 de diciembre de 2022 hasta el día 27 de enero de 2023, periodo que correspondió con un periodo climático de transición (Periodo de lluvias a periodo seco). La caracterización de ecosistemas acuáticos se realizó en 19 puntos ubicados a lo largo de la autopista Norte en los límites de las localidades de Suba y Usaquén. Todos los ecosistemas evaluados se encuentran localizados en el departamento de Cundinamarca, ciudad de Bogotá. (Tabla 2-16).

Los monitoreos fueron adelantados por profesionales del laboratorio AMBIUS S.A.S. (acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 mediante Resolución 0048 del 15 de enero de 2021) quienes realizaron mediciones in situ y toma de muestras de calidad de agua para sus posteriores análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, los cuales fueron adelantados por el laboratorio ambiental CHEMILAB S.A.S. (acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 mediante Resolución 0288 del 2019) (Ver Anexo 4 Calidad del agua, Resoluciones de Acreditación ante el IDEAM de los Laboratorios).

Para un mejor entendimiento de la etapa metodológica se realiza una descripción de los procesos en dos (2) partes: en la primera se indica la ubicación de las estaciones de monitoreo y las condiciones climáticas presentadas durante el trabajo de campo, mientras que en la segunda se describe el proceso metodológico desarrollado para la ejecución de la campaña de monitoreo. Tanto los procedimientos de muestreo como de laboratorio se realizaron teniendo en cuenta la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 23 (2017), en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas (2002) del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (2018) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

#### 2.3.1.1.8.1.1 Localización y descripción de las estaciones de monitoreo

El trabajo de campo se efectuó entre el 28 de diciembre de 2022 y el 27 de enero de 2023, se tomaron muestras de calidad de agua y comunidades hidrobiológicas en las estaciones que se describen en la Tabla 2-16 y se presentan en la Figura 2-6.

**Tabla 2-16 Información de campo de las estaciones de muestreo**

Código Estación	Nombre De Estación	Coordenadas Planas (Origen 12CTM – Datum Nacional)		Fecha y hora de muestreo
		Este	Norte	
A.CG_1	Canal Guaymaral Frente al Cementerio	4884571,0	2086791,0	28/12/2022 10:00

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

A_VC_1	Vallado/Cuneta Calle 201 1	4884448,0	2086208,0	28/12/2022 11:00
A_VC_2	Vallado/Cuneta Calle 201 2	4884586,3	2086311,2	28/12/2022 12:15
A_CG_2	Canal Guaymaral Inicio Canal	4884651,0	2086767,0	28/12/2022 13:00
A_CT_1	Canal Torca 1	4884771,7	2087468,8	29/12/2022 09:00
N_QF_1	Quebrada La Floresta Aguas Arriba 1	4885095,0	2089371,4	29/12/2022 10:00
N_QF_2	Quebrada La Floresta Aguas Abajo	4884773,7	2089538,3	29/12/2022 11:00
A_CG_3	Canal Guaymaral Frente al CAFAM	4884676,0	2087483,0	29/12/2022 12:15
A_CT_2	Canal Torca 2	4884829,3	2087787,6	30/12/2022 08:30
N_QLP_1	Quebrada Las Pilas Aguas Arriba	4885022,8	2088932,5	30/12/2022 09:20
A_CG_4	Canal Guaymaral Hyundai	4884810,3	2089755,6	30/12/2022 10:30
A_CG_5	Canal Guaymaral Bima	4884696,6	2089558,6	30/12/2022 11:15
N_QF_3	Quebrada La Floresta Aguas Arriba 2	4885749,3	2089627,1	02/01/2023 08:15
N_QN_1	Quebrada Novita Aguas Arriba	4885239,9	2090273,4	02/01/2023 09:45
N_QLP_2	Quebrada Las Pilas Aguas Abajo	4884789,7	2088937,7	02/01/2023 12:30
N_HUM_TOR_1	Humedal Torca	4884787	2086709	03/01/2023 09:30
N_HUM_TOR_2		4884777	2086727	
N_HUM_TOR_3		4884778	2086693	
N_QLP_3	Quebrada Las Pilas Separador	4884960,0	2088942,0	03/01/2023 12:00
N_HUM_GUA_1	Humedal Guaymaral	4884578	2089154	03/01/2023 14:00
N_HUM_GUA_2		4884487	2089106	
N_HUM_GUA_3		4884644	2089135	
N_QN_1	Quebrada Novita Aguas Abajo	4885118,5	2090415,4	27/01/2023 12:00

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

**Figura 2-6 Localización de los puntos de monitoreo**



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Acaca SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En la Tabla 2-17, se presentan las descripciones de cada una de las estaciones de monitoreo evaluadas acompañadas de los respectivos registros fotográficos.

**Tabla 2-17 Descripción estaciones de muestreo**

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>A.CG_1 Canal Guaymaral Frente al Cementerio</p>	 <p>Zona cercana al cementerio Jardines del Recuerdo, presenta agua de color verdoso-grisáceo, presenta un olor a materia orgánica en descomposición, este cuerpo de agua está cubierto totalmente por macrófitas, se pueden observar tuberías encima del mismo y una gran cantidad de basura alrededor y en el espejo de agua.</p>

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>A_VC_1 Vallado/Cuneta Calle 201 1</p>	 <p>Canal ubicado a un costado de la calle y varios metros debajo de la autopista Autonorte, presenta aproximadamente 50 cm de ancho, se pueden observar espumas y basuras, presenta olor a materia orgánica en descomposición, se observa vegetación herbácea en las orillas.</p>
<p>A_VC_2 Vallado/Cuneta Calle 201 2</p>	 <p>Canal de concreto ubicado en la parte oriental de la Autonorte, agua de coloración gris oscura, olor a materia orgánica en descomposición, el agua pasa bajo un puente vehicular. Este punto es carente de vegetación en las orillas del cuerpo de agua.</p>
<p>A CG_2 Canal Guaymaral Inicio Canal</p>	 <p>Canal ubicado en el sector oriental de la autopista norte, agua de coloración verde-grisáceo, vegetación arbustiva y herbácea abundante, se observa una cantidad considerable de basuras en las orillas y en el cuerpo de agua, presenta mal olor.</p>

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
A_CT_1 Canal Torca 1	 <p>Cuerpo de agua ubicado en el sector oriental, presenta agua de coloración gris, con olor a materia orgánica en descomposición, sedimento arcilloso, presenta basuras en las orillas y en el cuerpo de agua, presencia de vegetación abundante, principalmente de tipo arbórea.</p>
N_QF_1 Quebrada La Floresta Aguas Arriba 1	 <p>Quebrada ubicada en la parte oriental de la autopista, este punto se encuentra a nivel inferior de la vía, se puede observar un tubo que pasa encima del cauce, se puede observar vegetación abundante hacia el parteaguas arriba de la quebrada, agua de coloración clara, no presenta olor, sedimento rocoso.</p>
N_QF_2 Quebrada La Floresta Aguas Abajo	 <p>Punto ubicado en el sector occidental de la autopista norte que hace parte de la quebrada La Floresta, presenta pocos centímetros de ancho, está cubierta por un 80% de sombra con vegetación herbácea y arbórea, agua de coloración clara sin espumas ni iridiscencias.</p>

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>A.CG_3 Canal Guaymaral Frente al CAFAM</p>	 <p>Cuerpo de agua cubierto por macrófitas en gran parte de su extensión, se puede observar agua de color lechoso, se observan algunas espumas, no presenta olor, este punto cuenta con poca sombra y se encuentra en cercanías al carril occidental de la autopista norte.</p>
<p>A_CT_2 Canal Torca 2</p>	 <p>Cuerpo de agua ubicado a unos pocos metros de la carretera, presenta agua color grisáceo, olor a materia orgánica en descomposición, se puede observar una gran cantidad de basura debajo de una estructura de concreto y en otras secciones de cauce, presenta una pendiente pronunciada con sedimento arcilloso, se observa vegetación herbácea y arbustiva.</p>
<p>N_QLP_1 Quebrada Las Pilas Aguas Arriba</p>	 <p>Cuerpo de agua que presenta un ancho de pocos centímetros, agua de coloración clara, sedimento rojizo, el agua fluye bajo un puente de concreto y una estructura, se observa vegetación herbácea y no presenta espumas, ni basuras.</p>

# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>A.CG_4 Canal Guaymaral Hyundai</p>	 <p>Punto ubicado en cercanías del canal de Torca, agua de coloración gris, sedimento negro y arcilloso, presenta un olor a materia orgánica en descomposición, vegetación principalmente herbácea, se pudo observar en el momento de la toma, ganado vacuno pastando cerca al cuerpo de agua.</p>
<p>A.CG_5 Canal Guaymaral Bima</p>	 <p>Punto ubicado sobre el canal de Torca, se observa un puente de madera que cruza el cuerpo de agua y un paso vehicular, agua de coloración gris oscuro con olor a materia orgánica en descomposición. Presenta vegetación herbácea en las orillas.</p>
<p>N.QF_3 Quebrada La Floresta Aguas Arriba 2</p>	 <p>Punto ubicado sobre la carrera séptima, se encuentra ubicado a unos pasos de la carretera, agua de coloración clara, no se observa olor ni espumas, se encuentra a un nivel inferior de la carretera, se observa poca vegetación herbácea en las orillas, se observa una cerca que impide el paso aguas abajo.</p>

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>N_QN_1 Quebrada Novita Aguas Arriba</p>	 <p>Punto ubicado aproximadamente a 5 metros de la autopista norte, el agua fluye lentamente hacia una zona donde se estanca, agua de coloración clara, no presenta olor ni espumas, el cauce fluye bajo la autopista, se puede observar una cerca con vegetación herbácea y arbustiva.</p>
<p>N_QLP_2 Quebrada Las Pilas Aguas Abajo</p>	 <p>Canal ubicado en el sector oriental de la autopista norte, se encuentra en cercanías a un vivero, agua de color gris lechoso, olor a materia vegetal en descomposición, presenta abundante vegetación herbácea, también se puede observar una vivienda en las cercanías de este.</p>
<p>N_HUM_TOR_1 Humedal Torca</p>	 <p>Humedal ubicado en el sector oriental de la autopista norte, presenta amplia cobertura vegetal, agua de coloración clara a café, se encuentran macrófitas en gran parte de la extensión del humedal, por la gran cantidad de macrófitas se puede notar olor a materia orgánica en descomposición, no se observa basura, espumas o iridiscencias.</p>

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
<p>N_QLP_3 Quebrada Las Pilas Separador</p>	 <p>Punto ubicado sobre el separador de la auto norte, presenta agua de coloración clara, sin iridiscencias y sin espumas, sedimento rojizo, arenoso y/o rocoso, el agua pasa debajo de una carretera y un puente, presenta escasa vegetación, se encuentran principalmente algunas hierbas y arbustos.</p>	
<p>N_HUM_GUA_1 Humedal Guaymaral</p>	 <p>Humedal ubicado en el sector occidental de la autopista norte, se puede observar que el humedal está cubierto en gran parte de juncos y otras macrófitas y no se puede observar el espejo de agua completamente, por las lluvias constantes que se presentaron en los días anteriores el humedal estaba anegado en gran parte de su extensión. El agua es de coloración gris oscura, presenta olor a materia orgánica en descomposición.</p>	
<p>N_QN_1 Quebrada Novita Aguas Abajo</p>	 <p>Punto ubicado en el sector occidental de la autopista norte, agua de coloración clara, sin basuras, espumas o iridiscencia, no presenta olor, sedimento lodoso, el cauce presenta alrededor de 3 metros de ancho, el agua fluye bajo una tubería de la autopista.</p>	

Fuente: AMBIUS S.A.S.-2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

2.3.1.1.8.2 Proceso metodológico - Etapa de preparación

En la etapa de preparación se ajustan los procedimientos esenciales para llevar a cabo de una manera satisfactoria los demás procesos articulados al estudio. En ésta se lleva a cabo toda la planeación y programación para que la fase de campo se desarrolle sin ningún inconveniente.

En la Figura 2-7, se muestran los pasos que se siguieron durante esta etapa, que tiene como fin, determinar los elementos requeridos para el correcto monitoreo en campo de los puntos de muestreo, a partir de las pruebas a realizar en cada uno de ellos.

**Figura 2-7 Actividades de la etapa de preparación**



Fuente: Ambius S.A.S.-2023.

2.3.1.1.8.2.1 Proceso metodológico - Etapa de campo

Para todos los puntos sobre los sistemas de aguas superficiales se llevó a cabo la toma de muestras para la caracterización fisicoquímica y bacteriológica. La toma de muestras se realizó siguiendo los instructivos del Procedimiento de Laboratorio Ambius S.A.S. (Muestreo de Aguas (I-PMO01-01). El trabajo de campo desarrollado para la toma de mediciones in situ y colecta de muestras de agua para los posteriores análisis de laboratorio, se llevó a cabo por personal de la empresa AMBIUS S.A.S., con base en las disposiciones de la EPA, en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

(American Water Works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 23 (2017) y en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (MAVDT, 2018).

### 2.3.1.1.8.2.1.1 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

Para la toma de las muestras de agua se utilizó un balde, previamente purgado. De esta manera se tomaron muestras puntuales con las cuales posteriormente se llenaron los diferentes recipientes de vidrio ámbar o plástico opaco según se requiriera (ver Fotografía 2-1). Las mediciones de los parámetros fisicoquímicos de temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad, se realizaron in situ con la ayuda de un equipo multiparámetro marca HACH referencia HQ40d, previamente calibrado y posteriormente verificado en campo (Fotografía 2-2) (Ver Anexo 4 Calidad del agua). Cabe mencionar que en los puntos Humedal Torca y Humedal de Guaymaral se tomaron 3 submuestras en diferentes sectores y se realizó una integración para obtener una sola muestra final.

#### Fotografía 2-1 Toma de muestras de agua para análisis fisicoquímico



Fuente: Ambius S.A.S.-2023

#### Fotografía 2-2 Medición de parámetros in situ



Fuente: Ambius S.A.S.-2023

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Es de mencionar que en el caso de la toma de muestra de grasas y aceites y coliformes, se realizó directamente de la fuente en cada punto de muestreo, esto de acuerdo con los protocolos de muestreo en los que se define este criterio (ver Fotografía 2-3).

### Fotografía 2-3 Toma de muestras bacteriológicas y de grasas y aceites.



Fuente: Ambius S.A.S.-2023

El objetivo de estos monitoreos es el de obtener muestras representativas, y que sus concentraciones no fueran modificadas desde la toma hasta su análisis, por lo cual las muestras fueron preservadas teniendo en cuenta el análisis a realizar (acidificación y/o refrigeración), así mismo, se rotularon y almacenaron en neveras plásticas, registrando correctamente en formatos de campo la información correspondiente como fecha y hora de muestreo, responsable de la toma, origen, tipo de fijación y otras observaciones pertinentes (Ver Anexo 4 Calidad del agua), y se enviaron al laboratorio en un lapso de 24 horas.

#### 2.3.1.1.8.2.2 Proceso metodológico - Etapa de laboratorio

En esta etapa se realizó el análisis de las muestras colectadas en campo, por parte de laboratorios acreditados ante el IDEAM bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 con resolución vigente como lo son AMBIUS S.A.S. (Resolución 0048 del 15 de enero de 2021) y Chemilab S.A.S. (acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 mediante Resolución 1618 de 2021).

En esta etapa, posterior a la toma y envío de muestras de aguas superficiales al laboratorio, se procedió al análisis de estas, para cada uno de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de interés, a partir de los métodos, técnicas analíticas y límites de cuantificación que se indican en la Tabla 2-18.

**Tabla 2-18 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas evaluadas**

Parámetro	Método	Técnica Analítica	Límite de Cuantificación - Unidades
Acidez Total*	SM 2310 B	Volumétrico	2,54mg CaCO <sub>3</sub> /L
Alcalinidad total*	SM 2320 B	Volumétrico	6,04mg CaCO <sub>3</sub> /L

# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Parámetro	Método	Técnica Analítica	Límite de Cuantificación - Unidades
Arsénico Total*	EPA 7062, SM 3114 C	Digestión AA – Generación de hidruros	0,0025mg As/L
Bario Total*	SM 3030 E, SM 3111 D	Digestión AA – Llama óxido nitroso - acetileno	0,5mg Ba/L
Cadmio Total*	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión AA – Llama Aire acetileno	0,01mg Cd/L
Color real*	SM 2120 B	Visual	5UPC
Cobre Total*	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión AA – Llama Aire acetileno	0,1mg Cu/L
Coliformes Fecales Termotolerantes*	SM 9223 B Modificado	Sustrato Enzimático Multicelda	1NMP/100mL
Coliformes Totales*	SM 9223 B	Sustrato Enzimático Multicelda	1NMP/100mL
Conductividad**	SM 2510B	Electrometría	0,1µS/cm
Cromo Total*	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión AA – Llama Aire acetileno	0,1mg Cr/L
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)*	SM 5210 B, ASTM D 888-18 METODO C	Incubación 5 días y Luminiscencia	5mg O2/L
DQO Rango Alto*	SM 5220D	Reflujo cerrado y Colorimétrico	5mg O2/L
Dureza Cálrica	SM 3500 Ca-B	Volumétrico con EDTA	5,0mg CaCO3/L
Dureza Total*	SM 2340C	Volumétrico con EDTA	5,0mg CaCO3/L
Fenoles totales*	SM 5530 B,D	Destilación - Fotométrico directo	0,1mg Fenol /L
Fósforo total*	SM 4500 -P B,E	Digestión Colorimetría con Ácido Ascórbico	0,07mg P/L
Grasas y Aceites*	NTC 3362:2005-06-29, Numeral 4, Método C	Espectrofotometría Infrarrojo	0,2mg/L
Mercurio Total*	SM 3112 B	Digestión-AA - Vapor Frío	0,001mg Hg/L
Níquel Total*	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión AA – Llama Aire acetileno	0,2mg Ni/L
Nitrógeno total*	Semi-micro Kjeldahl SM 4500-Norg C, SM 4500 NH3 B,C	Digestión - Kjeldahl	3,04mg N/L
Oxígeno disuelto	ASTMD 888-09 METODO C	Luminiscencia	0,05mg O2/L
pH	SM 4500 H+ B	Electrométrico	N.A Unidades de pH
Plata	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión AA – Llama Aire acetileno	0,050mgAr/L
Plomo Total*	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión AA – Horno de grafito	0,001mg Pb/L
Solidos Disueltos Totales	SM 2540C	Gravimétrico - Secado a 180 °C	10mg/L
Solidos sedimentables	SM 2540F	Cono Imhoff	0,1ml/L

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Parámetro	Método	Técnica Analítica	Límite de Cuantificación - Unidades
Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540D	Gravimetría Secado 103-105°C	10mg/L
Temperatura muestra	SM 2550 B	Termométrico	N.A°C
Turbidez	SM 2130B	Nefelometría	1NTU
Zinc Total*	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión AA – Llama Aire acetileno	0,05mg Zn/L

Fuente: Adaptado de Chemilab S.A.S, 2023, Ambius S.A.S.-2023

### 2.3.1.1.8.2.3 Proceso metodológico - Etapa de análisis

Se efectuó una interpretación de las concentraciones obtenidas teniendo en cuenta la relación existente entre parámetros, así como con los criterios establecidos en la normatividad ambiental vigente, que corresponde al Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Capítulo 3 (Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos) – Secciones 2 (Destinación Genérica de las Aguas Superficiales y Subterráneas) y 9 (Disposiciones Transitorias), en el cual todavía se toma como referencia el Decreto 3930 de 2010 para las definiciones de los usos del agua, así como también se considera de manera transitoria el Decreto 1594 de 1984 para los límites permisibles de los diferentes usos del recurso hídrico.

A continuación, se referencian los artículos aplicables de la nueva normatividad que, para mayor entendimiento en el documento, se continúan interpretando a partir de los numerales de los Decretos 3930 de 2010 y 1594 de 1984, en los cuales se basa para el componente de calidad de agua del Decreto 1076 de 2015:

- Capítulo 3 – Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos.
  - Sección 2 – Destinación Genérica de las Aguas Superficiales y Subterráneas.
    - Artículo 2.2.3.3.2.1. Usos del agua (basado en el Decreto 3930 de 2010).
  - Sección 9 – Disposiciones Transitorias
    - Transitorios 2.2.3.3.9.9.3. Límites permisibles para consumo humano y doméstico con previo tratamiento convencional (corresponde al Art. 38 del Decreto 1594 de 1984).
    - Transitorios 2.2.3.3.9.9.4. Límites permisibles para consumo humano y doméstico con previa desinfección (corresponde al Art. 39 del Decreto 1594 de 1984).
    - Transitorios 2.2.3.3.9.9.5. Límites permisibles para uso agrícola (corresponde al Art. 40 Decreto 1594 de 1984).
    - Transitorios 2.2.3.3.9.9.6. Límites permisibles para uso pecuario (corresponde al Art. 41 Decreto 1594 de 1984).

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Como complemento a la determinación del estado actual del recurso hídrico en la zona de interés, se realizó la estimación de los índices de calidad y de contaminación del agua que se indican a continuación.

### 2.3.1.1.8.2.3.1 Índice de calidad del agua (ICA)

El IDEAM en el ENA (Estudio Nacional del Agua) adoptó la metodología UWQI (Universal Water Quality Index), la cual fue desarrollada y aplicada con el fin de obtener un índice simplificado para establecer la calidad de agua usada para el consumo humano. El IDEAM (2015) adoptó seis variables básicas para la determinación del ICA en los cuerpos de agua: una de estado (oxígeno disuelto) y cinco de presión (demanda química de oxígeno –DQO–, conductividad eléctrica –CE–, sólidos suspendidos totales –SST–, pH y relación nitrógeno total / fosforo total) (García, Vargas, Onofre, Aguirre & Sánchez, 2011). A cada una de estas variables se le asignaron unos factores de acuerdo con su importancia Tabla 2-19.

**Tabla 2-19 Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas del agua**

Variable	Valor ponderado
% Oxígeno Disuelto	0,17
DQO	0,17
Conductividad eléctrica	0,17
Sólidos Suspendidos Totales	0,17
NT/PT	0,17
pH	0,15

Fuente: García et al., 2011

Para el cálculo se emplea una ecuación de tipo aditivo o suma ponderada, cuya estructura de cálculo es la que se presenta en la siguiente ecuación (Torres et al., 2009):

**Ecuación 2-11 Ponderación de variables**

$$UWQI = \sum_{i=1}^n W_i I_i$$

Donde

- $W_i$  es el peso o porcentaje asignado al  $i$ -ésimo parámetro
- $I_i$  es el subíndice del  $i$ -ésimo parámetro.

Los valores del ICA del IDEAM comprenden una escala de cero a uno, en cinco categorías que pueden ser interpretados de acuerdo con la Tabla 2-20.

**Tabla 2-20 Interpretación del índice ICA**

RANGO	INTERPRETACIÓN
0,00 – 0,25	Muy Mala
0,26 – 0,50	Mala
0,51 – 0,70	Regular

RANGO	INTERPRETACIÓN
0,71 – 0,90	Aceptable
0,91 – 1,00	Buena

Fuente: Ideam, 2011.

#### 2.3.1.1.8.2.3.2 Índices de contaminación del agua (ICO)

Se efectuó una interpretación del estado de contaminación de los sistemas de aguas superficiales de la zona de interés a partir del cálculo de los índices de contaminación del agua (ICO) sobre cada punto de muestreo (Ramírez et al., 1997). Para esto se tuvo en cuenta los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos para el punto de monitoreo.

Para el presente estudio se incluyen los índices de contaminación por materia orgánica (ICOMO), por mineralización (ICOMI), por sólidos suspendidos (ICOSUS) y de contaminación trófico (ICOTRO) los cuales relacionan las variables descritas en la Tabla 2-21.

**Tabla 2-21 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO)**

ÍNDICES	VARIABLE	INTERPRETACIÓN
ICOMO	DBO5	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
	Coliformes Totales	
	Oxígeno Disuelto	
ICOSUS	Sólidos suspendidos	
ICOMI	Conductividad	
	Dureza	
	Alcalinidad	
ICOTRO	Fósforo total (mg/L).	<0,01 = Oligotrófico >1 = Hipereutrófico

Fuente: Ramírez et al., 1997

Para calcular los diferentes índices de contaminación, se aplicaron las fórmulas descritas a continuación:

- **ICOMO** =  $1/3 (I_{DBO5} + I_{Coliformes\ totales} + I_{Oxígeno\%})$
- **ICOMI** =  $1/3 (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$
- **ICOSUS** =  $-0,02 + 0,003 \text{ Sólidos suspendidos (mg/L)}$
- **ICOTRO** = Fósforo total (mg/L)

El ICOMO comprende la relación entre tres (3) variables fisicoquímicas (demanda bioquímica de oxígeno (DBO), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno), las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica. El ICOMI se expresa en conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza, que reúne los cationes calcio y magnesio y alcalinidad que incluye los aniones carbonatos y bicarbonatos. Por su parte, el ICOSUS involucra solamente la concentración de sólidos suspendidos, que hacen referencia a los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua y el ICOTRO se determina con la concentración del fósforo total. Estos índices son

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica el grado de intervención que presentan los cuerpos de agua (Ramírez et al., 1997).

### 2.3.1.1.8.3 Aguas Subterráneas

Para un mejor entendimiento de la etapa metodológica se realiza una descripción de los procesos en dos (2) partes: en la primera se indica la ubicación de las estaciones de monitoreo y las condiciones climáticas presentadas durante el trabajo de campo, mientras que en la segunda se describe el proceso metodológico desarrollado para la ejecución de la campaña de monitoreo. Tanto los procedimientos de muestreo como de laboratorio se realizaron teniendo en cuenta la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 23 (2017), en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas (2002) del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (2018) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

#### 2.3.1.1.8.3.1 Localización y descripción de la estación de monitoreo

El trabajo de campo se realizó desde el día 28 de diciembre de 2022 hasta el día 27 de enero de 2023, tomando las muestras de calidad de agua subterránea en las estaciones de monitoreo localizadas dentro del área de influencia del proyecto, cuya información se suministra en la Tabla 2-22.

**Tabla 2-22 Estación de monitoreo de aguas subterráneas.**

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS PLANAS (DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL)		HORA DE MONITOREO	FECHA DE MONITOREO	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA (MUNICIPIO / DEPARTAMENTO)
	ESTE	NORTE			
PZ-11-0030 Pozo Bogotá Tennis Club	4885017,9	2090826,0	09:00	06/01/2023	Bogotá D.C/Cundinamarca
PZ-11-0140 Pozo Jardines del Recuerdo	4884537,2	2086816,1	10:30	06/01/2023	
M-SC Manantial Predio Santacoloma	4884534,0	2088254,0	09:30	27/01/2023	
PZ-11-0195 Pozo Colegio San Viator	4884584,0	2087358,0	11:00	27/01/2023	

Fuente: Ambius S.A.S. 2023.

En la Tabla 2-23, se presenta la descripción de las estaciones de monitoreo acompañadas de su respectivo registro fotográfico.

**Tabla 2-23 Descripción del punto de monitoreo de aguas subterráneas.**

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>PZ-11-0030 Pozo Bogotá Tenis Club</p>	 <p>Pozo subterráneo ubicado en el predio de Bogotá Tennis Club, presenta agua de coloración clara, presenta olor azufrado o ferroso, el agua tiene uso frecuente y es principalmente para uso doméstico y no para consumo humano. El pozo se ubica aproximadamente a 70 metros de profundidad.</p>
<p>PZ-11-0140 Pozo Jardines del Recuerdo</p>	 <p>Pozo profundo ubicado en el cementerio Jardines del Recuerdo, se menciona que este pozo no tiene un uso frecuente, presenta agua de coloración clara, olor ferroso, durante el proceso de toma de muestras se pueden observar algunas grasas en la lámina de agua.</p>
<p>M-SC Manantial Predio Santacoloma</p>	

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
	<p>Manantial ubicado en el predio Santacoloma, costado occidental de la autopista norte, presenta agua clara, olor a materia orgánica en descomposición, se encuentra en gran parte cubierto de macrófitas, se observan pequeñas viviendas cerca y animales de granja.</p>
<p>PZ-11-0195 Pozo Colegio San Viator</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Pozo profundo ubicado aproximadamente a 150 metros de profundidad, presenta agua clara, el agua es expulsada a través de una motobomba a una llave, se menciona que el pozo es de uso frecuente, agua usada para riego en algunos cultivos y uso doméstico.</p>

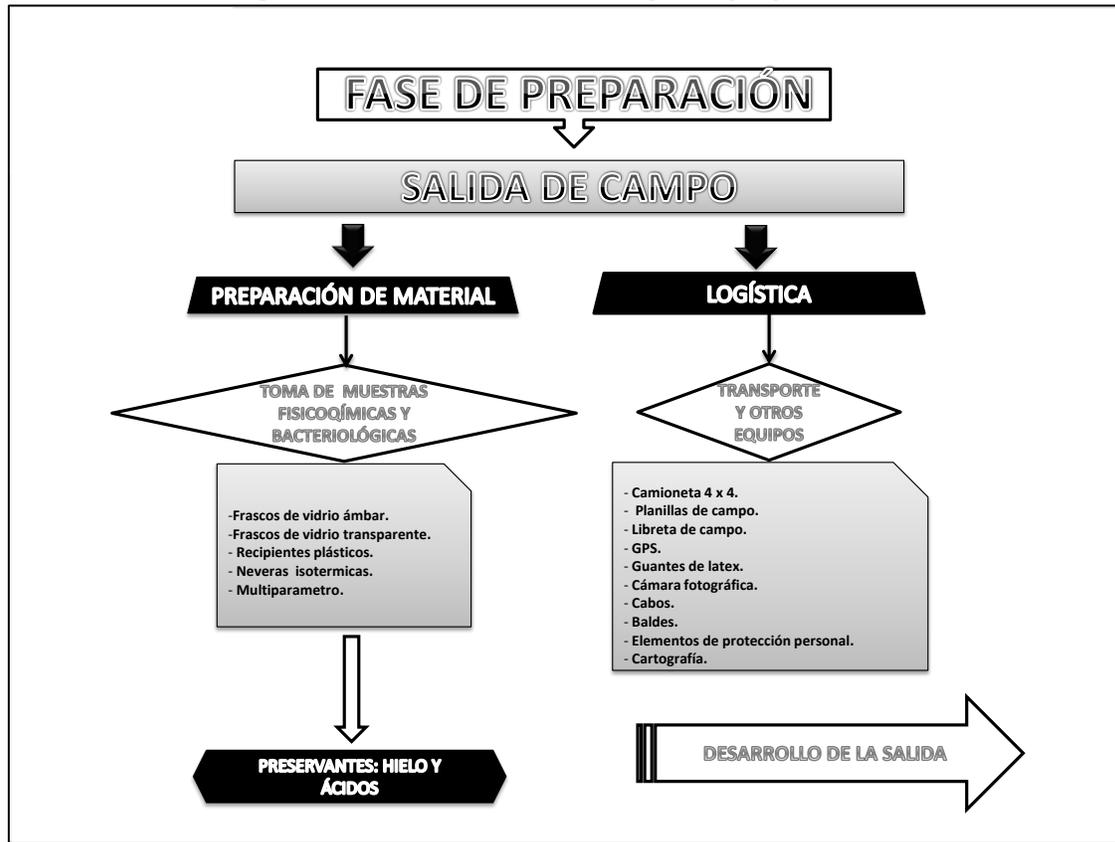
Fuente: Ambius S.A.S.-2023.

#### 2.3.1.1.8.3.2 Etapa de preparación

En la etapa de preparación se ajustan los procedimientos esenciales para desarrollar de una manera satisfactoria los demás procesos articulados al estudio. En ésta se lleva a cabo toda la planeación y programación para que la fase de campo se desarrolle sin ningún inconveniente.

En la Figura 2-8, se muestran los pasos que se siguieron durante esta etapa, que tiene como fin, determinar los puntos de monitoreo y las pruebas a realizar en cada uno de ellos.

Figura 2-8 Actividades de la etapa de preparación.



Fuente: Ambius S.A.S.-2023.

### 2.3.1.1.8.3.3 Etapa de campo

Para las estaciones de monitoreo antes descritas se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de calidad de agua subterránea, realizando en campo la toma de mediciones *in situ* y colecta de muestras de agua para los posteriores análisis de laboratorio. Los trabajos se llevaron a cabo por personal de la empresa AMBIUS S.A.S., con base en las disposiciones de la EPA, en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 23 (2017) y en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018).

Para la toma de las muestras de agua se utilizó un balde, previamente purgado. Con este dispositivo se tomaron muestras puntuales con las cuales posteriormente se llenaron los diferentes recipientes de vidrio ámbar o plástico opaco (Fotografía 2-4 y Fotografía 2-5). Las mediciones de los parámetros fisicoquímicos como temperatura, conductividad, pH y oxígeno disuelto se realizaron *in situ* con la ayuda de un equipo multiparámetro marca HACH referencia HQ40d, previamente calibrado y posteriormente verificado en campo

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

(Fotografía 2-6) (Anexo 4 Calidad del agua). Es de mencionar que en el caso de la toma de muestra de grasas y aceites y coliformes, la misma se realizó directamente de la fuente en cada punto de muestreo, esto de acuerdo a los protocolos de muestreo en los que se define este criterio (Fotografía 2-8 y Fotografía 2-9).

**Fotografía 2-4 Toma de muestras para análisis fisicoquímico.**



Bogotá D.C-Cundinamarca  
Coordenada: 4885020 E 2090814 N  
Fuente: Ambius S.A.S., 2023

**Fotografía 2-5 Toma de muestras para análisis fisicoquímico.**



Bogotá D.C-Cundinamarca  
Coordenada: 4885110 E 2086820 N  
Fuente: Ambius S.A.S., 2023

**Fotografía 2-6. Lectura de parámetros in situ.**



Bogotá D.C-Cundinamarca  
Coordenada: 4885020 E 2090814 N  
Fuente: Ambius S.A.S., 2023

**Fotografía 2-7. Lectura de parámetros in situ.**



Bogotá D.C-Cundinamarca  
Coordenada: 4884534 E 2086820 N  
Fuente: Ambius S.A.S., 2023

**Fotografía 2-8. Toma de muestras para análisis de grasas y aceites.**



Bogotá D.C-Cundinamarca  
Coordenada: 4885020 E 2090814 N  
Fuente: Ambius S.A.S., 2023

**Fotografía 2-9. Toma de muestras para análisis de coliformes.**



Bogotá D.C-Cundinamarca  
Coordenada: 4885020 E 2090814 N  
Fuente: Ambius S.A.S., 2023

Las muestras fueron preservadas teniendo en cuenta el análisis a realizar (acidificación y/o refrigeración), así mismo, se rotularon y almacenaron en neveras plásticas, registrando correctamente en formatos de campo la información correspondiente como fecha y hora de muestreo, responsable de la toma, origen, tipo de fijación y otras observaciones pertinentes (Anexo 4 Calidad del agua).

A continuación, en la Tabla 2-24, se resume la información correspondiente al trabajo de campo realizado, indicando el tipo de muestreo, envase y preservación utilizados para cada uno de los parámetros a caracterizar.

**Tabla 2-24. Variables evaluadas, tipo de muestreo y método de preservación de las muestras de aguas superficiales.**

PARÁMETRO	TIPO DE MUESTREO	ENVASE	PRESERVACIÓN
Alcalinidad total	Manual – puntual	Plástico Ámbar	Refrigerada
Acidez Total	Manual – puntual	Plástico Ámbar	Refrigerada
Arsénico Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Bario Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Bicarbonatos	Manual – puntual	Plástico Ámbar	Refrigerada
Cadmio Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Calcio Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Cloruros	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Coliformes Fecales Termotolerantes	Manual – puntual	Vidrio estéril	Refrigerada
Coliformes Totales	Manual – puntual	Vidrio estéril	Refrigerada

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PARÁMETRO	TIPO DE MUESTREO	ENVASE	PRESERVACIÓN
Color Aparente	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Conductividad	Inmediato – in situ	-	-
Cromo Hexavalente	Manual – puntual	Vidrio Ambar	Refrigerada y acidificada
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	Manual – puntual	Plástico Ámbar	Refrigerada
DQO	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada y acidificada
Dureza Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Fenoles	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada y acidificada
Fosforo Total	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada y acidificada
Grasas y Aceites	Manual – puntual	Vidrio	Refrigerada y acidificada
Hidrocarburos	Manual – puntual	Vidrio	Refrigerada y acidificada
Hierro Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Magnesio Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Manganeso Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Níquel Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Nitrógeno Amoniacal	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Nitrógeno Total	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada y acidificada
Oxígeno Disuelto	Inmediato – in situ	-	-
pH	Inmediato – in situ	-	-
Plomo Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Potasio Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Sodio Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Solidos Disueltos Totales	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Solidos Suspendidos Fijos	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Solidos totales	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Sulfatos	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Sulfuros	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada y acidificada
Temperatura muestra	Inmediato – in situ	-	-
Turbidez	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Zinc Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada

Fuente: Ambius S.A.S.-2023.

### 2.3.1.1.8.3.4 Etapa de laboratorio

En esta etapa se realizó el análisis de las muestras colectadas en campo, por parte de laboratorios acreditados ante el IDEAM bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 con resolución vigente como lo son AMBIUS S.A.S. (Resolución 0048 del 15 de enero de 2021), CHEMILAB S.A.S. (Resolución 1618 de 2021). (Anexo 4 Calidad del agua).

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Posterior a la toma y envío de muestras de aguas subterráneas al laboratorio, se procedió al análisis de estas, para cada uno de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de interés, a partir de los métodos y técnicas analíticas que se indican en la Tabla 2-25. Los análisis se realizaron haciendo uso de equipos debidamente calibrados (Anexo 4 Calidad del agua).

**Tabla 2-25. Métodos y técnicas analíticas utilizadas para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.**

PARÁMETRO	LIMITE - UNIDADES	MÉTODO	TÉCNICA ANALÍTICA
Acidez Total	5,0 mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 2310 B	Volumétrico
Alcalinidad total	6,04mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 2320 B	Volumétrico
Arsénico Total	0,0025mg As/L	EPA200.7	ICP
Bario Total	0,5mg Ba/L	EPA200.7	ICP
Bicarbonatos	6mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 2320 B	Volumétrico
Cadmio Total	0,01mg Cd/L	EPA200.7	ICP
Calcio Total	0,1mg Ca/L	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión-AA-Llama Aire Acetileno
Cloruros	9,9mg Cl-/L	SM 4500 Cl-B	Método Argentometrico
Color aparente	5UPC	SM 2120 B	Visual
Coliformes Fecales Termotolerantes	1NMP/100mL	SM 9223 B Modificado	Sustrato Enzimático Multicelda
Coliformes Totales	1NMP/100mL	SM 9223 B	Sustrato Enzimático Multicelda
Conductividad	0,1µS/cm	SM 2510B	Electrometría
Cromo Hexavalente	0,04mg Cr <sup>6+</sup> /L	SM 3500-Cr+6-B	Colorimetría
DBO <sub>5</sub>	5mg O <sub>2</sub> /L	SM 5210 B, ASTM D 888-12 METODO C	Incubación 5 días y Luminiscencia
DQO	5mg O <sub>2</sub> /L	SM 5220D	Reflujo cerrado y Colorimétrico
Dureza Total	4,6mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 2340C	Volumétrico con EDTA
Fenoles totales	0,1mg Fenol /L	SM 5530 B,D	Destilacion - Fotometrico directo
Fósforo total	0,07mg P/L	SM 4500 -P B,E	Digestion Colorimetria con Ácido Ascorbico
Grasas y Aceites	0,2mg/L	NTC 3362:2005-06-29, Numeral 4, Método C	Espectrofotometría Infrarrojo
Hidrocarburos totales (TPH)	0,2mg/L	NTC 3362:2005-06-29 Numeral 4, Método C y numeral 7. Método F	Espectrofotometría Infrarrojo
Hierro Total	0,2mg Fe/L	EPA200.7	ICP
Magnesio Total	0,02mg Mg/L	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión- AA - Llama Aire Acetileno
Manganeso Total	0,1mg Mn/L	EPA200.7	ICP
Níquel Total	0,2mg Ni/L	EPA200.7	ICP

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PARÁMETRO	LIMITE - UNIDADES	MÉTODO	TÉCNICA ANALÍTICA
Nitrógeno amoniacal (Amonio)	0,05mg/L NH <sub>3</sub> -N	SM 4500 NH <sub>3</sub> -B, C	Volumetria
Nitrógeno total	3,04mg N/L	Semi-micro Kjeldahl SM 4500-Norg C, SM 4500 NH <sub>3</sub> B,C	Digestión - kjeldhal
Oxígeno disuelto	0,05mg O <sub>2</sub> /L	ASTMD 888-09 METODO C	Luminiscencia
pH	N.AUnidades de pH	SM 4500 H+ B	Electrométrico
Potasio Total	0,125mg K/L	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión- AA - Llama Aire Acetileno
Plomo Total	0,001mg Pb/L	EPA200.7	ICP
Sodio Total	0,05mgNa/L	SM 3030 E, SM 3111 B	Digestión- AA - Llama Aire Acetileno
Solidos Disueltos Totales	10mg/L	SM 2540C	Gravimétrico - Secado a 180 °C
Solidos Suspendidos Fijos	10mg/L	SM 2540D	Gravimetría Secado 103-105°C
Solidos totales	10mg/L	SM 2540B	Gravimetría Secado 103-105°C
Sulfatos	5mg SO <sub>4</sub> /L	SM 4500 SO <sub>4</sub> E	Turbidimetría
Sulfuros	1mg/L	SM 4500 S <sub>2</sub> F	Yodometrico
Temperatura muestra	N.A°C	SM 2550 B	Termométrico
Turbidez	1NTU	SM 2130B	Nefelometría
Zinc Total	0,05mg Zn/L	EPA200.7	ICP

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y de mediciones in situ realizados por los laboratorios Ambius S.A.S., Chemilab S.A.S, 2023. Anexo 4 Calidad del agua.

### 2.3.1.1.8.3.5 Etapa de análisis

Se efectuó una interpretación de las concentraciones obtenidas teniendo en cuenta la relación existente entre parámetros, así como con los criterios establecidos en el Decreto 1076 de 2015 del Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible basados en el Decreto 3930 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial modificado por el Decreto 4728 de 2010 del MAVDT. Cabe mencionar que pese a que la norma antes mencionada define los criterios a tener en cuenta para la evaluación de calidad de agua, no tiene aún establecidos los límites permisibles, encontrando un régimen de transición en el que hasta tanto el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible no expida los criterios de calidad e aguas superficiales, se trabaja con los términos definidos en el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, hoy Ministerio de la Protección Social.

Debido a que el recurso hídrico subterráneo en la zona puede ser usado en algunos casos para consumo, también se incluye la comparación con la Resolución 2115 del 22 de junio de 2007 emitida por los ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

### 2.3.1.1.9 Usos del agua

#### 2.3.1.1.9.1 Etapa pre - campo

La identificación de los usos del agua para el área de estudio se determinó según lo establecido en la normatividad ambiental vigente (Decreto único reglamentario 1076 de 2015, sección 2- Destinación Genérica de las Aguas Superficiales y Subterráneas Artículo 2.3.3.2.1 que define los siguientes usos del agua:

- Consumo humano y doméstico
- Preservación de flora y fauna
- Agrícola
- Pecuario
- Recreativo
- Industrial
- Estético
- Pesca, Manicatura y Acuicultura
- Navegación y transporte acuático

Durante esta etapa se realizó una revisión cartográfica de los posibles cuerpos de agua a cruzar por el proyecto, se realizó una solicitud de información sobre concesiones de agua superficial y subterránea a las autoridades ambientales (CAR-SDA) y se planificaron las labores de campo

#### 2.3.1.1.9.2 Etapa campo

Se realizó un recorrido por los márgenes de las fuentes hídricas y las viviendas cercanas a la vía proyectada, identificando los diferentes usos dados al agua,

Durante los recorridos a las viviendas se realizó preguntas a la comunidad identificando los puntos de captación de agua, número de usuarios y los usos dados, se visitaron puntos de agua subterránea autorizados para captación y se tomaron coordenadas y fotografías de estos; esta labor fue adelantada del 15 al 22 de diciembre de 2022.

#### 2.3.1.1.9.3 Etapa Pos-campo

Con la información obtenida durante la etapa de campo y la información suministrada por la CAR y SDA sobre concesiones de agua superficial y subterránea, se realizó la descripción de los usos y usuarios, evaluando el caudal concesionado.

#### 2.3.1.1.10 Geotecnia

La zonificación geotécnica a partir de la susceptibilidad y la amenaza se realiza con base en el Decreto 523 del 2010 (diciembre 16) "Por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C." (Secretaría de Planeación Alcaldía de Bogotá D.C., 2010), el volumen III:

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Geología para ingeniería y el Volumen IV: Estudio de suelos, el Producto 3 Estudio de Suelos, geológico y geomorfológico en el marco de la actualización de estudio conceptuales del contrato EAB – ESP 1-02-25500-0626-2009 realizado por Concol Consultores S.A.S – WSP Ingeniería Colombia S.A.S. 2020 (P3 WSP, 2020) e información de referencia del servicio geológico colombiano disponibles en la memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa de la Plancha 228 del Servicio Geológico Colombiano (SGC - Memoria Geológica Plancha 228) y las guías metodológicas para la zonificación de susceptibilidad y amenazas del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2013).

En particular la metodología desarrollada evalúa de forma semicuantitativa y por peso los factores: geológico, pendiente topográfica del terreno, el uso y cobertura del suelo, hidrogeología y morfodinámica en la siguiente ecuación y Tabla 2-26.

### *Ecuación Cálculo de la susceptibilidad total del terreno*

Susceptibilidad total ( $ST$ ) =  $PT * P + U \text{ Geol.} * P + U \text{ Geom.} * P + \text{Morfd} * P + \text{US} * P + H * P$

*Fuente: (SGC, 2016)*

En donde:

- $ST$ = Susceptibilidad total del terreno;
- $PT$ = Pendiente Topográfica;
- $U \text{ Geol}$ = Unidad geológica;
- $H$ = Hidrogeología;
- $U \text{ Geom}$ = Unidad geomorfológica;
- $\text{Morfd}$ = Procesos Morfodinámicos;
- $\text{US}$ = Uso del suelo y cobertura;
- $P$ = Peso del Factor en cuestión;
- 

**Tabla 2-26 Pesos asignados para los factores analizados según la influencia evidenciada**

Factores a Valorar	Peso
Pendiente Topográfica (PT)	0.20
Unidad Geológica (U Geol)	0.25
Hidrogeología (H)	0.15
Unidad Geomorfológica (U Geom)	0.20
Procesos morfodinámicos (Morfd)	0.05
Uso del suelo (US)	0.15

*Fuente: (SGC, 2013)*

Posteriormente realizando algebra de mapas se obtiene la zonificación de la susceptibilidad en un rango de 1 a 5 según su intensidad la Tabla 2-27.

**Tabla 2-27 Valoración de la susceptibilidad total**

Valor	Valoración Susceptibilidad
1	Muy baja
2	Baja
3	Moderada
4	Alta
5	Muy alta

Fuente: (SGC, 2016)

### 2.3.1.1.11 Atmósfera

#### 2.3.1.1.11.1 Meteorología

En cuanto al clima se realiza la descripción de las características climatológicas donde se analizaron variables de temperatura máxima, mínima y media, precipitación, presión atmosférica, humedad relativa media, viento, nubosidad, radiación solar, brillo solar evaporación a escala mensual y anual con el fin de poder identificar el comportamiento tanto espacial como temporal de las mismas.

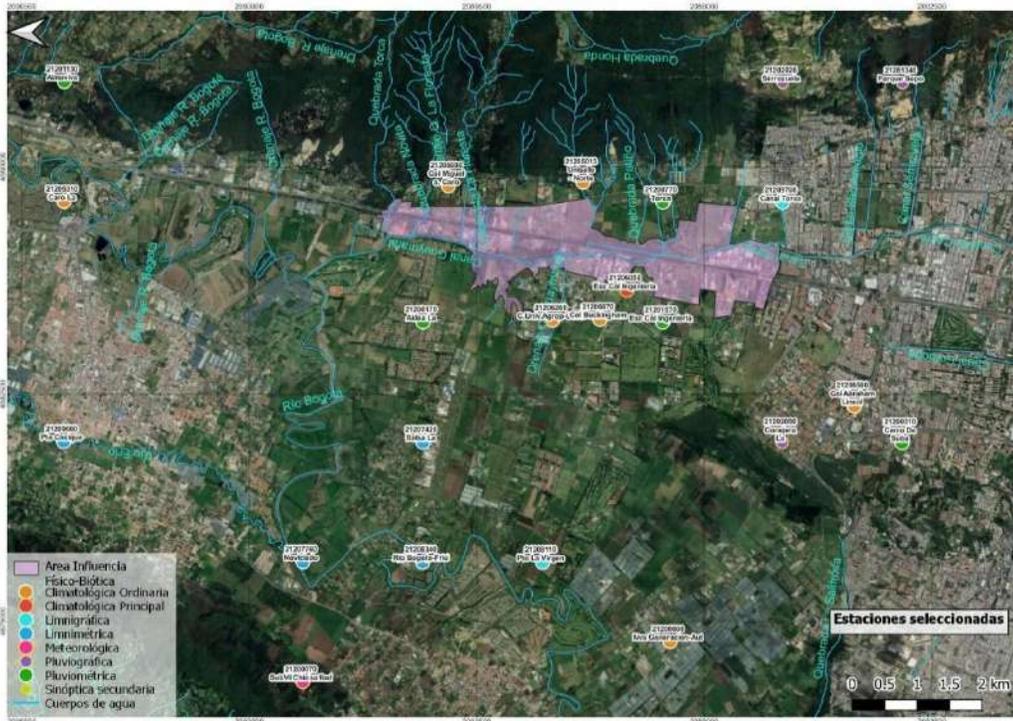
Para el desarrollo de esta sección primero se realizó una selección y búsqueda de estaciones meteorológicas que fueran más representativas en el área de influencia, con base en la proximidad al área de influencia y disponibilidad de los datos que existieran en el catálogo de estaciones del IDEAM, la CAR y la em Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, con esto fueron seleccionadas en total 27 estaciones, de las cuales 7 son Climatológicas Ordinarias, 1 Climatológica principal (CP), 3 Limnigráficas (LM), 4 Limnimétricas (LM), 1 Meteorológica (ME), 4 Pluviograficas (PG), 6 Pluviométricas (PM) y 1 Sinóptica Secundaria (SS); toda la información metereológica, incluyendo las memorias de cálculo se encuentran en el Anexo 5 Atmosfera. En la Tabla 2-28 se presenta la información de las estaciones seleccionadas y en la Figura 2-6 su ubicación espacial.

**Tabla 2-28 Estaciones climatológicas**

Estación	Tipo	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Entidad
21200770	PM	TORCA	4.885.453	2.086.638	2579	CAR
21201340	PG	PARQUE SOPO	4.887.296	2.082.952	2540	CAR
21205590	SS	APTO GUAYMARAL	4.879.916	2.090.331	2560	CAR
21200310	PM	CERRO DE SUBA	4.881.752	2.082.960	2691	IDEAM
21202020	PG	SERREZUELA	4.887.298	2.084.794	2800	IDEAM
21202080	PG	CONEJERA LA	4.881.755	2.084.802	2500	IDEAM
21206050	CP	ESC COL INGENIERIA	4.884.099	2.087.193	2650	IDEAM
21206260	CO	C.UNIV.AGROP-UDCA	4.883.639	2.088.333	2570	IDEAM
21206500	CO	COL ABRAHAM LINCOL	4.882.317	2.083.693	2570	IDEAM
21206600	CO	NVA GENERACION-AUT	4.878.690	2.086.526	2590	IDEAM
21206690	CO	COL MIGUEL A. CARO	4.885.705	2.089.935	2700	IDEAM
21205310	CO	CARO LA	4.885.467	2.095.848	2560	IDEAM

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Figura 2-9 Estaciones seleccionadas



Fuente: Acfaa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

#### 2.3.1.1.11.1.1 Análisis del régimen climatológico

Una vez obtenidas las series se analizaron las variables a escala mensual y anual y se realizaron gráficos que permitieran ver su comportamiento a lo largo del año y para el caso de la precipitación un análisis anual para conocer épocas húmedas y secas.

#### 2.3.1.1.11.1.2 Análisis espacial mediante interpolación para generar Isoyetas, Isotermas,

Con el fin de conocer valores en lugares donde no se tienen estaciones se realiza una interpolación de parámetros climáticos para conocer dichos valores, principalmente se realiza para las variables de temperatura (isotermas) y precipitación (Isoyetas). Para esto se utiliza el software de uso libre QGIS y se emplea el método de interpolación de Distancia Inversa Ponderada (IDW por sus siglas en inglés), este método determina valores por una combinación lineal de datos conocidos con una suposición de que los valores más cercanos al lugar sin registro son más representativos para estimarlo, así, el método estima los valores desconocidos de la siguiente manera:

*Ecuación 2-12 interpolación de parámetros climáticos*

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{Z_i}{D_i^W}}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{D_i^W}}$$

Dónde:

- Z= Valor a ser determinado.
- M= Número de puntos con valor conocido más cercanos a Z.
- D= Distancia entre Zi y Z.

W= Valor de ponderación. Este valor controla la región de influencia de cada una de las regiones con información. Cuando W aumenta la región de influencia decrece. Cuando W es igual a cero el método es idéntico a un simple promedio.

2.3.1.1.11.2 Balance hídrico climático

El balance hídrico se fundamenta en la ley de la conservación de la materia y permite el análisis de periodos de reserva y sequía. Se calcula con la siguiente ecuación:

*Ecuación 2-13 Balance hídrico climático*

$$P - Et_R = Esc$$

Donde:

- P: precipitación [mm]
- EtR: evapotranspiración real [mm] (evaporación + transpiración)
- Esc: esorrentía promedio a partir del caudal medido en la estación hidrométrica

La evapotranspiración es la combinación de los procesos de evaporación y transpiración del cultivo, expresando la cantidad de agua perdida de una superficie que ha sido cultivada, su unidad de media es en milímetros por unidad de tiempo. Para el cálculo de la evapotranspiración real primero se calcula la evapotranspiración potencial (ETP) con base en la metodología de Thornthwaite, utilizando la información de temperatura y precipitación mensuales procesada anteriormente, y se expresa como:

### Ecuación 2-14 Evapotranspiración

$$ETP = 1.6 \left( 10 \frac{T_m}{I} \right)^a$$

Donde:

- ETP = Evapotranspiración potencial (mm)
- Tm = Temperatura media anual mensual representada en grados centígrados.
- i = Índice de calor mensual.  $i = (T_n/5)^{1.514}$
- I = Índice de calor anual.  $I = \sum i$
- a = Constante hallada con los datos de I.  $a = 675 \times 10^{-9} * (I^3 - 771 * 10^{-7}) * (I^2 + 1792 * 10^{-5}) + 0,49239$

Conocida la ETP y la precipitación se puede decir que si  $P > ETP$  el periodo climático del área de influencia es húmedo, mientras si  $P < ETP$  se considera periodo seco debido a que no existen entradas de agua suficientes y las reservas de la cuenca comienzan a agotarse.

Debido a que la evapotranspiración real se da según las condiciones de las reservas de agua en el suelo, es importante conocer los periodos secos y húmedos para conocer dichas reservas R, estas reservas están condicionadas al límite de acumulación de agua del suelo. Para el análisis de las reservas se toma una reserva máxima de 100 mm/mes con base en lo establecido por Thornthwaite, así la reserva de un mes (i) se calcula como:

- $R_i = R_{Máx} = 100 \text{ mm Si } R_{Máx.} < R_{(i-1)} + (P - ETP_i)$

Así, la evapotranspiración Real se calcula como:

- $ETR_i = P_i + \Delta R_i \text{ Si } ETR < ETP$
- $ETR_i = ETP_i \text{ Si } ETR > ETP$

Es importante tener en cuenta que la ETR no debe ser mayor a ETP y son iguales cuando la precipitación abastece la demanda potencial de agua.

#### 2.3.1.1.11.2.1 Índice de aridez

El índice de aridez indica cualitativamente lugares que presentan excesos o déficit de agua para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. Para calcular el índice de aridez se relaciona el evapotranspiración real y potencial representando la dinámica superficial del suelo según la siguiente ecuación:

### Ecuación 2-15 Índice de aridez

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

- $IA$  = Índice de aridez
- $ETP$  = Evapotranspiración potencial anual multianual (mm)
- $ETR$  = Evapotranspiración real potencial anual multianual (mm)

La evapotranspiración real y potencial se estiman a partir de las ecuaciones de Budiko y Hargreaves (1994) de la siguiente forma:

### Ecuación 2-16 Ecuación de Hargreaves

$$ETP = 0,00216(t_{med} + 17,78) \cdot R \cdot (t_{max} - t_{min})^{0.47}$$

Donde:

- $ETP$ : evapotranspiración potencial o de referencia (mm / mes)
- $R$ : radiación extraterrestre en equivalente de milímetros de agua (mm/mes)
- $t_{med}$ ,  $t_{max}$ ,  $t_{min}$ : Temperatura media, máxima y mínima, en grados Celsius [°C]

### Ecuación 2-17 Ecuación de Budyko

$$ETR = \sqrt{ETP \cdot P \cdot \tanh\left(\frac{P}{ETP}\right) \cdot \left[1 - \cosh\left(\frac{ETP}{P}\right) + \sinh\left(\frac{ETP}{P}\right)\right]}$$

Donde:

- $ETR$ : Evapotranspiración Real
- $P$ : Precipitación media anual multianual (mm/año)
- $ETP$ : Evapotranspiración potencial (mm/año)
- $\tanh$ ,  $\cosh$  y  $\sinh$  son las funciones hiperbólicas

y con los resultados obtenidos, se realiza la clasificación según las categorías del índice de aridez propuestas por el IDEAM (IDEAM 2020) (Ver Tabla 2-17).

**Tabla 2-29 Clasificación índice de aridez**

RANGO DE VALORES ÍNDICE DE ARIDEZ	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
< 0.15		Altos excesos de agua
0.15 – 0.19		Excedentes de agua
0.20 – 0.29		Entre moderado y excedentes de agua
0.30 – 0.39		Moderado
0.40 – 0.49		Entre moderado y deficitario de agua
0.50 – 0.59		Deficitario de agua
> 0.60		Altamente deficitario de agua

Fuente: Ideam, 2013

### 2.3.1.1.11.3 Calidad del aire

La evaluación de calidad de aire se realizó en época seca mediante tres (3) estaciones indicativas por dieciocho (18) días continuos en la zona de estudio durante el periodo comprendido entre el 21 de enero y 7 de febrero de 2023, según los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Resolución 2154/2010 del MADS) y para análisis normativo de inmisión la Resolución 2254/2017 del MADS. Los contaminantes evaluados fueron: material particulado menor a 10 micras (PM10), material particulado menor a 2.5 micras (PM2.5), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y Ozono (O<sub>3</sub>). El monitoreo de calidad de aire fue realizado por el laboratorio Corola Ambiental S.A.S., acreditado por el IDEAM en la matriz aire, según Resolución No. 0458 del 9 de junio de 2020. En la Tabla 2-30 se describe la ubicación de las estaciones de calidad de aire.

**Tabla 2-30 Ubicación geográfica estaciones de monitoreo de calidad de aire**

Estación	Coordenadas CTM 12 Origen Único Nacional	
	Este (m)	Norte (m)
Estación 1 – Finca Auto 22	4885163	2088204
Estación 2 – Of Concesión Accenorte	4885081	2090117
Estación 3 - Verbenal	4884851	2084648

Fuente: Corola Ambiental S.A.S., 2023

En la Tabla 2-31 se presenta los métodos de referencia de cada uno de los contaminantes evaluados y los límites normativos establecidos por la Resolución 2254 de 2017 del MADS.

**Tabla 2-31 Contaminantes medidos**

Contaminante	Principio de medición	Método de referencia	Límite Normativo	
			Nivel Máximo permisible (µg/m <sup>3</sup> )	Tiempo de exposición
PM10	Dispersión Laser	Determinación de concentración de Material Particulado PM10 & PM2.5, Asociación Española de Normalización (UNE) EN 16450	50	Anual
			75	24 horas
PM2.5			25	Anual
			37	24 horas

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Contaminante	Principio de medición	Método de referencia	Límite Normativo	
			Nivel Máximo permisible ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tiempo de exposición
SO <sub>2</sub>	Fluorescencia UV	Determinación de la concentración de dióxido de Azufre, EPA e-CFR Título 40, parte 50, anexo 5 Atmósfera, Automated Reference Method: EQSA-0506-159	50	25 horas
			100	1 hora
NO <sub>2</sub>	Quimioluminiscencia	Determinación de la concentración de Monóxido de Carbono, EPA e-CFR Título 40, Capítulo 1, Subcapítulo C, parte 50, apéndice F, Automated Reference Method: RFNA-0506-157	60	Anual
			200	1 hora
CO	Infrarrojo Dispersivo	Determinación de la concentración de Monóxido de Carbono, EPA e-CFR Título 40, parte 50, apéndice C, Automated Reference Method: RFCA-0506-158	5000	8 horas
			35000	1 hora
O <sub>3</sub>	Absorción UV no Dispersiva	Determinación de la concentración de Ozono, EPA e-CFR Título 40, parte 50, apéndice D, Automated Reference Method: EQQA-0506-160	100	8 horas

Fuente: Corola Ambiental S.A.S., 2023

### 2.3.1.1.11.3.1 Material Particulado (MP)

Para la medición de los parámetros PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, se utilizó un analizador Grimm EDM-180C Dust Monitor, el cual bajo el principio de medición de Dispersión Laser, realiza la cuantificación de los parámetros en tiempo real, con mediciones horarias. Dicho método está avalado por la Normatividad Europea UNE 16450.

### 2.3.1.1.11.3.2 Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

Para la medición del parámetro SO<sub>2</sub>, se empleó un analizador Horiba APSA-370 Air Monitor, el cual bajo el principio de medición de Fluorescencia UV, realiza la cuantificación del parámetro en tiempo real, con mediciones horarias. Dicho método está avalado por la Agencia de Protección Ambiental EPA en su método de referencia EQSA-0506-159.

### 2.3.1.1.11.3.3 Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Para la medición del parámetro NO<sub>2</sub>, se utilizó un analizador Horiba APNA-370 Air Monitor, el cual, bajo el principio de medición de Quimioluminiscencia, realiza la cuantificación del parámetro en tiempo real, con mediciones horarias. Dicho método está avalado por la Agencia de Protección Ambiental EPA en su método de referencia RFNA-0506-157.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



### 2.3.1.1.11.3.4 Monóxido de Carbono (CO)

Para la medición del parámetro CO, se empleó un analizador Horiba APMA-370 Air Monitor, el cual, bajo el principio de medición de Infrarrojo No Dispersivo, realiza la cuantificación del parámetro en tiempo real, con mediciones horarias. Dicho método está avalado por la Agencia de Protección Ambiental EPA en su método de referencia RFCA-0506-158.

### 2.3.1.1.11.3.5 Ozono (O<sub>3</sub>)

Para la medición del parámetro O<sub>3</sub>, se empleó un analizador Horiba APOA-370 Air Monitor, el cual, bajo el principio de medición Absorción UV No Dispersiva, realiza la cuantificación del parámetro en tiempo real, con mediciones horarias. Dicho método está avalado por la Agencia de Protección Ambiental EPA en su método de referencia EQOA-0506-160.

### 2.3.1.1.11.3.6 Ruido ambiental

La evaluación de las condiciones a nivel de ruido ambiental en la zona de estudio se desarrolló de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Resolución 627 de 2006 del MAVDT (actual MADS). El monitoreo de ruido fue desarrollado por la empresa MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., acreditado por el IDEAM en la matriz aire, según Resolución No. 1849 del 26 de agosto de 2022.

#### 2.3.1.1.11.3.6.1 Técnica de medición

Con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos del MAVDT hoy MADS, establecidos en la *Resolución N° 627 de 2006* artículo 17, se efectuaron en el área del proyecto, mediciones de ruido ambiental tanto en el horario diurno, como en el horario nocturno. A continuación, se indican las condiciones generales bajo las cuales se realizaron dichas mediciones:

- Se midió ruido ambiental en ocho (8) puntos localizados en el área de la autopista norte teniendo en cuenta la ubicación de los asentamientos humanos más cercanos, así como las fuentes de ruido principales, cubriendo de esta manera el área de estudio. (Ver Tabla 2-32)
- El monitoreo fue ejecutado durante el horario diurno y nocturno tomando mediciones en día hábil y en día no hábil, según lo recomendado en los Anexos II y III de la *Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006* emitida por MAVDT hoy MADS.
- Se realizó el monitoreo los días 16, 17, 19 y 20 de marzo de 2023, teniendo en cuenta las actividades cotidianas de la población.
- Las mediciones se realizaron para el horario diurno entre las 07:01 y las 21:00 horas y para el periodo nocturno entre las 21:01 y las 07:00 horas, según lo dispuesto en el Artículo 2 del capítulo 1 de la norma nacional de ruido ambiental.

**Tabla 2-32 Ubicación geográfica de estaciones de monitoreo de ruido ambiental**

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Estación	Coordenadas CTM 12 Origen Único Nacional	
	Este (m)	Norte (m)
RA-1	4884447	2085499
RA-2	4884797	2088174
RA-3	4884558	2086756
RA-4	4884655	2087303
RA-5	4885113	2089464
RA-6	4885305	2090672
RA-7	4885720	2088343
RA-8	4885778	2089527

Fuente: Corola Ambiental S.A.S., 2023

Para el desarrollo del monitoreo, se utilizó como equipo de medición un sonómetro, verificado previamente mediante pistófono. En ambos casos, los equipos garantizaron representatividad de la información recolectada mediante calibración de los equipos.

Las condiciones específicas de las mediciones de ruido ambiental se describen en Tabla 2-33.

**Tabla 2-33 Técnica de medición utilizada**

Aspecto	Características	
Configuración del sonómetro	MEDIDOR 1: Filtro de ponderación de frecuencia A. Modo de respuesta exponencial lenta (Slow). Intervalo de frecuencia: 1/3 octava.	MEDIDOR 2: Filtro de ponderación de frecuencia A. Modo de respuesta exponencial (Impulse). Intervalo de frecuencia: 1/3 octava.
	Configurado para registrar en memoria los niveles integrados en cada medición.	
Ubicación del sonómetro	Mediciones de ruido ambiental: Ubicado sobre trípode a cuatro (4) metros de altura con respecto al piso.	
Verificación	Se realizó verificación acústica a una frecuencia de 1 kHz y a un nivel de presión sonora de 94,0 dB antes y después de las mediciones.	
Distribución temporal de las mediciones	Mediciones durante la jornada diurna y nocturna.	
Intervalo unitario de tiempo de medida	Mediciones de ruido ambiental: Se realizaron mediciones en cada punto de monitoreo durante una hora en periodo diurno y nocturno, cada medición tuvo una duración de 8 minutos en cada una de las cuatro (4) direcciones (Norte, Este, Sur, Oeste) y en posición vertical, completando una captura de datos de 40 minutos por punto de muestreo (distribuidos en la hora).	
Posicionamiento	Se registraron las coordenadas con ayuda de un GPS (Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá y Nacional).	

Fuente: Corola Ambiental S.A.S., 2023

2.3.1.1.11.3.6.2 Determinación de los valores de ajuste K

De acuerdo con el Artículo 6 del Capítulo I de la Resolución N° 627 de 2006, "los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LAeq, Leq, Leq residual y nivel percentil

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

*L<sub>90</sub>, se corrigen por tonalidad (KT), impulsividad (KI), condiciones meteorológicas, horarios (KR), tipos de fuentes y receptores, para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderado A".*

La corrección del nivel KT toma en consideración los componentes tonales del ruido en el lugar de la medición y durante el tiempo que estén presentes estos tonos, como se muestra a continuación:

- Por percepción nula de componentes tonales: 0 dB(A).
- Por percepción neta de componentes tonales: 3 dB(A).
- Por percepción fuerte de componentes tonales: 6 dB(A).

Para la corrección del nivel KI, se toman los componentes impulsivos en el lugar de medición y durante el tiempo que estén presentes los respectivos impulsos de la siguiente forma:

- Por percepción nula de componentes impulsivos: 0 dB(A).
- Por percepción neta de componentes impulsivos: 3 dB(A).
- Por percepción fuerte de componentes impulsivos: 6 dB(A).

Las correcciones por tonalidad y por impulsividad se realizan para los niveles de presión sonora equivalente continuo ponderados A obtenidos del monitoreo de ruido ambiental.

La corrección por condiciones meteorológicas, aunque se menciona en el *Artículo 6 de la Resolución N° 627 de 2006*, no se especifica en la misma, como se aplica a los niveles de presión sonora, por lo tanto, esta corrección no se realiza en el presente estudio.

**Tabla 2-34 Cálculos para determinación de los valores de Ajustes K**

No.	Valor Calculado	Fórmula	Observaciones
1	Ajustes	$L_{RA(X),T} = L_{A(X),T} + (K_I, K_T, K_R, K_S)$	KI = Ajuste por impulsos (dB(A)) KT= Ajuste por tono y contenido de información (dB(A)) KR= Ajuste por la hora del día (dB(A)) KS= Ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo, bajas frecuencias (dB(A)) (X)= Corresponde a cualquiera de los parámetros de medida de que trata el artículo 4 de la resolución 627 de 2006. El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LAeq,T, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A).
	Ajustes*	$L = L_T - L_S$	POR COMPONENTES TONALES** L <sub>T</sub> = Nivel de presión sonora de la banda f que contiene el tono puro L <sub>S</sub> = Media de los niveles de las dos bandas situadas inmediatamente por encima y por debajo de f.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

No .	Valor Calculado	Fórmula	Observaciones
			Por percepción nula de componentes tonales: 0 dB(A). Por percepción neta de componentes tonales: 3 dB(A). Por percepción fuerte de componentes tonales: 6 dB(A).
			<b>POR COMPONENTES IMPULSIVOS***</b>
		$L_I = L_{AI} - L_{A, T_I}$	LAI= Nivel de presión sonora ponderado A, determinado con la característica temporal Impulso (Impulse; en inglés). LA,TI= Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante Ti, LA.
			Por percepción nula de componentes impulsivos: 0 dB(A). Por percepción neta de componentes impulsivos: 3 dB(A). Por percepción fuerte de componentes impulsivos: 6 dB(A).

\* Se realiza para los datos obtenidos en el monitoreo de ruido ambiental y emisión de ruido.

\*\* Se entiende por componentes tonales aquellos que mediante un análisis espectral de la señal en 1/3 (un tercio) de octava, si al menos uno de los tonos es mayor en 5 dBA que los adyacentes, o es claramente audible, la fuente emisora tiene características tonales. Frecuentemente las máquinas con partes rotativas tales como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, crean tonos. Los desequilibrios o impactos repetidos causan vibraciones que, transmitidas a través de las superficies al aire, pueden ser oídos como tonos.

\*\*\* Componentes impulsivos son aquellos en los que se presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en intervalos de tiempo mínimos, es breve y abrupto, por ejemplo, troqueladoras, pistolas, entre otras.

Fuente: Resolución N° 627 de 2006. MAVDT, hoy MADS.

Para el presente estudio no aplica la corrección Ks, que es un ajuste positivo o negativo para ciertas fuentes y situaciones, por bajas frecuencias (dB(A)), de acuerdo con el numeral 1 del Anexo II de la Resolución N° 627 de 2006, se considera la corrección si el ruido proviene de las instalaciones de ventilación y climatización: 5 dB (A) en período diurno y 8 dB(A) en período nocturno.

Una vez corregidos los niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderados A, LAeq, T, son comparados con los estándares máximos permisibles de ruido ambiental.

### 2.3.1.1.11.3.6.3 Modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos

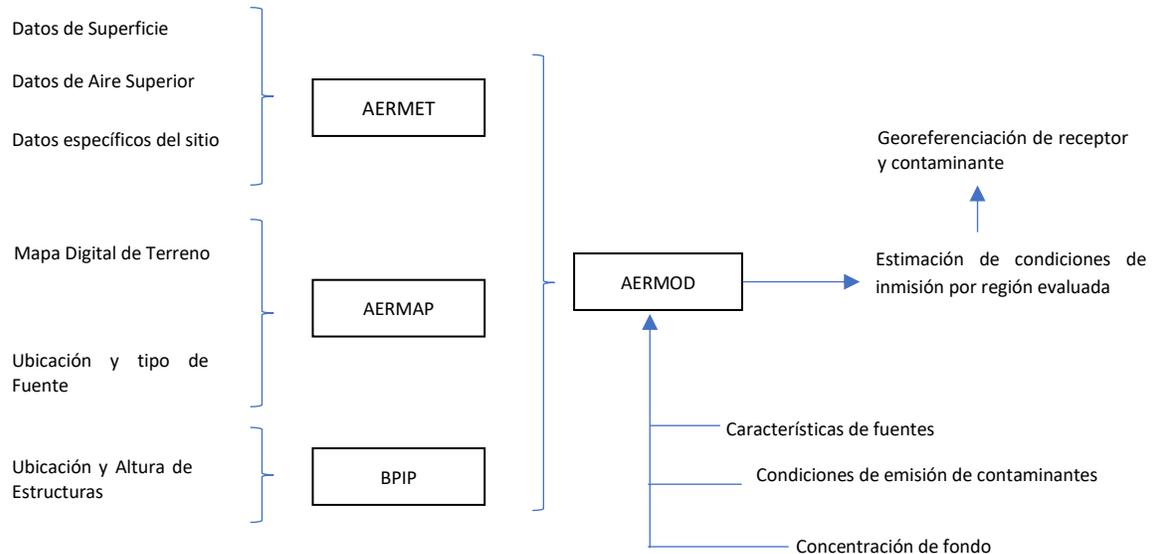
Para evaluar el comportamiento de dispersión de contaminantes en la zona de influencia del proyecto, se utilizó el modelo AERMOD, considerado como un modelo refinado para estimar concentraciones de contaminantes a nivel de suelo. El algoritmo empleado fue el modelo gaussiano del tipo estado estable AERMOD v.21112 original, avalado desde el año 2017 por la US EPA según el Apéndice W -40 CFR Parte 51 Guidelines on Air Quality Models como el modelo preferido y recomendado para evaluar el comportamiento de dispersión de contaminantes criterio a nivel local (hasta 50 km respecto a la fuente) para fuentes fijas y fuentes móviles<sup>10</sup> (siendo el modelo acogido por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del actual MADS).

<sup>10</sup> US EPA (2017) Appendix W CFR 40 Part 51. Revisions to the Guideline on Air Quality Models: Enhancements to the AERMOD Dispersion Modeling System. Federal Register. Vol 82. No. 10. January 17. pp. 5182.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

AERMOD realiza estimaciones estadísticas con base en una pluma hipotética con distribución gaussiana, teniendo en cuenta la teoría de la capa límite planetaria y el modelo de ascenso de pluma para evaluar zonas de impacto por turbulencia sobre edificaciones, relieve geográfico y zonas de cavitación. De forma general, el proceso de modelación con AERMOD funciona bajo el esquema mostrado en la Figura 2-10.

**Figura 2-10 Diagrama de proceso de la modelación con AERMOD**



Fuente. Consorcio Constructor Sabana Norte, 2023

AERMOD trabaja en conjunto con dos procesadores: AERMAP y AERMET. En el procesador AERMAP se establece el dominio del modelo según el sistema de coordenadas deseado (el presente modelo se desarrolla en el sistema CM12 – Origen Colombia), la matriz de receptores, la localización de las fuentes emisoras, entre otros, que en conjunto con un modelo DEM identifica la altura de cada receptor y cada fuente respecto al nivel del mar.

El procesador AERMET procesa los datos meteorológicos del modelo WRF, suministrado por Meteocolombia S.A.S., de modo que AERMOD pueda reconocer las características micrometeorológicas de la zona de estudio, tanto a nivel de superficie como en el perfil vertical del punto meteorológico de cálculo. AERMET está diseñado para ser ejecutado en un proceso de tres etapas: extracción de datos - verificación de calidad, combinación de datos en periodos de tiempos y construcción de datos finales para ingreso al modelo teniendo en cuenta las características del sitio de trabajo (albedo, índice de Bowen y rugosidad).

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

2.3.1.1.11.3.6.4 Condiciones iniciales y de frontera

2.3.1.1.11.3.6.4.1 *Concentraciones de fondo*

Para la ejecución del modelo, se establecieron las condiciones de fondo del sitio, de modo que se pueda calcular el aporte de las concentraciones de contaminantes asociadas a fuentes aledañas al proyecto y que son típicas de la zona de estudio, de tal forma que las concentraciones resultantes sean congruentes para el análisis de proyección.

En este sentido, el modelo tiene en cuenta los resultados del monitoreo de calidad del aire realizado por el laboratorio Corola Ambiental S.A.S, en la zona de estudio entre el 21 de enero y 7 de febrero de 2023, en 3 estaciones. Los contaminantes evaluados en cada una de las estaciones fueron PM10, PM2.5, SO2, NO2, CO y O3.

2.3.1.1.11.3.6.4.2 *Características de superficie y elevación de terreno*

El análisis de las condiciones del suelo asociadas a la micrometeorología de la zona de estudio parte de la construcción de un área de modelación que permita determinar las fuentes de emisión más representativas de la zona y los receptores con mayor riesgo de afectación según las características del proyecto. Para el análisis de las características del sitio evaluado, se usa la información de cobertura del suelo mediante el modelo CORINE Land Cover adaptado para el territorio nacional, disponible a través del Sistema de Información Geográfica del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) alojado en la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

El modelo digital de terreno (DEM) utilizado para el análisis tiene una resolución de aproximadamente 12,5 m (0,5 arc-segundo). El error vertical del archivo DEM es de menos de 4 metros. Este modelo determina la altura del suelo, incluyendo la profundidad de cuerpos de agua a partir del proyecto ALOS Global Digital Surface Model de la Agencia Espacial Japonesa (JAXA).

Dado que se requiere determinar la estacionalidad en términos de temporada húmeda y temporada seca típicos de la zona de estudio, se evalúa esta característica mediante el climograma de Gaussen. La evaluación de estas condiciones permite determinar las características del suelo que condicionan la micrometeorología sobre sectores predominantes.

Con base en las características de uso del suelo y las condiciones meteorológicas del sitio, se determinan el albedo, la longitud de rugosidad y la relación de Bowen según los lineamientos sugeridos por la U.S. EPA<sup>11</sup>:

11 U.S. Environmental Protection Agency, AERSURFACE USER'S GUIDE, Office of Air Quality Planning and Standards, Air Quality Assessment Division, Air Quality Modeling Group, Research Triangle Park, North Carolina 27711. EPA-454/B-08-001, January 2008.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



- La longitud de rugosidad se evalúa en un radio de 1 km vientos arriba de la localización de la estación meteorológica.
- El albedo se determina para un área de 10x10 km, tomando la ubicación de la estación meteorológica como centro.
- La relación de Bowen se determina para un área de 10x10 km, tomando la ubicación de la estación meteorológica como centro.

### 2.3.1.1.11.3.6.5 Condiciones meteorológicas

La evaluación de la dispersión de contaminantes en la atmósfera en una región debe considerar el comportamiento de la masa de aire en la troposfera, siendo ésta la región donde ocurren los principales fenómenos fisicoquímicos. Este análisis permite conocer tendencias de comportamiento de la contaminación del aire y generar planes de acción congruentes a las características de una zona específica.

Tomado como base para la estimación de las condiciones de superficie y altura, así como características de turbulencia que condicionan los procesos dispersivos requeridos por el modelo AERMOD, las variables meteorológicas evaluadas en el estudio son:

- a) Precipitación.
- b) Temperatura atmosférica.
- c) Humedad relativa.
- d) Presión atmosférica.
- e) Régimen de vientos.
- f) Nubosidad.
- g) Altura de capa de mezcla.
- h) Estabilidad atmosférica.

### 2.3.1.1.11.3.6.6 Emisión de contaminantes

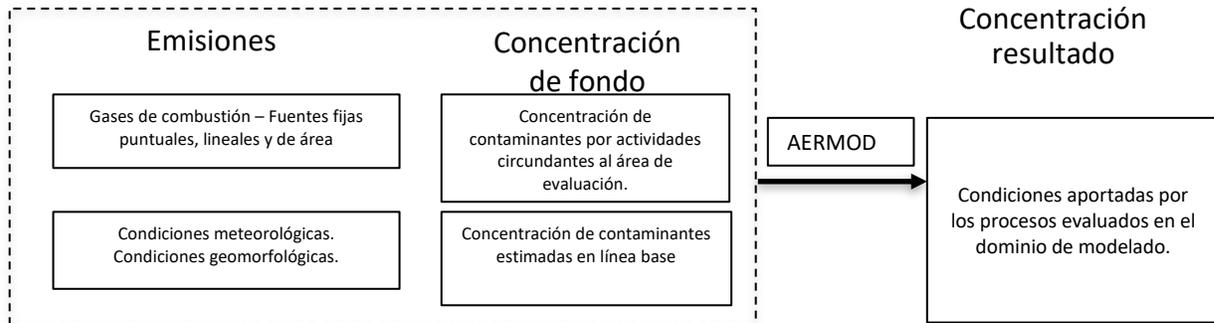
Las fuentes de emisión evaluadas en el modelo corresponden a las actividades de combustión por fuentes energéticas y resuspensión de material particulado, cuyas emisiones son generadas en las fases de línea base, construcción y operación del proyecto. Cabe resaltar que, aunque el inventario de emisiones hace referencia a las actividades asociadas con el proyecto, el análisis del modelo tiene en cuenta condiciones reales de concentración en inmisión determinadas mediante mediciones de campo, así como estimativos de contribución de actividades típicas de la línea base del proyecto (tráfico vehicular en vía existente en inmediaciones al proyecto).

El aporte de contaminantes de otras fuentes no determinadas en el inventario de emisiones se estima por diferencia entre las concentraciones de fondo estimadas mediante mediciones de campo de PM10, PM2.5, NO2, SO2, CO y O3 frente los aportes de las fuentes modeladas asociadas al proyecto. De esta manera, el análisis de resultados tiene en cuenta condiciones cercanas a la realidad.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Dado el alcance de la información disponible para la evaluación (transporte de contaminantes de sitios remotos, fuentes fugitivas no identificables, fuentes no controlables), el modelo tiene como alcance mostrar el aporte de contaminantes asociados a actividades del área de influencia del proyecto, relacionadas al seguimiento de posibles impactos asociados a las emisiones atmosféricas de las fuentes en consideración (ver Figura 2-13).

**Figura 2-11 Proceso de estimación de emisiones en la zona de evaluación**



Fuente: Consorcio Constructor Sabana Norte, 2023

La evaluación de la calidad del aire se realiza de acuerdo con el tipo de actividades presentes en la zona de estudio que tienen la capacidad de generar contaminantes de forma representativa. La estimación parte del siguiente análisis:

- Procesos de combustión: Con base en las características de la combustión de las fuentes fijas puntuales y fuentes móviles (en tráfico vial y maquinaria pesada), se hace la estimación de emisiones con base en datos medidos a través de la metodología normalizada EPA y factores de emisión (AP-42 y EMEP EEA) y se verifican los valores esperados mediante referencias bibliográficas (inventarios de emisiones, estudios particulares, experiencia previa). Contaminantes evaluados: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y CO.
- Procesos de resuspensión de polvo en fuentes móviles y erosión en fuentes fijas de área: Siendo una de las fuentes principales de generación de sólidos suspendidos en el ambiente, se hace la evaluación con base en factores de emisión (AP-42) y referencias de procesos documentados relacionados a los equipos instalados en las zonas de estudio. Cabe resaltar que esta fuente aportante está vinculada a la calidad de las vías, el contenido de sólidos finos en la superficie de estas y las características de tráfico rodado. Contaminantes evaluados: PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>.

De esta manera se simplifica el modelo a la evaluación de los aportes por combustión de fuentes mayores en la operación del proyecto, teniendo en cuenta las características de complejidad del área de influencia evaluada (es decir, las estimaciones tienen en cuenta solo el tráfico vehicular propio del proyecto y no tiene en cuenta la operación de fuentes

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



de combustión de otras actividades aledañas al proyecto y que no son de control por parte de la empresa operadora).

Esta aproximación permite establecer medidas de prevención y control enfocadas a los procesos propios del proyecto, de modo que pueda cotejarse el aporte específico de estas fuentes respecto a otras actividades no inventariadas.

### 2.3.1.1.11.3.6.7 Validación del modelo

El proceso de validación<sup>12</sup> del modelo se desarrolla con base en los resultados de los monitoreos meteorológicos disponibles en la zona de estudio. Se cotejan los datos de medición históricos observados frente los resultados del modelo meteorológico WRF MMIF 3.4 modelados. El comparativo de observación vs. Simulación de las variables meteorológicas permite tener una aproximación de que tan adecuado es representado el proceso de dispersión de contaminantes en la atmósfera por parte del modelo gaussiano.

Se toma como referencia para el proceso de validación la metodología sugerida por Grašič et al. (2011). Se tiene en cuenta dentro del alcance del proceso de validación el comportamiento de las variables mencionadas, para lo cual se estiman los índices coeficiente de correlación (CC), error cuadrático promedio normalizado (RMSE) y sesgo fraccional (SF).

<sup>12</sup> Cabe resaltar que de acuerdo con US EPA en el documento Apéndice W-40 CFR Parte 51 Guidelines on Air Quality Models, Sección 4.1, párrafos e y f, se describen las incertidumbres de los modelos gaussianos y porque no es adecuado ni recomendable realizar una calibración basada en comparaciones de datos medidos vs. simulados de concentración.

"Los modelos gaussianos determinan los impactos de fuentes sobre localizaciones discretas (receptores) para cada escenario meteorológico y de emisión, y estiman las concentraciones que representan el conjunto de promedios de concentración de un número de repeticiones del mismo evento. La incertidumbre irreducible de los modelos gaussianos puede ser responsable de variaciones en concentración de hasta 50%. Las incertidumbres reducibles pueden ser de una escala similar... Las incertidumbres no indican que una concentración no ocurra, solo que no se sabe con certeza el tiempo y localización exacta en que ocurren. Los errores compuestos en los estimados de las mayores concentraciones están típicamente entre 10 y 40%, mientras que los estimados de pares de concentraciones medidas y observadas acopladas en tiempo y espacio son aún más inciertos... Dada la incertidumbre entre concentraciones medidas vs modeladas, cualquier intento de calibración basado en estas comparaciones es de beneficio cuestionable y no deben ser desarrolladas" (U.S. Environmental Protection Agency, 2017).

Por otro lado, un proceso de calibración implicaría modificar el algoritmo que previamente ha liberado el ente de evaluación US EPA (y que de forma normativa acoge el Protocolo para el Control y Seguimiento de la Calidad del Aire, versión 2.0) por lo cual el nuevo algoritmo dejaría de tener la consideración previa como calibrado, recomendado y promulgado. Por otro lado, de acuerdo con Irwin (2014), para realizar un ejercicio de calibración adecuado de un modelo de dispersión (así como cualquier modelo matemático) se requiere una base de datos lo suficientemente robusta y representativa, que en comparación con 18 días de información diaria de monitoreo en campo no puede ser homologada, compensada y adecuada, sin que genere un incremento de la incertidumbre de los resultados de calibración (modelos de dispersión como AERMOD trabajan con datos horarios) y en consecuencia los resultados proyectados al modificar coeficientes de dispersión y otros elementos integrados en el algoritmo.

Por lo anterior, el presente estudio hace hincapié en utilizar los datos de mejor calidad disponibles (inventario de emisiones, meteorología, uso de suelo, topografía, condiciones de fondo, motor de cálculo actualizado), así como la verificación de las condiciones meteorológicas utilizadas para caracterizar el comportamiento de transporte de contaminantes en la atmósfera con base en la mejor información oficial disponible.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



### 2.3.1.1.11.3.6.8 Elaboración de mapas de dispersión

Al finalizar los cálculos de modelo de dispersión de contaminantes, AERMOD puede ser programado para presentar los resultados en cada uno de los receptores establecidos, de modo que se puedan presentar y analizar de forma gráfica. Para este estudio, AERMOD fue programado para mostrar las concentraciones promedio para PM10 y PM2.5 (24 horas y anual), SO2 (1 y 24 horas), NO2 (1 hora y anual), CO (1 y 8 horas) y O3 (8 horas) con el fin de verificar las condiciones de inmisión en concordancia con los tiempos de exposición tomando como referencia de análisis la norma actual de calidad del aire, Resolución 2254 de 2017/MADS.

Para esto se crean archivos de texto plano en los cuales se especifica la ubicación espacial de cada uno de los receptores, y los resultados del modelo para cada uno de ellos. Para la elaboración de los mapas de dispersión, se interpolan los resultados de cada uno de los receptores utilizando el método "Thin Plane Spline" a través del software SAGA 2.3.2, para finalmente exportar los resultados en formato GeoTIFF mediante el software de Sistema de Información Geografía QGIS 3.20.2.

### 2.3.1.1.11.3.6.9 Modelo de propagación y atenuación sonora

Para determinar el comportamiento de propagación y atenuación del sonido se utilizó el método ISO 9613-2:1996 (fuentes industriales), el cual consiste en un algoritmo (con evaluación de frecuencias medias entre 31 Hz y 8 kHz) para calcular la atenuación del sonido que se origina desde una fuente emisora con respecto a un receptor. En este sentido, la metodología tiene en cuenta los siguientes elementos:

- Divergencia geométrica.
- Absorción atmosférica.
- Efecto del suelo.
- Reflexión sobre superficies.
- Proyección a través de obstáculos.

Este método es aplicable a una variedad de fuentes de ruido y entornos, entre los que se encuentran fuentes industriales, actividades de construcción y otras actividades a nivel del suelo. Para su aplicación, se requiere conocer diferentes parámetros respecto a la geometría de la fuente y del ambiente, las características del suelo, y la fuerza de emisión de la fuente en términos de niveles de potencia a un octavo de banda para las direcciones relevantes de propagación.

El nivel de presión sonora en la ubicación de un receptor debe ser calculado para cada fuente puntual, para cada frecuencia en 1/3 de octava de banda (entre 31 Hz a 8 kHz), teniendo en cuenta la Ecuación 2-2 y Ecuación 2-3.

### *Ecuación 2-2*

$$L = L_W + D_C + C_B - A$$

Donde:

- $L_W$  Potencia sonora de la fuente a un octavo de banda, en decibeles.
- $C_B$  Corrección por tiempo de actividad de las fuentes emisoras.
- $D_C$  Corrección por directividad de la fuente por posibles desviaciones sobre la dirección de propagación del sonido, en decibeles. Toma como referencia un índice de directividad  $D_i$  y un índice de propagación  $D\Omega$  en ángulos menores a  $4\pi$  radianes. Para fuentes omnidireccionales en espacios abiertos,  $D_C = 0$  dB.
- $A$  Atenuación a un octavo de banda que ocurre durante la propagación desde una fuente hasta un receptor, en decibeles.

El componente de atenuación se calcula en términos de la Ecuación 2-3

#### **Ecuación 2-3**

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

Donde:

- $A_{div}$  Es la atenuación debido a divergencias geométricas.
- $A_{atm}$  Es la atenuación debido a absorción atmosférica.
- $A_{gr}$  Es la atenuación por efecto del suelo.
- $A_{bar}$  Es la atenuación debido a barreras.
- $A_{misc}$  Es la atenuación debido a otros efectos (follaje, estructuras, entre otros).

El valor del nivel de presión sonora equivalente continuo ponderado en la banda A debe ser obtenido mediante la suma de las contribuciones de cada una de las fuentes de emisión y para cada octavo de banda, de acuerdo con la Ecuación 2-4.

**Ecuación 2-4**

$$L_{AT} = 10 \log_{10} \left\{ \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^B 10^{0,1(L_{ij}+A_j)} \right] \right\} - C_{met}$$

Donde:

- n Es el número de contribuciones i (fuentes y rutas de propagación).
- j es un índice indicativo de las frecuencias a 1/3 octava (entre 31 Hz a 8 kHz).
- Af Es el valor de corrección ponderado en la banda A.
- Cmet Es la corrección teniendo en cuenta condiciones meteorológicas.

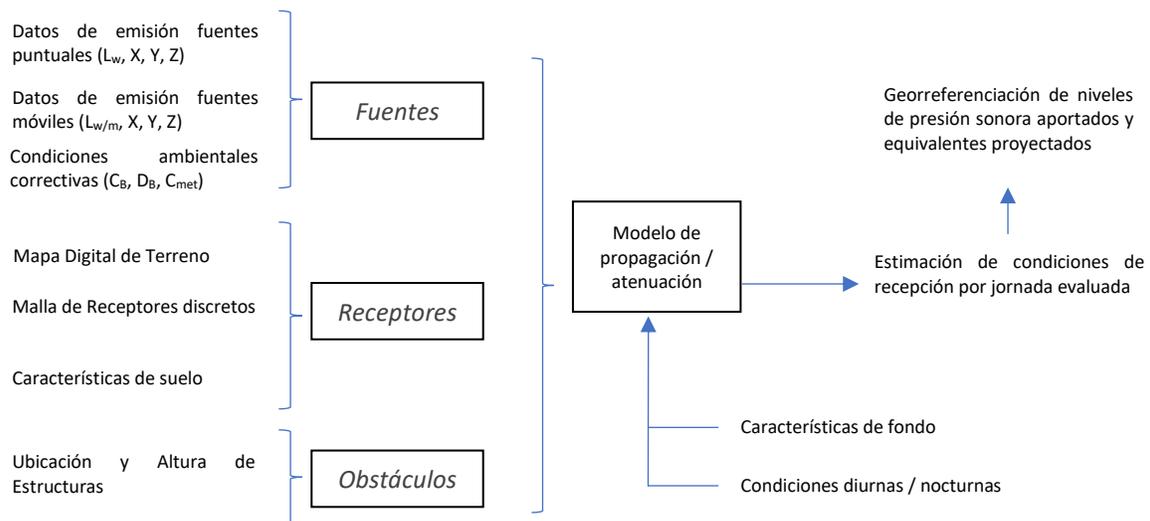
La suma de niveles de presión sonora entre dos fuentes mutuamente incoherentes se determina como según la Ecuación 2-5.

**Ecuación 2-5**

$$L_1 \oplus L_2 = 10 \log_{10} \left( 10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} \right)$$

En este sentido, para poder desarrollar el cálculo del comportamiento de propagación y atenuación, se requieren determinar las condiciones de ruido emitidas por las diferentes fuentes de emisión existentes en la zona de interés, en términos cartesianos con respecto a la ubicación del receptor y otras fuentes de emisión (bien sea estas coherentes o incoherentes entre sí).

**Figura 2-12 Diagrama de proceso de modelación de propagación y atenuación sonora**



Fuente: Consorcio Constructor Sabana Norte, 2023

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

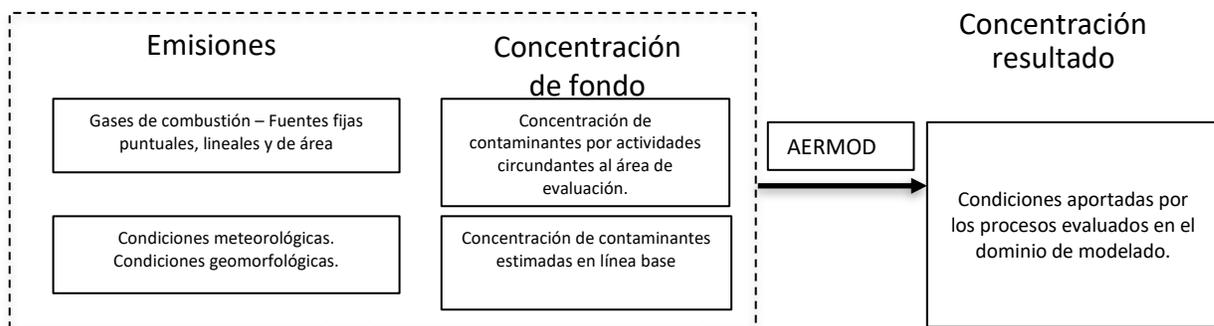
### 2.3.1.1.11.3.6.10 Emisión de contaminantes

Las fuentes de emisión evaluadas en el modelo corresponden a las actividades de combustión por fuentes energéticas y resuspensión de material particulado, cuyas emisiones son generadas en las fases de línea base, construcción y operación del proyecto. Cabe resaltar que, aunque el inventario de emisiones hace referencia a las actividades asociadas con el proyecto, el análisis del modelo tiene en cuenta condiciones reales de concentración en inmisión determinadas mediante mediciones de campo, así como estimativos de contribución de actividades típicas de la línea base del proyecto (tráfico vehicular en vía existente en inmediaciones al proyecto).

El aporte de contaminantes de otras fuentes no determinadas en el inventario de emisiones se estima por diferencia entre las concentraciones de fondo estimadas mediante mediciones de campo de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> frente los aportes de las fuentes modeladas asociadas al proyecto. De esta manera, el análisis de resultados tiene en cuenta condiciones cercanas a la realidad.

Dado el alcance de la información disponible para la evaluación (transporte de contaminantes de sitios remotos, fuentes fugitivas no identificables, fuentes no controlables), el modelo tiene como alcance mostrar el aporte de contaminantes asociados a actividades del área de influencia del proyecto, relacionadas al seguimiento de posibles impactos asociados a las emisiones atmosféricas de las fuentes en consideración (ver Figura 2-13).

**Figura 2-13 Proceso de estimación de emisiones en la zona de evaluación**



Fuente: Consorcio Constructor Sabana Norte, 2023

### 2.3.1.1.11.3.7 Modelo de emisión en fuentes de área

Las condiciones de potencia sonoras globales de una fuente de área en un campo abierto pueden ser parametrizadas mediante la Ecuación 2-6, basado en ISO 3744.

**Ecuación 2-6**

$$L_{AW/m^2} = \overline{L_p} - K_1 - K_2 + 10 \log_{10} \left( \frac{S}{S_0} \right)$$

Donde:

- $L_p$  Nivel de presión sonora ponderado de las fuentes emisoras en el área.
- $K_1$  Factor de corrección por ruido de fondo (0 para entornos no controlados).
- $K_2$  Factor de corrección ambiental (0,5 para ambientes abiertos).
- $S$  Área de la fuente en condiciones de campo abierto.
- $S_0$  Área de referencia ( $S_0 = 1 \text{ m}^2$ ).

2.3.1.1.11.3.7.1 Modelo de emisión en fuentes móviles (NMPB-Routers)

De acuerdo con el modelo NMPB, la potencia sonora de una vía puede ser estimada mediante la Ecuación 2-7.

**Ecuación 2-7**

$$L_{AWi} = L_{AW/m} + \Psi + 10 \log_{10}(l_i) + R(j)$$

Donde:

- $L_{AW/m}$  Nivel de presión sonora por metro de longitud en un octavo de banda.
- $\Psi$  Corrección asociada a las características de estado superficial de vía (Tabla 2-35).
- $l_i$  Longitud de la sección de la fuente lineal representada entre dos puntos.
- $R(j)$  Valor espectral para un octavo de banda (Tabla 2-36).

**Tabla 2-35 Valores  $\Psi$  de acuerdo con estándar NMPB-Routes**

Categorías de rugosidad de superficie	Corrección $\Psi$		
	0-60	61-80	81-130
Velocidad (km/h)	0-60	61-80	81-130
Superficie porosa	- 1 dB	- 2 dB	- 3 dB
Asfalto liso (concreto o masilla)	0 dB		
Cemento concreto o asfalto corrugado)	+ 2 dB		
Piedras con textura lisa	+ 3 dB		
Piedras con textura rugosa	+ 6 dB		

**Tabla 2-36 Valores  $R(j)$  de acuerdo con estándar EN 1793-3**

j	Octavo de banda (Hz)	R (dB(A))
1	125	-14,5
2	250	-10,2
3	500	-7,2

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

j	Octavo de banda (Hz)	R (dB(A))
4	1.000	-3,9
5	2.000	-6,4
6	4.000	-11,4

Fuente: NMPB-Routes, 2008.

### Ecuación 2-8

$$L_{AW/m} = [(E_{lv} + 10 \log_{10} Q_{lv}) \oplus (E_{hv} + 10 \log_{10} Q_{hv})] + 20$$

Donde:

- $E_{lv}$  Emisión de sonido asociada a vehículos livianos (menor a 3,5 toneladas).
- $E_{hv}$  Emisión de sonido asociada a vehículos pesados (menor a 3,5 toneladas).
- $Q_{lv}$  Volumen de tráfico liviano en el intervalo de referencia.
- $Q_{hv}$  Volumen de tráfico pesado en el intervalo de referencia.

### Ecuación 2-9

$$E = L_w - 10 \log_{10}(V) - 50$$

### Ecuación 2-10

$$L_w(V, R, p, a) = L_{roll}(V, R) \oplus L_{engine}(p, a)$$

Donde:

- $L_{roll}$  Componente de emisión por contacto entre las llantas y la superficie del suelo.
- $L_{engine}$  Componente de emisión asociado a la operación del motor del vehículo.
- $V$  Velocidad de tránsito en vía (km/h)
- $R$  Superficie de la vía.
- $p$  Pendiente de la vía (%).
- $a$  Tipo de flujo de tránsito.

Finalmente, los valores de cada uno de los componentes se determinan de acuerdo con lo sugerido en la Tabla 2-37 y Tabla 2-38.

**Tabla 2-37 Datos de emisión de ruido asociados al componente Lroll**

Tipo de superficie	Vehículos livianos	Vehículos pesados
R1	$73,8 + 30,2 \log_{10}(V/90)$	$33,0 + 26,0 \log_{10}(V)$
R2	$77,7 + 31,5 \log_{10}(V/90)$	$26,6 + 31,0 \log_{10}(V)$
R3	$80,2 + 32,2 \log_{10}(V/90)$	$24,6 + 32,6 \log_{10}(V)$

Fuente: NMPB-Routes, 2008.

**Tabla 2-38 Datos de emisión de ruido asociados al componente Lengine**

Flujo	0% < Pendiente < 2%	Ascendente 2% < Pendiente < 6%	Descendente 2% < Pendiente < 6%
LV – Continuo	61,6 dB(A)	61,6 + 2*(p-2)	61,6 + 1*(p-2)
LV – Acelerado	69,0 dB(A)	69,0 + 2*(p-2)	69,0 + 1*(p-2)
HV – Continuo	73,0 dB(A)	73,0 + 2*(p-2)	73,0 + 1*(p-2)

Fuente: NMPB-Routes, 2008.

En el caso de vehículos de dos ruedas (motocicletas usadas por la comunidad), incluidas en el escenario de línea base, se toma como base la directiva holandesa RMW 2002, la cual indica que la contribución de potencia sonora de una moto equivale a 1,25 veces la potencia de un vehículo liviano en la ponderación A.

### 2.3.1.2 Medio Biótico

La metodología de trabajo para el desarrollo de los componentes que conforman el medio abiótico se realiza con base en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requeridos para el trámite de Licencia Ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con sus accesos (Resolución 751 de 2015 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), así como la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. (Resolución 1402 de 2018 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)

La información para el presente estudio se levantó durante los meses de noviembre y diciembre del año 2022.

#### 2.3.1.2.1 Ecosistemas terrestres - Flora

La caracterización de la cobertura vegetal presente en el área de influencia para el proyecto " Acceso Norte Fase II", se desarrolló en tres fases: fase pre-campo donde se procesó las imágenes de los sensores remotos y la consulta de información secundaria como referencia de la aproximación de las coberturas y distribuciones que se encontraron en el área de estudio, la fase de campo se realizó el levantamiento de información primaria y por último, la fase pos-campo se procesó la información obtenida.

##### 2.3.1.2.1.1 Fase Precampo

###### 2.3.1.2.1.1.1 Revisión de fuentes de información secundaria

En esta fase se recopiló y revisó la información secundaria existente de fuentes como: Planes de Ordenamiento Territorial POT, el Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC, la Metodología general para la elaboración y presentación de Estudios Ambientales (ANLA, 2018), términos de referencia para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental

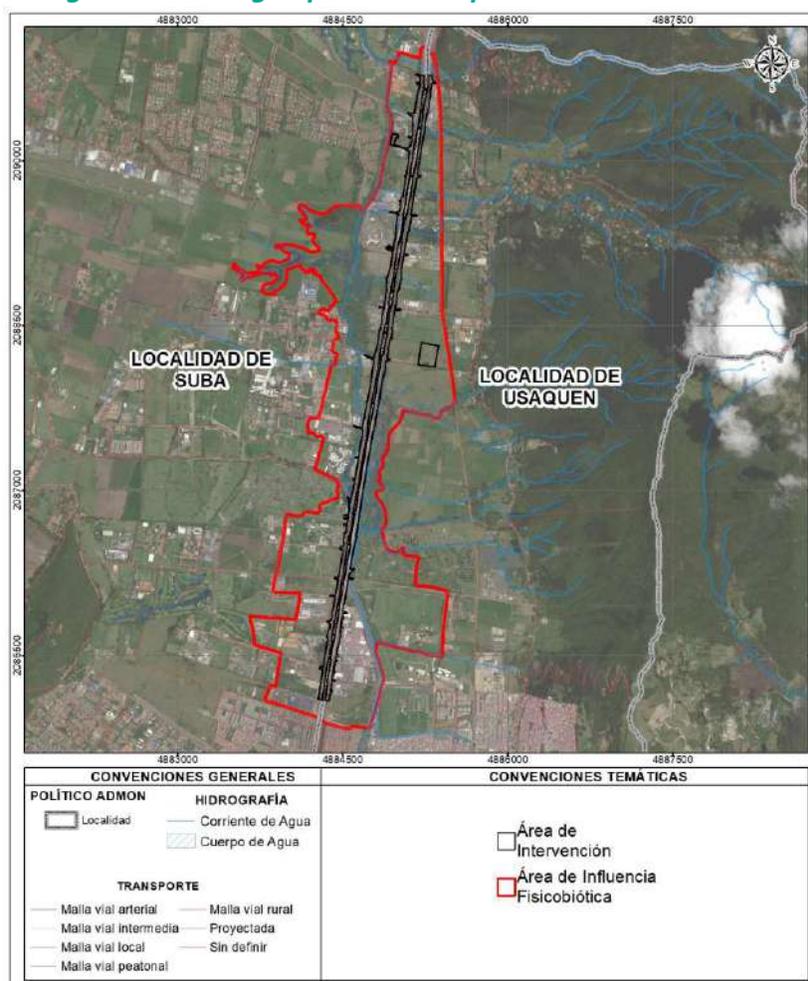
## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

para la Construcción de Carreteras y/o de Túneles con sus Accesos (M-M-INA-02 Versión No 2 de 2015), acogidos mediante la Resolución 0751 del 26 de marzo de 2015, entre otros.

### 2.3.1.2.1.2 Elaboración del mapa de coberturas de la tierra.

La elaboración del mapa de coberturas se realizó empleando las imágenes satelitales, como se muestra en la Figura 2-14. La identificación de las coberturas presentes en el área se realizó mediante la interpretación del profesional forestal con el programa ArcGis y de acuerdo con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010) a escala 1:10.000. Los criterios de clasificación tomados corresponden a los que más se adapten a las coberturas encontradas y la escala de trabajo como: los niveles, código o nombre y símbolo de cada una de las unidades de coberturas a identificar.

**Figura 2-14 Imagen para la interpretación de coberturas**

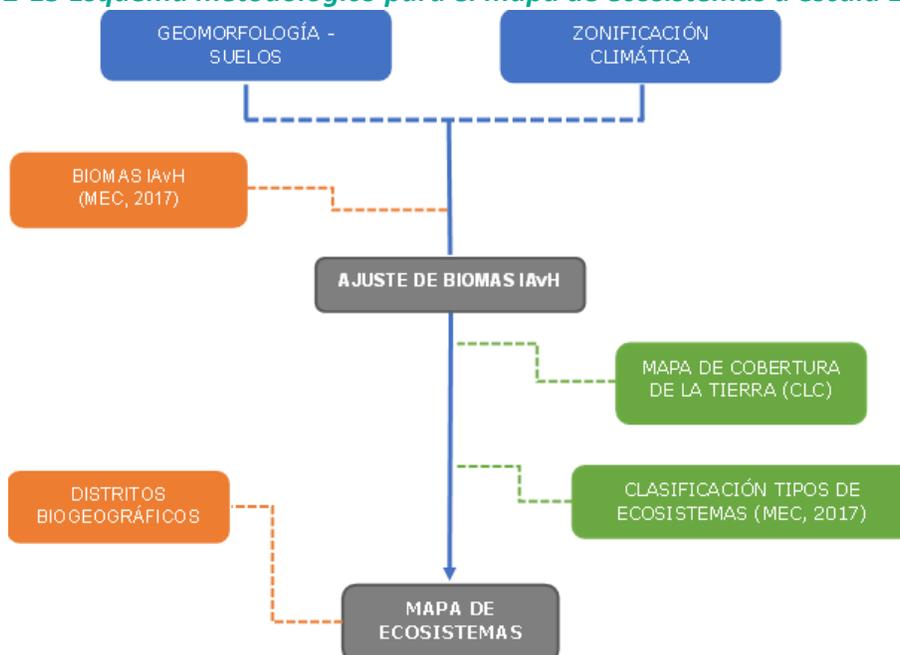


Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

## 2.3.1.2.1.1.3 Elaboración mapa de ecosistemas

Para obtener el mapa de ecosistemas presentes en el área de influencia, se tuvo como referencia el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MEC) versión 2.1 a escala 1:100.000 (IDEAM., 2017), el cual integra información de los mapas temáticos de las unidades de geopedología, que es el resultado de la superposición de las capas de suelos y geomorfología; y la zonificación climática, mediante el análisis espacial y sistemas de información geográfica. La Figura 2-15 muestra el esquema metodológico para el ajuste de los ecosistemas a escala 1:25.000, a partir de la cartografía temática para el presente estudio.

**Figura 2-15 Esquema metodológico para el mapa de ecosistemas a escala 1:25.000.**



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

## 2.3.1.2.1.1.4 Tipo de muestreo

Para la caracterización de las coberturas identificadas en el área de influencia del proyecto, se realizó un inventario al 100% sobre el área directa a afectar, lo anterior, teniendo en cuenta que no se encontraron coberturas boscosas sujetas de caracterización dentro del área de influencia determinada para el proyecto.

## 2.3.1.2.1.1.5 Tamaño de la muestra.

Se registraron todos los individuos fustales ( $DAP \geq 10$  cm) en cada una de las áreas objeto de intervención, el tipo de cobertura a intervenir, vereda, municipio, el número del individuo en orden consecutivo, el nombre regional o común, de acuerdo con la información suministrada por los auxiliares de campo, las coordenadas o georreferenciación de cada

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



individuo, así como las variables morfométricas de los individuos: altura total, altura del fuste, circunferencia a la altura del pecho (CAP), estado fitosanitario y observaciones, esta información de campo se consignó en los formatos designados para el proyecto.

### 2.3.1.2.1.2 Fase Campo

El trabajo de campo se realizó con tres cuadrillas, conformada cada una por un Ingeniero forestal y dos auxiliares de campo, quienes eran los encargados de despejar senderos, medir y marcar cada uno de los individuos a inventariar. El profesional forestal fue el encargado de registrar los datos, georreferenciar los árboles, estimar las alturas, entre otras observaciones del área; dicho levantamiento fue desarrollado desde el 30 de noviembre al 16 de diciembre de 2023.

### 2.3.1.2.1.3 Verificación de las coberturas

Se tomaron puntos de control en campo, con el fin de verificar las coberturas identificadas en el área de influencia y así mismo, realizó los ajustes pertinentes en el mapa de cobertura de la tierra.

#### 2.3.1.2.1.3.1 Caracterización florística

El registro de información se enfocó en el inventario al 100% de todos los individuos en estado fustal dentro del área de intervención directa del proyecto, Teniendo en cuenta que dentro del área de influencia delimitada para el proyecto no hay presencia de coberturas que puedan ser sujeto de inventario forestal.

No obstante, la caracterización ambiental tuvo en cuenta la información reportada en el inventario al 100% de cada uno de los individuos dentro de las áreas de afectación del proyecto; por tal razón el nivel de incertidumbre de la información recolectada en campo es cero debido a que se tiene la información total de los individuos dentro del área de intervención de la obra, según los términos de referencia para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para la Construcción de Carreteras y/o de Túneles con sus Accesos (M-M-INA-02 Versión No 2 de 2015), acogidos mediante la Resolución 0751 del 26 de marzo de 2015. Además, para determinar las características de composición, estructura, cuantificar los volúmenes totales y determinar la planificación del aprovechamiento forestal.

#### 2.3.1.2.1.3.2 Medición y marcación de los individuos

Se midió cada uno de los individuos inventariados en las categorías fustal, y latizal renuevos. Para el caso de los fustales, se registró la altura total, altura del fuste, el diámetro a la altura del pecho ( $DAP \geq 10 \text{ cm} = CAP \geq 31,5 \text{ cm}$ ) y se marcó en su fuste con pintura en aceite el número de manera consecutiva en dirección que se visualice desde el eje central de la parcela, en cada subparcela de latizales se registró la altura y el diámetro de los individuos.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

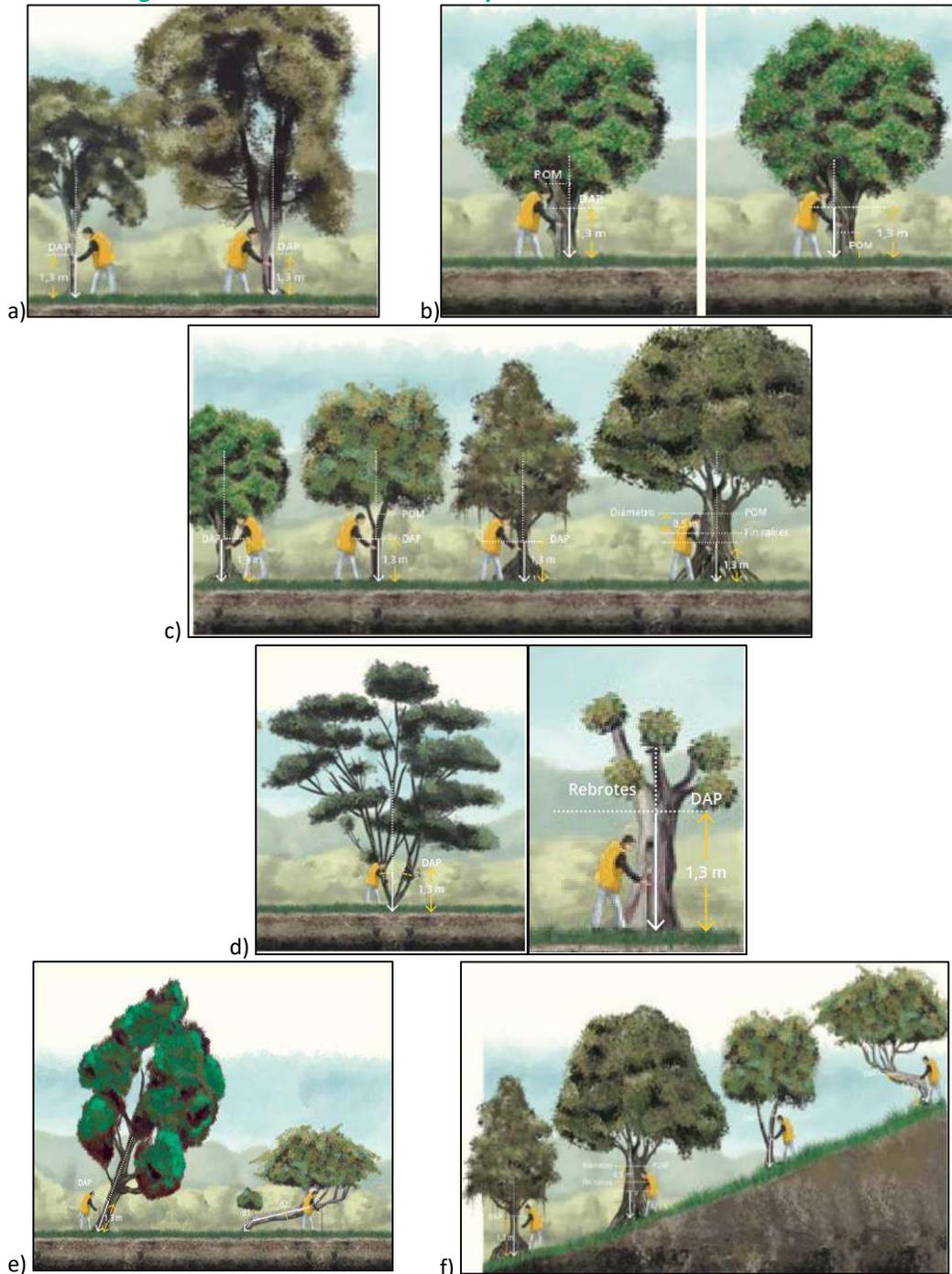


Para la medición del diámetro de los tallos, se tuvo en cuenta algunas condiciones del tronco que puede hacer variar el POM (Punto Óptimo de Medición), para ello se siguió la metodología propuesta del Manual Inventario Forestal Nacional (IDEAM, 2018).

- a) Tallos únicos: Se realiza una sola medición, utilizando la cinta métrica a los 1,3 m de altura.
- b) Tallos irregulares: En individuos con irregularidades muy pronunciadas tales como abultamientos, nudos y cicatrices, entre otras, se procedió a realizar la medición del diámetro después de que termine la irregularidad por lo general a 50 cm si es posible. Sin embargo, en algunos casos se hace necesario localizar la medida del diámetro por debajo del 1,3 m.
- c) Tallos con raíces: Si llegaron a presentarse raíces superficiales que superen los 1,3 m, la medición del diámetro se realiza 50 cm arriba de donde estas terminan.
- d) Tallos múltiples o rebrotes: Para árboles ramificados a una altura menor de 1,3 m o tallos múltiples, se midió cada tallo comenzando con el número consecutivo del tallo de mayor grosor y se continuó con la letra B, C, D, E..., en sentido a las manecillas del reloj y las alturas por cada tallo se estimaron.

En la Figura 2-16 se puede apreciar algunas de las recomendaciones a la hora de medir el diámetro a la altura del pecho, dependiendo de la forma, localización y otros aspectos de los individuos.

**Figura 2-16 Recomendaciones para la medición del diámetro.**

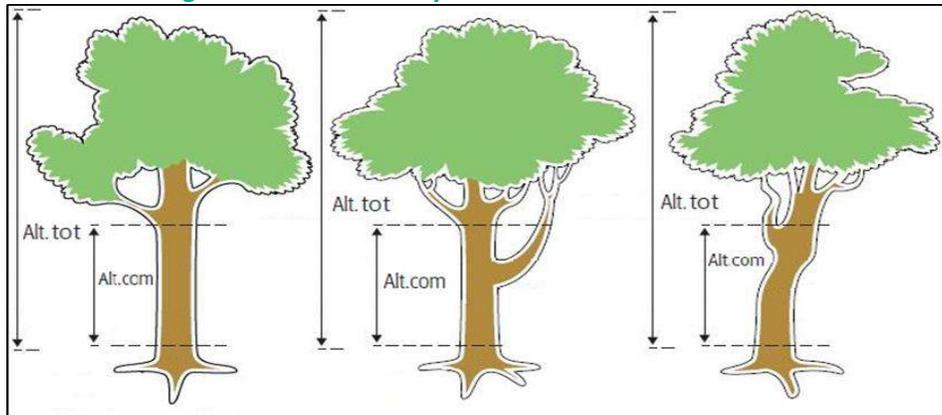


a) Tallos únicos, b) Tallos irregulares c) Tallos con raíces d) Tallos múltiples o rebotes e) Tallos inclinados f) Tallos en terrenos inclinados.

Fuente: IAVH, 2004

Las alturas fueron estimadas por el profesional a cargo, la altura del fuste o reiteración (longitud desde la base del árbol y el inicio de la copa o primeras ramas verdaderas), la altura total (longitud desde la base sobre el suelo, hasta el ápice del árbol) y la altura comercial (longitud entre el tocón y un diámetro superior mínimo aprovechable para algún uso en particular). (ver Figura 2-17)

**Figura 2-17 Criterios para la medición de alturas**



Fuente: Adaptado de Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo WWF, 2004

#### 2.3.1.2.1.3.3 Registro de la información

El registro de la información y las mediciones se realizó mediante el uso de formatos de campo, donde se consignaron generalidades como coordenadas y fecha. También se registró las mediciones de variables dasométricas como circunferencia a la altura del pecho (CAP1, en caso de presencia de fustes polifurcados se tomaron como CAP2, CAP3, CAP4 y CAP5) y se estimó la altura del fuste y altura total de los individuos.

#### 2.3.1.2.1.3.4 Colección de material botánico

Para el presente proyecto no hubo necesidad de realizar colecta de especies.

#### 2.3.1.2.1.4 Fase Post-campo

Obtenida la información en campo, se realizó la compilación y el procesamiento de datos que permitió la caracterización de las diferentes coberturas en términos de composición florística, estructura, diversidad y riqueza de especies, entre otras, como se especifica a continuación; las memorias de cálculo y análisis estadísticos requeridos se encuentran disponibles en el Anexo 7\_1 Flora.

Es importante resaltar que teniendo en cuenta que dentro del área de influencia fisicobiótica no se identifican coberturas de la Tierra susceptibles de realizar parcelas de caracterización, y como se ha mencionado la caracterización del componente flora se realizó con la información obtenida en el inventario al 100% realizado en el área de

intervención del proyecto, por lo cual para este caso no aplica el error de muestreo menor al 15% con una probabilidad del 95% según lo mencionado en los términos de referencia.

#### 2.3.1.2.1.4.1 Cálculo del diámetro (DAP)

La medición en campo se realizó con una cinta métrica registrando la circunferencia a la altura del pecho (CAP) a una altura de 1,30 m, con este dato se calculó el DAP mediante la siguiente fórmula:

#### **Ecuación 2-18 Calculo del Diámetro**

$$DAP = CAP / \pi$$

Dónde:

- DAP: Diámetro a la altura del pecho (1,30 m)
- CAP: Circunferencia a la altura del pecho
- $\pi$ : Pi (3,1416)
- Cálculo área basal y volumen

Para estimar el área basal y el volumen de los individuos con un DAP  $\geq 10$  cm, se empleó las siguientes fórmulas (MMA, 2002)<sup>13</sup>:

#### **Ecuación 2-19 Calculo del Área Basal**

$$AB = \pi / 4 * [DAP]^2$$

$$V = AB * Hc \text{ ó } Ht * ff$$

Dónde:

- DAP: Diámetro a la altura del pecho (1,30 m)
- V: Volumen maderable en m<sup>3</sup>
- $\pi$ : Pi (3,1416)
- AB: Área basal en m<sup>2</sup>
- Hc: Altura comercial del fuste en m.
- Ht: Altura total en m.
- ff: Factor de forma

El coeficiente mórfo o factor de forma, corrige el volumen dada a la forma cónica del árbol (Lema, 2003), acorde con CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE, 1991). El factor de forma es un indicativo de la forma real de un árbol respecto a

<sup>13</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guías técnicas para la ordenación y el manejo sostenible de los bosques naturales. Bogotá, D.C, 2002. Parte V p. 102.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



modelos geométricos que lo asimilan, puesto que los individuos arbóreos no presentan una forma geométrica euclidiana, complicando con ello la estimación de su volumen. Teniendo en cuenta que un  $f > 0,85$  se asemeja a una forma cilíndrica, un  $f$  dado por  $0,7 \leq f \leq 0,85$  se asemeja a un paraboloides, un  $f$  dado por  $0,5 \leq f \leq 0,7$  se asemeja a un cono y un  $f < 0,5$  se asemeja a un neiloide, y asumiendo que los individuos en bosques naturales del trópico presentan una forma que puede variar de cono a paraboloides, el factor de forma utilizado es de 0,7.

### 2.3.1.2.1.4.2 Composición florística

La riqueza y composición florística se determinó a partir de la información registrada en campo, estimando el número de familias, géneros y especies presentes en el área de afectación del proyecto de las coberturas identificadas.

### 2.3.1.2.1.4.3 Estructura horizontal

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Esta estructura se evaluó a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies y su importancia ecológica, es el caso de la abundancia, frecuencia y dominancia, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia (I.V.I.). (ver Tabla 2-39)

**Tabla 2-39 Cálculos para el índice de valor de importancia I.V.I.**

ÍNDICE	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
Abundancia absoluta y relativa	Es el número de árboles por especie, se diferencian la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y abundancia relativa (proporción porcentual).	Abun. absoluta (AA)=N° individuos por especie  Abun. relativa (AR%)=N° ind.por especie/N° total de ind.en la muestra x 100
Frecuencia absoluta y relativa	La frecuencia se refiere a la existencia o falta de una determinada especie en una subparcela; la frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (100% = existencia de la especie en todas las subparcelas), la frecuencia relativa de una especie se calcula como porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies <sup>14</sup> .	Frec. abs.(FA)=N° parcelas donde aparece la especie / N° total de parcelas x 100  Frec. rel.(FR%)=Frec.abs.de la especie / $\sum$ Frec.abs.de todas las especies x 100
Dominancia absoluta y relativa	La dominancia, que es la expresión del espacio ocupado por ellas. Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo. Se expresa con base en el área basal, dada la estrecha relación que existe entre el diámetro de la copa y el diámetro del fuste para una especie en particular. La dominancia absoluta se calcula por la suma de las áreas basales de los	Dom. abs.(DA)= $\sum$ Área basal de cada especie ( $\pi/4000$ ) * $\sum$ d <sup>2</sup>  Dom. rel.(DR%)= Área basal de cada especie / Área basal total de la muestra x 100

<sup>14</sup> MELO, Omar y VARGAS, Rafael. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ibagué: Universidad del Tolima, CRQ, CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA, 2003. p 50. ISBN: 956-9243-03-07.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



ÍNDICE	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
	individuos de cada especie y la dominancia relativa es el porcentaje de las especies en relación al área basal total.	
I.V.I	Este índice formulado por Curtis y McIntosh (1951) citado por Lamprecht (1990), formula la combinación de los tres anteriores criterios para llegar a obtener la suma de la abundancia relativa, la frecuencia y la dominancia relativas, el valor máximo es de 300 y se presenta cuando solamente hay una especie presente en el área muestreada. Permite establecer el peso ecológico de cada especie dentro del ecosistema o cobertura.	$I.V.I = AR \% + FR \% + DR \%$

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

### 2.3.1.2.1.4.4 Estructura vertical

La estructura vertical se analiza desde el punto de vista de la estratificación, considerando la altura total de los árboles. Para el análisis de la estructura vertical se usó el método cuantitativo de Ogawa et al., (1965), el cual permite visualizar la presencia de los estratos en un diagrama de dispersión de copas, donde los árboles se representan por los valores de la altura total en el eje de las ordenadas y la altura a la primera rama o reiteración en el eje de las abscisas; para así establecer las tendencias que generalmente se agrupan en conglomerados o en puntos dispersos<sup>15</sup>.

El método cualitativo corresponde a diagramas de perfil de Davis y Richards (1993), donde se representa de forma bidimensional la vegetación. Este perfil se generó con base a las mediciones de la posición de los ejes X Y, la altura de los árboles de la parcela, así como de la amplitud y profundidad de sus copas a partir de un diámetro mínimo de medición<sup>16</sup>.

El perfil de vegetación ilustra aspectos estructurales del bosque como: altura, cobertura, forma de copas, estratos y espaciamiento vertical. En campo se realizó una unidad de muestreo "tipo" de cada cobertura en la que se registró los fustales, la ubicación de los individuos en los ejes X Y, diámetro de las copas, DAP, alturas del fuste y total. Posteriormente, se ubicaron en el plano horizontal y vertical, generando el perfil de vegetación y la vista ortogonal de la unidad de muestreo "tipo".

### 2.3.1.2.1.4.5 Densidad

El cálculo de la densidad de los individuos con un DAP > 10cm, se obtiene con el número total de árboles sobre la superficie o el área de la unidad de muestreo.

<sup>15</sup> Ibíd. p 46.

<sup>16</sup> Ibíd. p 41.

### *Ecuación 2-20 Calculo de densidad*

Densidad (D) = N° individuos / Área unidad de muestreo (ha)

#### 2.3.1.2.1.5 Distribución diamétrica y altimétrica

Esta distribución es el resultado de agrupar los árboles de un bosque dentro de ciertas categorías de acuerdo con los valores máximos y mínimos de cada parámetro y con el número de individuos. En este caso, para las clases diamétrica el valor mínimo es a partir de 10 cm de DAP. Los intervalos de clase o categorías se establecieron de la siguiente manera (Rangel y Velásquez, 1997):

### *Ecuación 2-21 Distribución diamétrica y altimétrica*

$$C = (X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}}) / m$$

$$m = 1 + 3,3 (\log n)$$

Dónde:

- n: número total de individuos
- m: número de intervalos
- C: amplitud del intervalo (Aproximado a un número entero)
- X: parámetro a analizar

#### 2.3.1.2.1.5.1 Posición sociológica (PS)

La PS es una expresión de la expansión vertical de las especies. Es un índice que informa sobre la composición florística de los distintos subestratos de la vegetación, y del papel que juegan las diferentes especies en cada uno de ellos (Hosokawa, 1986). El subestrato es una porción de la masa contenida dentro de determinados límites de altura, fijados subjetivamente, según el criterio que se haya elegido<sup>17</sup>.

Para la obtención de la posición sociológica se definen los intervalos de altura de acuerdo al método International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) que distingue tres estratos, determinando la abundancia de cada especie por estrato. En el presente estudio los valores de los rangos de altura establecidos fueron:

<sup>17</sup>ACOSTA, Víctor; ARAUJO, Publio e ITURRE, Marta. Caracteres estructurales de las masas [En línea]. Argentina: Universidad Nacional de Santiago del Estero, 2006. Serie didáctica N°22 p. 19. [citado enero 11 de 2022]. Disponible en: <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-22-Caracteres-estructurales-ACOSTA.pdf>

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

- Estrato superior (altura > 2/3 de la altura superior).
- Estrato medio (entre 2/3 y 1/3)
- Estrato inferior (< 1/3 de la altura superior)

Una especie tiene su lugar asegurado en la estructura y composición del bosque cuando se encuentra representada en todos los substratos. Por el contrario, será dudosa su presencia en la etapa climática si se encuentran solamente en el substrato superior o superior y/o medio, a excepción de aquellas que por sus características propias no pasan del piso inferior. Siguiendo la metodología de Finol (1976), se asigna un valor fitosociológico a cada estrato, el cual se obtiene dividiendo el número de individuos en el estrato por el número total de individuos de todas las especies<sup>18</sup>.

### *Ecuación 2-22 Valor fitosociológico*

$$VF = n/N$$

Donde:

- VF: Valor fitosociológico del estrato i.
- n: número de individuos del estrato i.
- N: Número total de individuo de todas las especies.

Para calcular el valor absoluto de PS de una especie, se suman sus valores fitosociológicos en cada estrato, el cual se obtiene efectuando el producto del VF del estrato considerado por el número de individuos de la especie en ese mismo estrato.

### *Ecuación 2-23 Posición sociológica absoluta*

$$PSa = VF(i) * n(i) + VF(m) * n(m) + VF(s) * n(s)$$

Donde:

- PSa: Posición sociológica absoluta.
- VF: Valor fitosociológico del estrato (i: inferior, m: medio y s: superior).
- n: número de individuos de cada estrato (ni: inferior, nm: medio y ns: superior)

La posición sociológica relativa (PSr) para la especie i será igual al valor de posición sociológica absoluta para la especie i (dividido) por la sumatoria de los valores absolutos para todas las especies.

<sup>18</sup>Ibíd., p.20.

**Ecuación 2-24 Posición sociológica relativa**

$$PS_r = \frac{PS_a}{\sum_{i=1}^n PS_a}$$

2.3.1.2.1.5.2 Grado de agregación o sociabilidad

El grado de agregación determina la distribución espacial o agrupamiento de las especies y se calcula con la siguiente fórmula:

**Ecuación 2-25 Grado de agregación**

$$Ga = Do / De$$

Dónde:

- Ga: Grado de agregación
- Do: Densidad observada
- De: Densidad esperada

Para el cálculo de densidad esperada se utiliza la siguiente fórmula:

**Ecuación 2-26 Densidad esperada**

$$De = -Ln(1 - F/100)$$

Dónde:

- De: Densidad esperada
- F: Frecuencia absoluta

La densidad observada se halla basándose en la siguiente relación:

**Ecuación 2-27 Densidad observada**

$$Do = N^{\circ} \text{ total de árboles por especie} / N^{\circ} \text{ total de parcelas muestreadas.}$$

El análisis de los resultados se interpreta a partir de los siguientes parámetros:

- Ga > 2: Indica que la especie tiene una distribución agrupada.
- Ga > 1: Indica tendencia al agrupamiento.
- Ga < 1: Indica que la especie se encuentra dispersa.

$$I.V.I.A = I.V.I.\% + Ps\% + Rn\%$$

Dónde:

- IVI: Índice de valor de importancia.
- Ps: Posición sociológica.
- Rn: Regeneración natural.
- Índices de diversidad

Los índices de riqueza se calculan como una combinación entre el número de especies (S) y el número de individuos total en la muestra (N) (Cantillo, 2001)<sup>19</sup>. En este caso se determinaron tres índices de heterogeneidad de especies. La Tabla 2-27, muestra los rangos propuestos por Ramírez (1999a) para interpretar los valores de diversidad obtenidos.

Índice de Shannon: Indica qué tan uniformes están representadas las especies en términos de abundancia, teniendo en cuenta todas las especies muestreadas. El valor máximo indica una situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes.

Índice de Simpson: Este índice mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $1 - D$  (Lande, 1996).

Índice de Margalef: Es una medida utilizada para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

**Tabla 2-40 Parámetros para el cálculo de los índices de diversidad.**

ÍNDICE	FÓRMULA	
Shannon	$H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i$	S: Número de especies. Pi: Proporción de las especies $p_i = n_i/N$ ni: Número de individuos de la especie i N: Número total de individuos
Simpson	$D = \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$ $D = \sum p_i^2$	ni: Número de individuos en la i-ésima especie N: Número total de individuos
Margalef	$DMg = (S-1) / \ln(N)$	S: Número de especies. N: Número de individuos de la muestra

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

#### 2.3.1.2.1.5.3 Cociente de mezcla

El cociente de mezcla (CM) expresa la relación entre el número de especies y el número de individuos totales. Este cociente proporciona una idea somera de la intensidad de mezcla, así como una primera aproximación de la heterogeneidad de los bosques. Es de mencionar que los valores dependen fuertemente del diámetro mínimo de medición y del tamaño de

<sup>19</sup> CANTILLO, E. "Diversidad y Caracterización Florística y Estructural de la Vegetación en la Zona de Captación de Aguas de la Microcuenca El Tigre". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia, 2001.

la muestra, por lo cual, sólo se debe comparar ecosistemas con muestreos de igual intensidad (Lamprecht, 1990)<sup>20</sup>.

#### *Ecuación 2-28 Coeficiente de mezcla*

$$CM = S / N$$

Dónde:

- S: Número total de especies en el muestreo.
- N: Número total de individuos en el muestreo.

#### *2.3.1.2.1.5.4 Especies endémicas, en veda, en categorías de amenaza*

Para determinar las especies de flora que se encuentran amenazadas se realizó la consulta en las categorías establecidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), los libros rojos de plantas de Colombia y además de lo dispuesto por la Resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017.

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna silvestre y Flora Silvestres (CITES), tiene tres categorías denominadas Apéndices I, II y III que ofrecen diferentes niveles y tipos de protección para la explotación indebida. El Apéndice I incluye aquellas especies con mayor amenaza o que estén en peligro de extinción, el Apéndice II agrupa las especies que, pese a no estar en peligro de extinción, podrían llegar a estarlo de no establecerse una regulación sobre su comercio y el Apéndice III donde se encuentran las especies incluidas por solicitud de alguno de los países miembros de la convención con el objetivo primordial de evitar la explotación intensiva<sup>21</sup>.

En la determinación de las especies con veda nacional o regional se consultó la normatividad vigente en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, del área de influencia del proyecto.

#### *2.3.1.2.1.5.5 Usos, importancia económica, ecológica y/o cultural de las especies*

Con el fin de conocer el uso y la importancia dado a las especies en las áreas de estudio, se tuvo en cuenta la información suministrada por los conocedores o auxiliares de campo; posteriormente, se complementó con información bibliográfica. Estos usos se ajustaron a las categorías definidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales en su base de datos (Geodatabase).

<sup>20</sup> MELO, Omar y VARGAS, Rafael. Op. cit., p 53.

<sup>21</sup> <http://www.cites.org/esp/app/index.shtml>

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

### 2.3.1.2.1.5.6 Análisis de Fragmentación

Los procesos fragmentación y conectividad no pudieron ser analizados teniendo en cuenta que el área de influencia del proyecto no cuenta con coberturas naturales o seminaturales que permitan realizar un análisis de este tipo.

### 2.3.1.2.2 Análisis de fragmentación y conectividad

Para realizar el análisis de fragmentación y conectividad en el área de influencia físico-biótica del proyecto, se usó como insumo principal las coberturas de la tierra identificadas en el área de estudio. Teniendo en cuenta que para la zona de estudio no se identificaron coberturas naturales terrestres y si coberturas naturales acuáticas, se realizó un análisis de aquellas coberturas que podrían servir como matriz para la dispersión de las especies presentes en la zona.

Para el análisis de fragmentación y conectividad se usó la herramienta Guidos (GuidosToolbox (Graphical User Interface for the Description of image Objects and their Shapes - GTB), que contiene una gran variedad de procesamientos de imágenes ráster proporcionada por la Unión Europea y el departamento de Bosques de la misma (Vogt & Riitter, 2017). >Además para el Análisis de conectividad se usos la herramienta MSPA (Morphological Spatial Pattern Analysis) que nos ayuda en una mejor comprensión de la conectividad estructural y funcional (Soille & Vogt,2022).

Estas herramientas trabajan con una imagen tipo ráster que tiene a las dos clases de datos: 1 byte = Background (obligatoria), 2 byte = Foreground (obligatoria). Así se puede entender que las clases de datos se diferencian según la información requerida; por ejemplo, para clasificar la conectividad de bosque/no bosque, el Foreground es la cobertura de bosque y el Background sería todas las coberturas de no bosque. De esta manera para nuestro análisis, se agruparon las coberturas identificadas en dos grandes grupos. Aquellas coberturas que podrían funcionar como parches de paso o matriz con baja resistencia en la categoría de Foreground mientras que aquellas coberturas que se identificaron como matriz impermeable en el área. se agruparon en la categoría de Background (Tabla 2-41).

**Tabla 2-41 Categorización de las coberturas de la tierra identificadas en el AI del proyecto para análisis de fragmentación y conectividad.**

Cobertura de la Tierra en el AI	Categoría de datos para análisis
Tejido urbano continuo	Background
Zonas industriales	
Zonas comerciales	
Colegios y Universidades	
Red vial y territorios asociados	
Red ferroviaria y territorios asociados	
Tierras desnudas y degradadas	

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

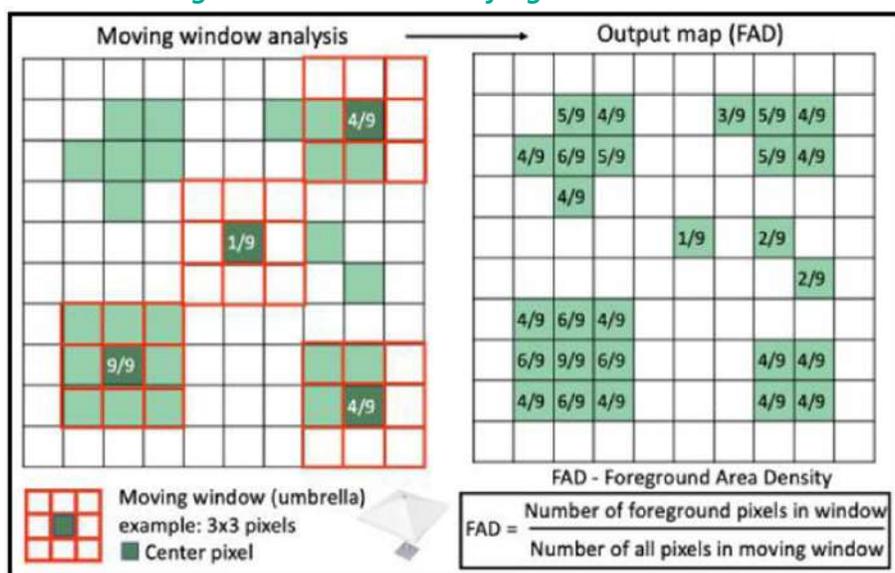
Parques cementerio	Foreground
Parques urbanos	
Áreas deportivas	
Otros cultivos transitorios	
Pastos limpios	
Pastos arbolados	
Pastos enmalezados	
Humedales y Zonas Pantanosas	
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	
Canales	

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Después de realizar esta calificación se convirtió el archivo ráster en una imagen tipo .tiff y se procedió a procesarla en las herramientas citadas anteriormente.

La fragmentación puede verse como la heterogeneidad espacial o la composición espacial y disposición de los objetos del primer plano en una imagen. Tiene en cuenta el número de objetos y la distancia entre ellos, por lo que aborda las características del primer plano y del fondo al mismo tiempo. Debido a su naturaleza holística, la descripción de la fragmentación es bastante compleja y, en el caso de los paisajes, generalmente se define para una determinada especie de interés y, como tal, es específica de cada especie. Para el análisis de fragmentación se usó el análisis de Foreground Area Density (FAD) que mide la proporción de píxeles de Foreground con respecto al número total de píxeles en el vecindario local (Figura 2-18).

**Figura 2-18 Métricas de fragmentación FAD**



Fuente: European Commission, User Guide of GidooToolbox (GTB), 2023

Asimismo, el análisis de fragmentación se realizó con la herramienta de multiescala en donde se mide FAD: la densidad del área de Foreground en las cinco escalas de observación (FAD multiescala) y se enmascara para el Foreground (Riitters et al., 2002, 2012a, 2012b). El resultado es un conjunto de cinco mapas (uno para cada escala de observación) que muestran el valor FAD para cada píxel de primer plano. Los mapas resultantes enumeran los valores FAD (densidad) por píxel (FAD clase 6). Para mayor claridad visual, los valores de DCP se muestran codificados por colores en las siguientes clases de fragmentación.

**Figura 2-19 . Resumen de umbrales, nombres y asignación de colores de clases de fragmentación FAD**

FAD 6-class	Color	FAD range
1-Rare		FAD < 10%
2-Patchy		10% ≤ FAD < 40%
3-Transitional		40% ≤ FAD < 60%
4-Dominant		60% ≤ FAD < 90%
5-Interior		90% ≤ FAD < 100%
6-Intact		FAD = 100%

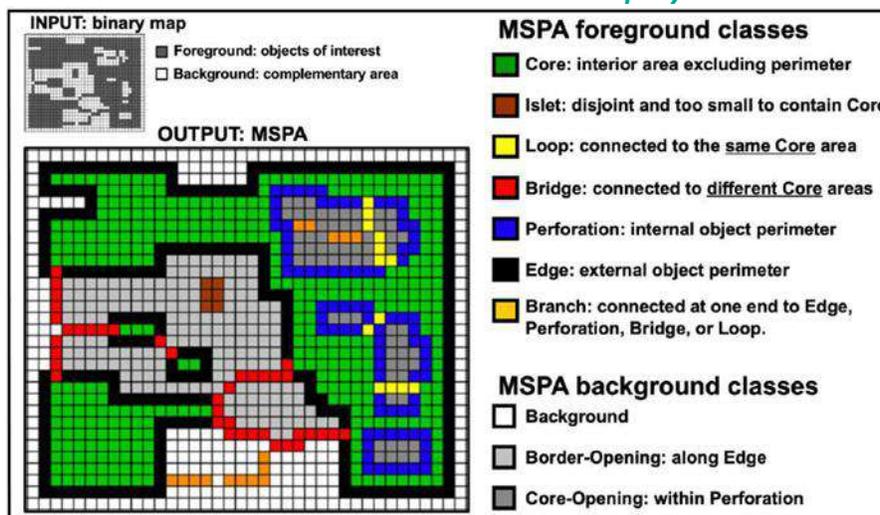
Fuente: European Commission, User Guide of GuidosToolbox (GTB), 2023

Por otro lado, el análisis de conectividad depende de unos parámetros que se describen a continuación.

- ✓ Parámetro 1: Conectividad del Foreground, el cual mide la conectividad de los píxeles, ya sea tanto por los lados como por las esquinas o solamente por los lados (conectividad 8 o 4)
- ✓ Parámetro 2: Grosor del borde, define el ancho o grosor de las clases no principales en píxeles. La distancia real corresponde al número de píxeles del borde multiplicado por la resolución de píxeles de los datos. La distancia utilizada en MSPA corresponde al radio de un disco euclidiano (1, 2, 3, 4, ...).
- ✓ Parámetro 3: Transición, los píxeles de transición son píxeles de bucle o puente que atraviesan un borde o una perforación para conectarse al área central (0 o 1).
- ✓ Parámetro 4: Intext, El parámetro Intext permite separar las características internas de las externas, donde las características internas se definen como encerradas por una perforación. Los valores de píxeles de las funciones internas se compensan en 100 bytes.

De esta manera se espera que la herramienta asigne cada píxel de Foreground a una de las clases de entidades geométricas mutuamente excluyentes. Este principio implica que, en primer lugar, la cobertura espacial del Foreground inicial y las clases MSPA resultantes es idéntica y, en segundo lugar, MSPA es una verdadera segmentación matemática debido a la asignación en clases mutuamente excluyentes que comprenden el área de primer plano.

**Figura 2-20 Patrones de resultados usando la herramienta MSPA para el análisis de conectividad estructural en el AI del proyecto.**



Fuente: European Commission, User Guide of GidocsToolbox (GTB), 2023

### 2.3.1.2.3 Caracterización de especies vasculares y no vasculares de hábito epífita, terrestre y/o rupícola

A continuación, se describen las actividades que se realizarán para la caracterización florística de las especies vasculares (Bromelias, Orquídeas y otros tipos de vegetación) y no vasculares (Briofitos: musgos, hepáticas y antoceros) y líquenes de hábito epífita, terrestre y rupícola para el proyecto.

#### 2.3.1.2.3.1 Fase Precampo

En esta etapa se realizó una revisión de información secundaria sobre las posibles especies que se podrían encontrar en el área de estudio, la normativa ambiental aplicable y la evaluación de las coberturas de la tierra presentes, ecosistemas y zonas de vida. Esto con la finalidad de determinar la intensidad del muestreo y los posibles puntos a visitar en la salida de campo.

**Tabla 2-42 Fuentes de información secundaria especies vasculares y no vasculares de hábito epífita, terrestre y/o rupícola**

LITERATURA CONSULTADA	DESCRIPCIÓN
Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia. SIB Colombia. <a href="http://www.sibcolombia.net/">http://www.sibcolombia.net/</a>	Identificación de especies potencialmente presentes en el área de estudio.
Catálogo de líquenes y plantas de Colombia. <a href="http://ciencias.bogota.unal.edu.co/icn/catalogo-de-plantas-y-liquenes-de-colombia/">http://ciencias.bogota.unal.edu.co/icn/catalogo-de-plantas-y-liquenes-de-colombia/</a>	Verificación de origen y distribución de las especies
Resolución 1912 del 2017, Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en	Verificación de especies identificadas en el estudio en alguna categoría de amenaza a nivel nacional.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

LITERATURA CONSULTADA	DESCRIPCIÓN
el territorio nacional y se toman otras determinaciones	
Universidad Nacional De Colombia. Herbario Nacional Colombiano [en línea]. [Bogotá, Colombia]: 2010. Disponible en internet: <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/>	Determinación de especies vegetales
Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p. (IDEAM, 2010).	Identificación de unidades de cobertura vegetal y uso del suelo para Colombia
Libro Rojo de Briófitas de Colombia (Linares & Uribe 2002).	Verificación de especies con alguna categoría de amenaza, además de la información sobre las especies.
Libro rojo de plantas de Colombia Vol 2. (Calderón E; et al, 2005)	Verificación de especies con alguna categoría de amenaza, además de la información sobre las especies.
Colombia Diversidad Biótica VI. Riqueza y Diversidad de los musgos y líquenes en Colombia (Rangel-Ch. 2008).	Diversidad de especies por regiones geográficas
Metodología general para la elaboración y presentación de Estudios ambientales (MADS et al.,2018)	Métodos de muestreo

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Esta caracterización permite contar con información acerca de la flora y líquenes en veda acorde a la Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), correspondiente a Orquídeas, Bromelias, Musgos, Hepáticas, y Líquenes de hábitos epífitos y terrestres. En la Tabla 2-29 se describe la normatividad vigente.

### **Ecuación 2-29 Normatividad aplicable a especies vasculares y no vasculares de hábito epífita, terrestre y/o rupícola**

Norma	Especies	Objeto	Tipo de veda
Resolución 0213 de 1977 (INDERENA)	Musgos, líquenes, lamas, parásitas, quiches y orquídeas, así como lama, capote y broza y demás especies y productos herbáceos o leñosos como arbolitos, cortezas y ramajes que constituyen parte de los hábitats de tales especies.	Veda en todo el territorio nacional el aprovechamiento, transporte y comercialización de las especies, y las declaradas como plantas y productos protegidos	Veda Nacional

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

#### 2.3.1.2.3.1.1 Selección de áreas de muestreo

El levantamiento de información se realizó por parte de una comisión que contó con un profesional con experiencia en la caracterización e identificación de estas especies en veda y en otros tipos de vegetación y un auxiliar de campo (conocedores de la zona).

Inicialmente, con la ayuda del mapa de ecosistemas y el área de intervención del proyecto, se identificaron los ecosistemas con las coberturas de la tierra con presencia de vegetación (Humedales y zonas pantanosas, Pastos arbolados, Pastos limpios, Tierras desnudas y degradadas, Mosaico de pastos con espacios naturales), y otras coberturas antropizadas, para determinar los recorridos a realizar en campo, la comisión se encargó de realizar los levantamientos necesarios para la caracterización en cada una de estas coberturas.

Para identificar las especies epífitas presentes en cada una de las coberturas de la tierra en el área de intervención, se planteó que a partir del porcentaje potencial de área que tiene presencia de vegetación arbórea (con base a lo especificado en la metodología coberturas de la tierra Corine Land Cover adaptada para Colombia) y que por ende, el área que potencialmente se hallarán los árboles hospederos (forófitos) según el instrumentos ambiental Cálculo de representatividad del muestreo de especies en veda nacional indicadas en la Resolución 0213 de 1977 INDERENA, para proyectos con área de intervención definida (ANLA, 2022), se realizó la determinación de la cantidad de área a evaluar y el muestreo mínimo requerido como se muestra en la Tabla 2-43.

**Tabla 2-43 Relación de unidades de muestreo para cada cobertura de la tierra**

Área	Cobertura	Área	Cantidad de Forófitos	Cantidad de Parcelas Terrestres
Área de intervención	112 tejido urbano discontinuo	0.01	5	8
	121 zonas industriales o comerciales	21.88	0	0
	141 zonas verdes urbanas	3.26	0	0
	211 otros cultivos transitorios	0.04	0	0
	221 cultivos permanentes herbáceos	0	0	0
	232 pastos arbolados	33.61	110	15
	244 mosaico de pastos con espacios naturales	0.07	5	10
	333 tierras desnudas y degradadas	0.27	5	10
	411 zonas pantanosas	1.19	0	12
Área de influencia	311 Bosque denso	0.89	8	10
Total			133	65

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Para la cobertura de Bosque denso en el área de influencia Nse sugiere visitar el parche de vegetación para implementar la metodología (RRED-Analysis por sus siglas en inglés) propuesto por Gradstein et.al., (2003), esto quiere decir, que la intensidad de muestreo será de ocho (8) forófitos por hectárea. Para contar con información de esta cobertura.

- Los puntos de muestreo para epífitas vasculares y no vasculares corresponden a: Los forófitos (árboles hospederos) con mayor diversidad de especies epífitas

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



vasculares y no vasculares en el área de intervención, identificados con el ID de aprovechamiento forestal seguido del consecutivo numérico (1...)

- Los puntos de muestreo para especies terrestres y/o rupícolas corresponden a: Parcela de muestreo de especies vasculares y no vasculares terrestres y/o rupícolas, identificadas con la letra T seguido del consecutivo numérico, se realizaron mínimo seis (6) parcelas por cobertura.

### 2.3.1.2.3.2 Fase Campo

Para conocer la composición las especies de flora de otros tipos de vegetación (lianas, enredaderas, helechos, entre otros) y de bromelias y orquídeas (veda nacional) y sus relaciones ecosistémicas en el área de intervención, se revisaron los hábitos epífitos, terrestres y/o rupícolas en las diferentes coberturas. Adicionalmente, en campo se tomaron registros fotográficos detallados de las coberturas, de las unidades muestréales y de las especies encontradas, para lo cual se usaron cámaras fotográficas semiprofesionales. Las colectas del material vegetal se realizaron bajo el Permiso de Estudio para la recolección de especímenes de especies de la diversidad según la Resolución 02624 de 2022.

El esfuerzo de muestreo se enfocó en realizar un muestreo representativo de las coberturas vegetales que se presentan en las áreas de intervención. Se realizó el diligenciamiento del MAG y mapas con la respectiva ubicación de las unidades de muestreo.

Se realizó una caracterización de especies vasculares y no vasculares de hábito epífito, terrestre y/o rupícola, entre otras categorías de vegetación, para conocer la diversidad de la flora en el área de proyecto y registrar especies en veda según la Resolución 0213 de 1977 emitida por el INDERENA sujetas a aprovechamiento y amenazadas a nivel nacional según la Resolución 1912 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible– MADS.

Se realizó teniendo como referencia el Protocolo para un Análisis Rápido y Representativo de la Diversidad de Epífitas (RRED - Analysis por sus siglas en inglés) propuesto por Gradstein et.al (2003), en el cual el muestreo se realiza sobre ocho (8) forófitos maduros.

Para la caracterización se escogieron dentro del área de intervención, forófitos que cumplieran con las siguientes condiciones:

- Árboles que tuvieran una buena representatividad en cuanto a la abundancia de epífitas.
- Sus coronas (dosel) no deben estar superpuestas, por lo tanto, debe existir una distancia de 12 m como mínimo entre ellos.
- Los árboles en su mayoría deben tener cortezas rugosas.
- Los árboles debían contar en lo posible con una DAP >10 cm

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Se utilizó un dispositivo GPS para realizar la toma de las coordenadas correspondientes a la localización de cada uno de los forófitos en el sistema MAGNA-SIRGAS origen nacional, y se consignó el código correspondiente al consecutivo numérico en campo; el levantamiento de campo fue desarrollado del 5 al 16 de diciembre de 2022.

### *2.3.1.2.3.2.1 Epifitas Vasculares*

El método de caracterización consiste en realizar una exploración visual directa con la ayuda de binoculares y cámaras semiprofesionales con un zoom mayor a 30X. Se explorará desde la base de cada árbol hasta el dosel exterior, se identificaron las especies de epifitas vasculares presentes y se contó el número de sus individuos; en el caso de las especies gregarias (e.g. *Tillandsia recurvata*), se contaron las agrupaciones de individuos o ramets. La información del nombre de la especie, el número de individuos contados o estimados y su distribución vertical, se incluyó en el respectivo formato de campo para la caracterización de epifitas. En cada forófito se buscó hacer la observación en todo el perímetro de este, en el caso de no tenerse visibilidad de las porciones altas del árbol se buscó un lugar de observación más apropiado.

### *2.3.1.2.3.2.2 Epifitas no vasculares*

Se tomará la cobertura de briófitos y líquenes con una plantilla en acetato transparente de 20 x 30 cm con cuadrículas de 1cm<sup>2</sup> (Total: 2400 cm<sup>2</sup>) (Modificado de Iwatzuki, 1960; Wolf, 1993), y se realizará un levantamiento por estrato base y tronco del árbol. Como se mencionó anteriormente, fueron seleccionados los árboles con mayor diversidad o presencia de especies no vasculares, se registraron todas las morfoespecies presentes mediante una exploración visual directa o con la ayuda de una lupa (30X), y se tomó su respectiva fotografía.

### *2.3.1.2.3.2.3 Especies vasculares y no vasculares de hábitos rupícolas y terrestres*

La caracterización de especies vasculares y no vasculares de hábitos rupícolas y terrestres se realizó mediante parcelas de 4 x 2 m (Gentry, 1982), con un mínimo de seis (6) parcelas para cada cobertura vegetal del área de intervención según la metodología general para la elaboración y presentación de Estudios ambientales (MADS - ANLA et al., 2018).

Dentro de cada una de las parcelas de 4m x 2m, se realizó el conteo al 100 % de individuos vasculares (Bromelias y Orquídeas) dentro del cuadrante.

Para la identificación de especies no vasculares (briofitos y líquenes), dentro de cada una de las parcelas de 4m x 2m, se realizó el registro de las coberturas de las especies halladas mediante el uso de cuatro (4) cuadrículas en acetato de 40 x 40 cm (Total: 1600 cm<sup>2</sup>)

Colecta, prensado y secado del material colectado de especies vasculares epifitas, rupícolas y terrestres

- **Colecta:** se tomaron muestras con secciones preferiblemente fértiles de tal manera que ocupe una hoja de papel periódico. Preferiblemente estas plantas se colectaron con una parte del rizoma, tallo, hojas y sus estructuras reproductivas (inflorescencia e infrutescencia). A cada muestra se le realizó el respectivo registro fotográfico.
- **Prensado:** cada muestra colectada se colocó en hojas de papel periódico de formato 112 cm x 30 cm doblado por la mitad, dejando ver tanto el envés como el haz y las estructuras reproductivas en el primer plano de la muestra, en el caso de las orquídeas los frutos y flores son separados de la muestra para protegerlos. Cada muestra es marcada con el número del proyecto, la letra de comisión y el código de colección.
- **Alcoholizado:** una vez se organizaron las muestras, se agregó alcohol al 75% y se selló la bolsa, preparándolas para su embalaje y transporte de acuerdo con manuales convencionales de herbario (UDBC, 2017).
- **Embalaje y transporte:** las muestras se dispusieron y organizaron en una caja. Este material fue enviado a oficina de acuerdo con el formato de rótulo para envío de muestras botánicas, para ser entregado posteriormente a un herbario certificado donde se realiza el secado de material vegetal.

Colecta, transporte y preservación de especies no vasculares epifitas, rupícolas y terrestres:

- **Colecta:** posterior a la observación del ejemplar con una lupa de mano (30X), se retiró de la corteza del árbol una muestra del tamaño de la palma de la mano procurando no maltratar el ejemplar o sus estructuras reproductivas. Cada muestra se dispuso en bolsas de papel de estraza o Kraft de una libra, marcadas con el número del punto de muestreo, el número de forófito, fecha de colecta y número de colección, para lo cual se utilizó un lápiz o un marcador a prueba de agua (Churchill & Linares, 1995; Delgadillo, 1986). Paralelo a este proceso se realizó el registro de datos en la libreta de campo, y se consignó la información relacionada con localización geográfica, fecha, tipo de cobertura vegetal, colector y el número de colección; características ecológicas por organismo de Musgos, Hepáticas y Líquenes, tales como, formas de crecimiento, abundancia y estrato en el forófito, información relevante que se utiliza en el proceso de determinación taxonómica en el laboratorio.
- **Preservación:** las muestras colectadas en las bolsas de estraza o Kraft en el día fueron depositadas en bolsas plásticas resellables para ser transportadas en una malla o bolsa de fique, mientras se terminaban las labores de campo. Como el periodo de la salida de campo duró varios días, se revisó constantemente el estado de las muestras y así evitar que se contaminen, las bolsas de papel fueron abiertas y se expusieron al ambiente en un lugar seco y seguro para lograr un secado temporal, luego, se guardaron nuevamente en las bolsas plásticas resellables para el embalaje final.

- **Movilización:** las muestras secadas al ambiente y dispuestas en las bolsas de papel de estraza o Kraft, se depositaron en bolsas resellables o de cierre fácil y fueron organizadas en cajas de cartón debidamente selladas y etiquetadas para ser enviadas a las instalaciones de la empresa mediante una entidad de mensajería, o directamente a un herbario certificado donde finalmente se llevó a cabo el proceso de secado. Estas muestras se acompañaron de la guía de custodia y una copia del Permiso de Estudio para la recolección de especímenes de especies de la diversidad.

#### 2.3.1.2.3.3 Fase Post-campo

##### 2.3.1.2.3.3.1 Curaduría e identificación de muestras

Una vez las muestras fueron recibidas en las oficinas de Bogotá, se diligenció el Formato de cadena de custodia y se envió a un herbario para su secado:

- **Secado de especies vasculares:** las muestras fueron entregadas a un herbario certificado en el cual se procesaron de acuerdo con los protocolos establecidos por dicho herbario y en los cuales se garantizó el manejo adecuado de las muestras botánicas.
- **Secado de especies no vasculares:** para eliminar completamente la humedad de las muestras, estas se llevaron al horno de secado de flujo de aire por 5 (cinco días) o a horno de secado convencional. Luego, los ejemplares fueron organizados de acuerdo con las Normas Internacionales de Colecciones Biológicas en sobres de papel blanco de 75 g con su ficha correspondiente y etiqueta para su posterior determinación taxonómica.

Posteriormente, se realizó el procedimiento de identificación de muestras botánicas por parte de profesionales especializados para cada grupo taxonómico. Esta colección se dispuso a revisión y evaluación del curador del Herbario Tropical, quién definió finalmente la aceptación de muestras para depósito en las colecciones de esta entidad.

##### 2.3.1.2.3.3.2 Análisis de la información

Se utilizaron las bases de datos realizadas partir del trabajo en campo en archivos con formato de Microsoft Excel con el listado de especies y su correspondiente abundancia por cada unidad de muestreo.

Para la riqueza y composición de especies se caracterizó la vegetación vascular y no vascular para cada uno de los hábitos (epífitas y terrestres y/o rupícolas) presentes en el área de intervención, analizando, el número de familias, géneros, y especies, así como su riqueza y número de individuos. Para el caso de las especies no vasculares se analizó presencia/ausencia, así como la frecuencia sobre las unidades de muestreo.

La caracterización de los especímenes en veda registrados en las parcelas y en los forófitos se determinó mediante la evaluación de las especies encontradas vs las coberturas que se encuentran en el área de intervención.

Para determinar presencia y frecuencia de especies se utilizó un método cualitativo propuesto por Rangel & Velásquez (1997), en donde se calcula el valor de presencia para cada especie:

### *Ecuación 2-30 Presencia para cada especie*

$$\text{Presencia para cada especie} = (n_i / N)$$

Donde

- Ni: Número de transeptos o unidades de muestreo en que se encontró a una especie determinada
- N: número total de transeptos realizados en todo el muestreo.

Este resultado puede expresarse en forma de porcentaje y agruparse en las siguientes clases:

- I (0 – 20%)
- II (21 – 40%)
- III (41 – 60%)
- IV (61 – 80%)
- V (81 – 100%)

Se ordenó luego las especies en orden decreciente de mayor a menor presencia. Con esta tabla que se llamará general o no elaborada, se comienzan a detectar tendencias de agrupamientos. Para definir los grupos de levantamientos se trabajó con las especies con presencia entre 20% y 70%, las especies con grado de presencia superior a 70% e inferior a 20% no se tuvieron en cuenta, debido a que son constantes y esporádicas (raras) y sesgan las relaciones de similitud.

- Índices de diversidad

Las estimaciones de la diversidad se realizarán con paquetes estadísticos (PAST®, Estimates®, entre otros) con los cuales fueron calculados los índices de dominancia de Simpson y de equidad de Shannon, para la diversidad Alfa ( $\alpha$ ). En cuanto a la estimación de la diversidad beta ( $\beta$ ), se usará el índice de Jaccard.

- Representatividad del muestreo

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

La curva de acumulación de especies es el número de especies acumuladas a lo largo de una medida de esfuerzo de muestreo. Cuanto mayor sea el esfuerzo de muestreo, mayor será el número de especies colectadas. Las curvas de acumulación de especies permiten:

1. Dar fiabilidad a los inventarios biológicos y posibilitar su comparación;
2. Una mejor planificación del trabajo de muestreo, tras estimar el esfuerzo requerido para conseguir inventarios fiables;
3. Extrapolar el número de especies observado en un inventario para estimar el número total de especies que estarían presentes en una zona.

Para la elaboración de la curva de acumulación de especies, en el presente estudio fueron utilizados los programas EstimateS 9.1.0 y Microsoft Excel.

Se utilizaron métodos no paramétricos, los cuales son utilizados cuando no se asume una distribución estadística conocida a ningún modelo determinado. Estos se emplean generalmente cuando no se tienen datos del número de individuos, ya que no hay manera de conocer cómo se comporta la distribución de individuos por especie. (Villareal et. Al. 2004) y se emplearon los siguientes:

**Tabla 2-44 Métodos no paramétricos**

Método	Descripción
Riqueza específica (S)	Es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad.
Estimador Chao 1	Es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra, S es el número de especies en una muestra, a es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra y b es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra. (doubletons). $Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$
Estimador Chao 2	Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que solo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras) $Chao_2 = S + \frac{L^2}{2M}$ Dónde: L = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies "únicas") M = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras.
Estimador Bootstrap	Estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen a cada especie. Este estimador de la riqueza de especies se basa en la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie j.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Método	Descripción
	$Bootstrap = S + \sum (1 - p_j)^n$

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Los resultados de los análisis y demás soportes del componente se encuentran disponibles en el Anexo 8 Epifitas.

### 2.3.1.2.3.3.3 Catálogo ilustrado de especies

Este catálogo hace diferenciación entre especies vasculares (bromelias y orquídeas) y no vasculares (musgos, hepáticas y líquenes), con el registro fotográfico de las especies en veda encontradas en el área de intervención.

### 2.3.1.2.3.3.4 Caracterización de especies con algún grado de amenaza

Se realizó una revisión en los diferentes listados internacionales como nacionales que indican algún grado de amenaza para las diferentes especies encontradas en el estudio. En los apéndices CITES (Convención sobre el comercio internacional de especies de flora y fauna silvestres) se encuentran las listas de especies que ofrecen diferentes niveles y tipos de protección ante la explotación excesiva, los listados rojos de la UICN (Unión internacional para la conservación de la naturaleza) de especies amenazadas, la Resolución 1912 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible donde declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional.

### 2.3.1.2.4 Fauna Silvestre

Para lograr la identificación y descripción de las particularidades de cada elemento, en este caso del componente biótico (Fauna Silvestre), se propone el desarrollo de una serie de procesos y actividades a desarrollarse antes, durante y después del trabajo de campo según se requiera.

Para el planteamiento de las metodologías se tendrán en cuenta los siguientes documentos estatales e institucionales, que no solamente sirven de marco conceptual, sino también de marco normativo:

Términos de Referencia para la elaboración de estudios de Impacto Ambiental (EIA), del proyecto denominado "Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5". En este documento se establecen los lineamientos básicos para la elaboración de los estudios de impacto ambiental para proyectos de construcción lineales de infraestructura de transporte (vías, carreteras y líneas férreas, incluyendo túneles), en particular del capítulo de la Línea Base para el componente fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos).

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Metodología General para la elaboración y presentación de Estudios Ambientales (MADS 2018), establece las metodologías de campo para el muestreo de la herpetofauna, aves y mamíferos. Igualmente, establece algunos aspectos importantes para desarrollar el documento de Línea Base, entre los que sobresalen:

Para la caracterización del componente fauna, es necesario partir de la revisión de información existente (información secundaria), sobre la fauna potencial para el ámbito regional en la zona o área de influencia del proyecto.

Los resultados obtenidos mediante revisión de información secundaria se deben verificar a través de muestreos directos de campo, en algunos casos, colecta de especímenes, observaciones directas y observaciones indirectas (rastros, huellas, cantos, heces) los cuales pueden ser complementados con entrevistas a los habitantes locales.

Para que la información sea válida, se hace necesaria la utilización de métodos desarrollados por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) y el Instituto de Investigaciones Marinas que garanticen la representatividad de la fauna en el área donde se desarrolla el muestreo.

### 2.3.1.2.4.1 Fase Pre - Campo

#### 2.3.1.2.4.1.1 Revisión y Recopilación de Información Secundaria

Dentro de esta etapa, se elaboraron los listados de especies de la fauna silvestre de posible ocurrencia en el área de influencia, para ello se revisó información secundaria como: Guías de campo, listados taxonómicos, estudios ambientales en particular de áreas cercanas al área de influencia del proyecto. Como complemento a lo anterior, se revisaron bases de datos especializadas [online] teniendo en cuenta los registros históricos regionales para la sabana de Bogotá y sus alrededores, en un rango altitudinal entre los 2000 a 3000 msnm y rango geográfico con hábitats correspondiente a las coberturas de la tierra muestreadas como lo son: Zonas pantanosas (Zpn), Bosque denso (Bd), Pastos limpios, arbolados, enmalezados (P). Zonas industriales y comerciales (Zin). Este ítem en el capítulo tiene como finalidad establecer las especies de potencial presencia en el área de estudio, las metodologías a utilizar en la fase de campo, el esfuerzo de muestreo necesario para cada grupo faunístico y las técnicas de captura a utilizar.

Partiendo de lo anterior, para la determinación y actualización taxonómica de los diferentes grupos de fauna silvestre se tuvo en cuenta los siguientes aspectos: Para el grupo de la Herpetofauna (anfibios y reptiles), se toman como referencia los artículos y documentos de: Acosta-Galvis (2000), Frost, Darrel R. 2017 y AmphibiaWeb (2017); en Reptiles Sánchez-C et al. (1995), Páez et al. (2012), Morales-Betancourt et al. (2013) y Uetz, P., Freed, P. & Jirí Hošek (2017) (Tabla 2-32).

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



En cuanto a la Avifauna, para la elaboración del listado de especies potenciales se consultaron las siguientes referencias bibliográficas: McMullan & Donegan 2014; Quiñones Fernando (2019), Aves de la Sabana de Bogotá – Guía de Campo Asociación Bogotána de Ornitología (ABO), Aves de los Humedales de Bogotá (Fundación Humedales de Bogotá) y Neotropical Birds 2017.

En el caso de los mamíferos terrestres y voladores se consultaron las publicaciones de Solari et al. (2013) Cuartas-Calle & Muñoz-Arango (2003), Defler (2010), Emmons (1997), Morales-Jiménez et al. (2004), Muñoz-Arango (2001), Wilson & Reeder (2005) y la base de datos [online] de la Colección del Instituto de ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN-UN, 2016) y del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia-SIB (2020).

La información de las especies de fauna silvestre con algún grado de amenaza a nivel nacional, para todos los grupos se basó en la resolución 1912 de 2017 (MADS 2017), apoyándose en la información de los Libros Rojos de: anfibios de Colombia (Rueda-Almonacid 2004), reptiles de Colombia (Morales–Betancourt et al. 2015), mamíferos de Colombia (Rodríguez-Mahecha et al. 2006) y aves de Colombia (Renjifo et al. 2016), además de los listados de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES 2021), <https://www.cites.org/eng/app/appendices.php>, y para el ámbito global se consultó la UICN (2022) <http://www.iucnredlist.org>; además de los nombres científicos de las especies, las listas se complementan con los nombres comunes, el estado de conservación, los gremios tróficos, el tipo de cobertura de la tierra a la que está asociada y sus datos de la localidad.

Con respecto a las vedas, algunas especies de fauna silvestre han sido utilizadas para el comercio, debido a la presión por caza, tenencia y/o posesión de estas esto ha ocasionado que algunas de sus poblaciones disminuyan o declinen a través del tiempo. Estas especies serán definidas por las resoluciones expedidas por el INDERENA actualmente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) (ver Tabla 2-45)

Para las especies migratorias estas fueron definidas de acuerdo con el Plan Nacional de Especies Migratorias (Naranjo & Amaya-Espinel 2009)), el Plan para la Conservación de las Aves Migratorias en Colombia (Fundación ProAves, 2009) y Biología y Conservación de las Tortugas Continentales de Colombia (Páez, 2012).

**Tabla 2-45 Listado de fuentes para recopilación de información secundaria de fauna**

ESTUDIOS PREVIOS
Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."
LIBROS ARTÍCULOS CIENTÍFICOS Y BASES DE DATOS ESPECIALIZADAS
AVES
Aves de la Sabana de Bogotá (ABO 2000)
Aves de Colombia. (Hilty S., & W. Brown. 2001)
Ecological and distributional databases for Neotropical birds. (Parker et al., 2010)

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Lista de chequeo de las aves de Colombia. Sociedad Antioqueña de Ornitología. (Remsen et al., 2010)
Field guide to the birds of Colombia. (McMullan et al., 2014)
Lista de chequeo de las aves de Colombia: Una síntesis del estado del conocimiento desde Hilty & Brown (Enrique Avendaño et al., 2017)
Libro rojo de Aves de Colombia. (Rengifo et al., 2013 - 2016)
Guía ilustrada de la Avifauna Colombiana segunda edición - Quiñones, F. A. (2019).
Aves del norte de Sudamérica: una guía de identificación: Lentino, M., Restall, R. y Rodner, C. (2020).
<b>MAMIFEROS</b>
Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. (Alberico et al. 2000).
Manual de huellas de algunos mamíferos terrestres de Colombia. (Navarro, J.F y J. Muñoz, 2000).
Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología, A.C. México. (Aranda, 2000).
Los murciélagos de Colombia: Sistemática, distribución, descripción, historia natural y ecología. (Muñoz A.J., 2001)
Primates de Colombia (Conservación Internacional Colombia, 2003).
Mamíferos Terrestres y Voladores de Colombia, Guía de Campo. (Morales et al. 2004).
Inventario de mamíferos en un bosque de los andes centrales de Colombia. (Sánchez et al. 2004).
<b>REPTILES Y ANFIBIOS</b>
Diversidad de los reptiles en Colombia (Sánchez et al. 1995)
Listado Nacional de Anfibios de Colombia. Acosta 2000
Anfibios y Reptiles de los Bosques de la Aguadita Región del Salto del Tequendama Rueda et al 2009
Inventario de Fauna Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá Rodríguez et al CAR 2009
Fauna de Anfibios y Reptiles Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes (DAMA-Corporación Sunahisca 2003)
<b>BASES DE DATOS</b>
Fundación Humedales de Bogotá 2023) Aves de los humedales - <a href="https://colombia.inaturalist.org/guides/11792?page=1">https://colombia.inaturalist.org/guides/11792?page=1</a>
Colecciones en Línea Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia <a href="http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/">http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/</a>
Sistema de información sobre Biodiversidad <a href="http://www.humboldt.org.co/iavh/component/k2/item/118-sistema-de-informaci%C3%B3n-sobre-biodiversidad-sib">http://www.humboldt.org.co/iavh/component/k2/item/118-sistema-de-informaci%C3%B3n-sobre-biodiversidad-sib</a>
UICN SSC Amphibian Specialist Group <a href="https://www.iucn-amphibians.org/">https://www.iucn-amphibians.org/</a>
Lista de los anfibios de Colombia V.10.2020 <a href="https://www.batrachia.com/">https://www.batrachia.com/</a>
<b>OTRAS REFERENCIAS</b>
Plan Nacional de Especies Migratorias (WWF – Dirección de Ecosistemas 2009)
Plan para la conservación de las aves migratorias en Colombia. ProAves, F. (2009)
Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia. Páez, V. P et al (2012)

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

**Tabla 2-46 Resolución de veda a nivel nacional y regional**

Grupo Fauna	RESOLUCIONES DE VEDA NACIONAL O REGIONAL	
REPTILES	No. 219 de 1964	Por la cual se establecen unas vedas de caza
	Nº. 849 de 1973	Por el cual se veda la caza comercial de Saínos, Cafuches, boas, anacondas y aves en todo el país
	No. 787 de 1977	Por la cual se veda la caza deportiva de mamíferos, aves y reptiles de la fauna silvestre
AVES	Resolución 383 de 2001	Declarar como "especies amenazadas" en el territorio Todas las especies mencionadas en el libro rojo de aves (2002)
	Nº. 397 de 1978	Por la cual se prohíbe el ejercicio de la caza deportiva de mamíferos aves y reptiles de la fauna silvestre

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

MAMÍFEROS	Nº. 174 de 1970	Por el cual se establece la veda de la caza de algunas especies de la fauna silvestre
	Nº. 574 de 1969	Por el cual se establece la veda de la caza de algunas especies de la fauna silvestre
	Nº. 848 de 1973	Por medio de la cual se veda la caza de mamíferos silvestres del Orden Carnívora

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

### 2.3.1.2.4.2 Fase de Campo

#### 2.3.1.2.4.2.1 Levantamiento de Información Primaria

Esta fase consiste en la compilación de información primaria para la caracterización de los cuatro grupos de fauna silvestre anfibios, reptiles, aves y mamíferos, en el área de influencia del proyecto; los muestreos fueron realizados durante un periodo de tiempo de 5 días efectivos, iniciando en el martes 20 de diciembre y finalizando el 27 del mismo mes del año 2022. Para ello se implementaron las metodologías de rastreo como lo son: recorridos de búsqueda libre, instalación de redes de niebla, trampas para pequeños y medianos mamíferos y cámaras trampa. Para el efectivo muestreo las estaciones o muestras fueron ubicadas teniendo en cuenta las unidades de cobertura de la tierra.

El diagrama metodológico empleado en la etapa de caracterización de la fauna silvestre (información primaria de los grupos de anfibios, reptiles, aves y mamíferos), se ilustra en la (Figura 2-21).

Figura 2-21 Esquema metodológico para caracterización del componente Fauna



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Las técnicas de inventario, unidades y esfuerzos de muestreo están acordes a aquellas aprobadas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), además de la resolución expedida por la misma entidad por la cual se otorga el permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales otorgada mediante la resolución 02624 del 2 de noviembre del año 2022 a la Consultora. Además de los términos de referencia que rigen el presente estudio como lo es la metodología general para la Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) 2018, y lo establecido por el Instituto Alexander Von Humboldt para inventarios biológicos (Villarreal et al, 2006), los cuales se describen a continuación:

#### 2.3.1.2.4.2 Sitios de Muestreo

Los muestreos se realizaron bajo el concepto de "Evaluación Ecológica Rápida – EER", implementando recorridos de búsqueda libre aleatoria diurna e instalación de equipos de muestreo; actividades que se proyectaron sobre las unidades de cobertura de la tierra de mayor interés para la fauna silvestre y las cuales fueron agrupadas para su mejor análisis.

**Tabla 2-47 Coberturas de la tierra definidas para el estudio de la Fauna Silvestre en el área de influencia del proyecto**

Código	Tipo de cobertura	Tipo de Hábitat para fauna	Código
1.2.1	Zonas industriales o comerciales	Zona industrial	Zic
1.2.2	Red vial - ferroviaria y terrenos asociados	Red vial y ferroviaria	Rvf
2.3.1	Pastos limpios	Pastos	P
2.3.2	Pastos arbolados		
2.3.3	Pastos enmalezados		
3.1.1	Bosque denso	Bosque	B
3.3.3	Tierras desnudas y degradadas	Tierras desnudas	Tdd
4.1.1	Humedales y Zonas pantanosas	Humedales	Zpn
5.1.2	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales		
5.1.3	Canales	Canales	Cn

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

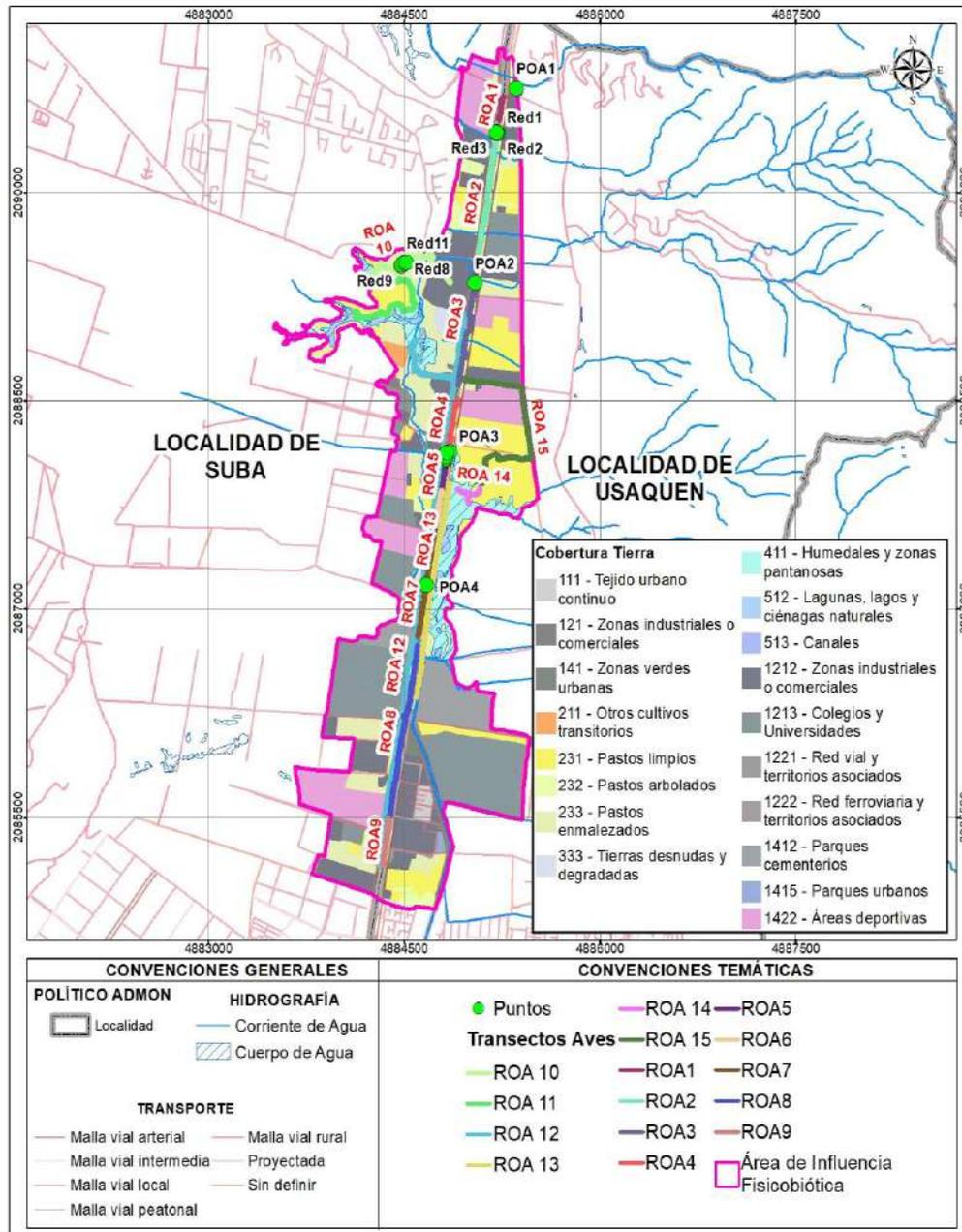
#### 2.3.1.2.4.2.3 Aves

##### 2.3.1.2.4.2.3.1 Técnicas de Muestreo

La caracterización de la avifauna en el área de influencia del proyecto se llevó a cabo mediante el uso de métodos de evaluación ecológica rápida en las diferentes coberturas de la tierra aplicando las siguientes técnicas: capturas con redes de niebla, registros visuales en recorridos y reconocimiento de llamados reclamos y/o vocalizaciones, así como registro fotográfico. Los recorridos realizados y las estaciones de muestro son presentados en la (Figura 2-22).

# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

**Figura 2-22 Localización de los puntos y recorridos de observación para el muestreo y la caracterización de Avifauna en el área de estudio del EIA**



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

## 2.3.1.2.4.2.3.2 Recorridos de Observación

Se realizaron recorridos de largo y ancho variable, en los que se registraron de manera visual y auditiva los individuos presentes en las coberturas de la tierra definidas y mencionadas con anterioridad en la (Tabla 2-34); se empleó para las observaciones directas binoculares

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto “Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5.”

“Nikon” 10x42 y para el registro fotográfico se usó la referencia de cámara; Canon PowerShot SX30 (Ver Fotografía 2-4 y Fotografía 2-5).

Para cada avistamiento realizado en los recorridos de observación se anotaron los siguientes datos: cobertura de la tierra donde fue registrada la especie y el número de individuos por especie. Los recorridos fueron realizados en horas de la mañana y durante la tarde, entre las 6:00 am a las 9:00 am y entre las 12:00 y las 15:00 respectivamente; el esfuerzo de muestreo para los recorridos de observación se calculó mediante la sumatoria del número de horas y metros empleados en los recorridos.

### *Fotografía 2-10 Avistamiento y reconocimiento de cantos de las aves en el área de influencia del proyecto*



### *Fotografía 2-11 Observación y reconocimiento de cantos de las aves en el área de influencia del proyecto*



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

En total se realizaron 15 recorridos de ancho fijo variable a lo largo de las diferentes coberturas de la tierra, identificando cantos y observando mediante binoculares la avifauna asociada a las diferentes coberturas presentes dentro del área de influencia del EIA (Tabla 2-48).

**Tabla 2-48 Coordenadas de los recorridos de observación para el registro de Avifauna en el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental EIA.**

Identificador ID	Sitios de muestreo	Coordenadas Origen único Nacional	
		Inicio	Final
		Este - Norte	Este - Norte
ROA1	Recorrido Observación Aves 1	4885264 2090691	4885225 2090535
ROA2	Recorrido Observación Aves 2	4885217 2090448	4885090 2089701
ROA3	Recorrido Observación Aves 3	4885059 2089519	4884916 2088615
ROA4	Recorrido Observación Aves 4	4884914 2088513	4884860 2088157
ROA5	Recorrido Observación Aves 5	4884834 2088121	4884789 2087855
ROA6	Recorrido Observación Aves 6	4884785 2087849	4884748 2087620

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Identificador ID	Sitios de muestreo	Coordenadas Origen único Nacional	
		Inicio	Final
		Este - Norte	Este - Norte
ROA7	Recorrido Observación Aves 7	4884729 2087525	4884603 2086803
ROA8	Recorrido Observación Aves 8	4884606 2086738	4884391 2085508
ROA9	Recorrido Observación Aves 9	4884383 2085490	4884351 2085170
ROA10	Recorrido Observación Aves 10	4884853 2089357	4884414 2089415
ROA11	Recorrido Observación Aves 11	4884413 2089373	4884126 2089111
ROA12	Recorrido Observación Aves 12	4884961 2089127	4884293 2085165
ROA13	Recorrido Observación Aves 13	4884592 2086362	4884852 2087904
ROA14	Recorrido Observación Aves 14	4884912 2087863	4885082 2087851
ROA15	Recorrido Observación Aves 15	4885099 2087910	4884934 2088661

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

### 2.3.1.2.4.2.3.3 Captura de individuos con redes niebla

Para la captura de la avifauna se utilizaron 11 redes de niebla cada una de 10 metros de largo por 2,5 metros de alto; En total se instalaron 120 metros de red de niebla con ojo de malla de 30x30 mm en 3 estaciones de muestreo; las redes de niebla se instalaron durante un (1) día por cada cobertura de interés muestreada, las redes fueron abiertas en la mañana; entre las 6:00 am a 9:00 am.

La ubicación e instalación de las redes de niebla se definió de acuerdo con características del área de estudio, que permiten predecir una buena probabilidad de capturas como lo son: la orientación de las redes con respecto a la vegetación, la disponibilidad de recursos (flores, frutos) y la presencia de cuerpos de agua (Tabla 2-49). Las redes instaladas fueron revisadas con frecuencia de 15 minutos, con el fin de evitar la muerte o depredación de las aves (ver Fotografía 2-10 y Fotografía 2-11). Una vez capturado el individuo, se procede a extraerlo de la red y colocarlos en bolsas de tela para evitar su estrés y posible muerte. Las aves capturas se identificaron hasta su rango taxonómico más alto y posterior a ello, se hizo el respectivo registro fotográfico. Una vez terminado las aves fueron liberadas en el sitio de captura; cabe resaltar que ningún ejemplar de las aves capturas fueron colectadas con propósitos de identificación futura, ya que en su totalidad las especies fueron identificadas en campo. La determinación de las especies de aves se realizó mediante el uso de guías ilustradas de campo: Aves de Colombia (Hilty & Brown 2001, McMullan & Donegan 2014), Aves del norte y sur de América (Restall et al 2006), Guía ilustrada de la avifauna colombiana (Quiñones, F. A. 2018), para las aves migratorias se utilizó la guía de Kaufman (2005) y la guía de Chorlos y Playeros de la región Neotropical (Canevari et. al 2001).

**Tabla 2-49 Puntos de instalación de las redes de niebla para la captura e identificación de la avifauna presente en el área de influencia para el Estudio de Impacto Ambiental**

Identificador ID	Estación Redes	Sitios de muestreo de Aves	Coordenadas Origen único Nacional	
			Este	Norte
RED1	Estación Aves 1	RedesAves1	4885219	2090431
RED2		RedesAves2	4885214	2090437

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

RED3		RedesAves3	4885211	2090439
RED4	Estación Aves 2	RedesAves4	4884823	2088078
RED5		RedesAves5	4884826	2088090
RED6		RedesAves6	4884828	2088105
RED7		RedesAves7	4884831	2088126
RED8		Estación Aves 3	RedesAves8	4884480
RED9	RedesAves9		4884489	2089487
RED10	RedesAves10		4884507	2089499
RED11	RedesAves11		4884520	2089499

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

**Fotografía 2-12 Instalación de redes de niebla sobre la cobertura de interés en el área de influencia del proyecto**



**Fotografía 2-13 Captura de aves en redes de niebla para la identificación taxonómica dentro del área de influencia**



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

### 2.3.1.2.4.2.4 Herpetofauna (Anfibios y Reptiles)

Para determinar la diversidad de anfibios y reptiles del área del proyecto, se realizó un muestreo en las diferentes coberturas vegetales presentes en el área a intervenir: Pastos Arbolados, limpios enmalezados (P), Humedales y Zonas Pantanosas (Zpn); Bosques (B) y Zonas Industriales (Zin).

El método de muestreo utilizado para el registro o captura de anfibios y reptiles fue directo (observación del animal con captura o sin captura) ya que suministran información cuantitativa. Para el muestreo se utilizó la técnica de inventario completo de especies (búsqueda libre y sin restricciones), que consiste en realizar caminatas durante el día, en busca de anfibios y reptiles, (*Fotografía 2-14* y *Fotografía 2-15*), pero sin que existan mayores reglas para la búsqueda (excepto el revisar minuciosamente todos los microhábitats disponibles: búsqueda con desplazamiento lento y constante, revisando vegetación, cuerpos de agua, piedras, rocas y diverso lugares que sirvan de refugio a los

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

especímenes dentro de un hábitat determinado (Tabla 2-50). El objetivo es registrar el mayor número posible de especies; la eficiencia y comparabilidad se fortalecen si el muestreo, a corto plazo, se realiza durante el período del año y condiciones climáticas en que la herpetofauna es más activa (época de lluvias y alta humedad) (Angulo, 2006).

**Tabla 2-50 Coordenadas de los recorridos de búsqueda y observación para el registro anfibios y reptiles en el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental**

Nombre	ID	Coordenada inicio		Coordenada fin	
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Transecto 1	T1	4885135	2089961	4884701	2087529
Transecto 2	T2	4884760	2087803	4884384	2085337
Transecto 3	T3	4884646	2086682	4885127	2088048
Transecto 4	T4	4885124	2088049	4884713	2089485
Transecto 5	T1	4884431	2089413	4884884	2088645

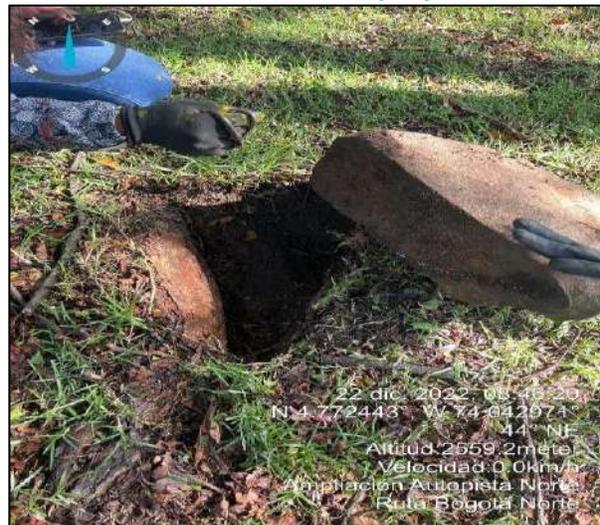
Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

El trabajo de campo fue realizado por un profesional (herpetólogo) y un auxiliar, realizando recorridos diurnos en busca de anfibios y reptiles durante cuatro días. El esfuerzo de captura por día fue de 16 horas (8 horas x 2 personas) (F), resultando en un esfuerzo total de muestreo de 64 horas (ocho horas diarias x dos personas x cuatro días).

**Fotografía 2-14 Búsqueda activa de anfibios y reptiles en el área de intervención del proyecto EIA**



**Fotografía 2-15 Búsqueda de anfibios y reptiles debajo del material vegetal en el área de intervención del proyecto EIA**



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Para evaluar el estado de conservación de las especies registradas, el grado de amenaza fue verificado según lo establecido por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2023) y en la Resolución 1912 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2017). Adicionalmente, fueron consultados los apéndices de

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2023).

La determinación taxonómica utilizada para la designación de nombres científicos de las especies potenciales y reportadas se realizó siguiendo la categorización taxonómica disponible en Amphibian Species of the World Versión 6.0 (Frost Darrel, 2023) en el caso de anfibios, y los reptiles fueron categorizados según Reptile Database (Uetz, 2023).

La información secundaria sobre las especies de potencial presencia en el área se basó en Planes de Manejo Ambiental del Humedal Torca-Guaymaral, de la de la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. "Thomas van der Hammen", de bases de datos como GBIF (2023) y publicaciones sobre anfibios y reptiles de la sabana de Bogotá (Mendoza-R y Rodriguez, 2014; Rueda J, 2010 entre otros (Tabla 2-32).

### 2.3.1.2.4.2.5 Mamíferos

Para el seguimiento y caracterización de mamíferos en el área del proyecto, se ejecutaron cuatro (4) metodologías en jornada diurna las cuales se describen a continuación.

#### 2.3.1.2.4.2.5.1 Recorridos de Observación

El objetivo de realizar recorridos de observación es la búsqueda de rastros (impresiones de huellas, madrigueras, frutos consumidos con marcas de dentición, garras, osamentas, restos de pelo, heces fecales, entre otros), los cuales permiten detectar de manera visual las especies que no fue posible observar de forma directa (Fotografía 2-10), estos recorridos se manejan con un ancho variable y pretenden abarcar la mayor cantidad del área entre coberturas, por otra parte, al momento tener un encuentro directo con alguna especie de mamífero, se tomó el registro fotográfico del individuo cuando si es posible describiendo la mayoría de características ecológicas y fenológicas que ayuden para una identificación exitosa, toda la información taxonómica recolectada se diligencia en la libreta de campo. Para el presente estudio, se realizaron un total de cinco (5) recorridos de observación directa (Figura 2-23 y Tabla 2-51 Coordenadas de los recorridos de observación de Mamíferos en el área del Estudio de Impacto Ambiental EIA. Tabla 2-51).

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte  
Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

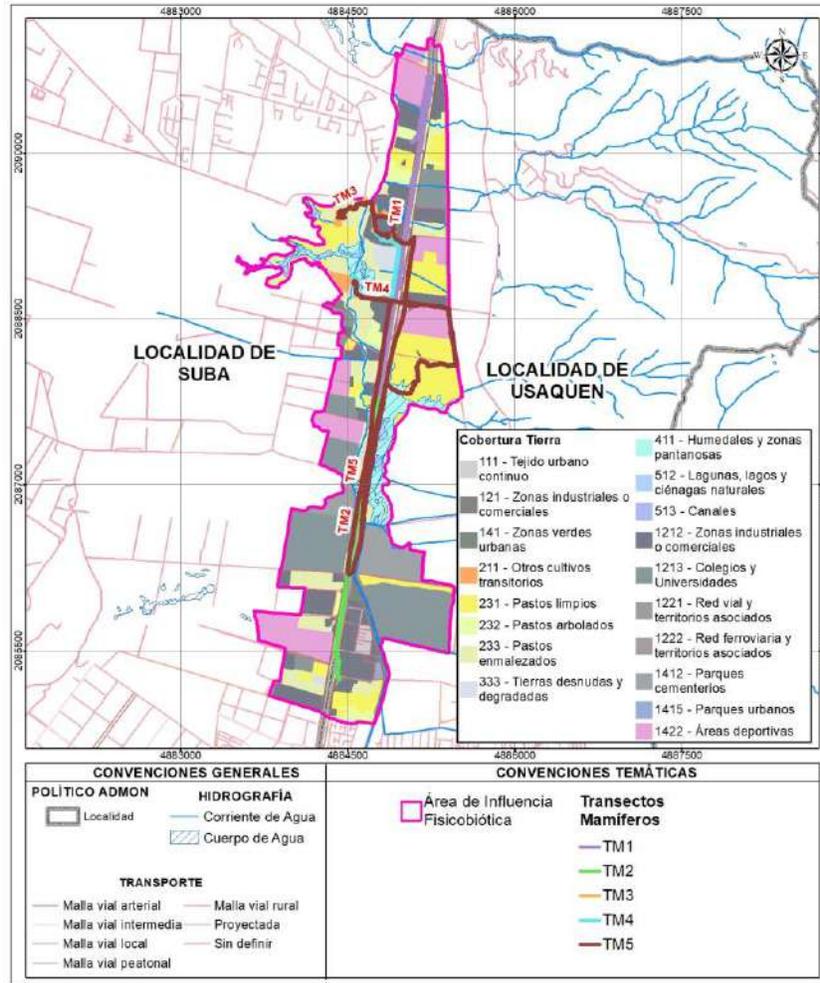
Fotografía 2-16 *Búsqueda de rastros de mamíferos medianos o grandes dentro del  
área de influencia del proyecto*



Fuente: *Acrafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023*

# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

**Figura 2-23 Localización de los recorridos de observación de Mamíferos en el área del Estudio de Impacto Ambiental EIA.**



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

**Tabla 2-51 Coordenadas de los recorridos de observación de Mamíferos en el área del Estudio de Impacto Ambiental EIA.**

Recorrido	Coordenadas Origen único Nacional				Fecha	Longitud (km)
	COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES			
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE		
TM1	4885077,74	2090103,02	4884696,54	2087532,11	21/12/2022	4,90
TM2	4884428,94	2085245,07	4884704,38	2087551,13	23/12/2022	3,13
TM3	4884931,96	2089163,38	4884749,71	2089300,37	26/12/2022	3,21
TM4	4884747,99	2089295,23	4884882,97	2088639,96	26/12/2022	2,10
TM5	4884630,59	2086674,63	4884859,33	2089242,45	27/12/2022	12,71

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

#### 2.3.1.2.4.2.6 Trampas Sherman

Las capturas de los mamíferos pequeños se realizaron con 10 trampas de captura tipo Sherman plegables (Fotografía 2-17, Tabla 2-52), durante cuatro (4) días y tres (3) noches, distribuidas en sitios estratégicos, principalmente en troncos caídos, junto a la base de los árboles, en cavidades formadas por las raíces de los árboles, junto a huecos, madrigueras y cerca a cursos de agua, abarcando las zonas en el interior y el borde, distanciadas en más de 10 metros. Las trampas se georreferenciaron y se marcaron con el fin de ubicarse fácilmente, y para evitar que los animales notaran la trampa como un objeto extraño, se camuflaron con el sustrato encontrado alrededor (hojarasca, troncos secos, musgos). Para cebar las trampas, se utilizó una mezcla entre granola, banano y esencia de vainilla, el recebado y revisado de las trampas se hizo cada 24 horas.

#### **Fotografía 2-17 Instalación de trampas Sherman para la captura de pequeños mamíferos en el área del proyecto**



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

#### 2.3.1.2.4.2.6.1 Trampas Tomahawk

Los mamíferos medianos fueron muestreados con ayuda de cinco (5) trampas Tomahawk (Fotografía 2-18, Tabla 2-52) durante cuatro (4) días y tres (3) noches. Las cuales se ubicaron en sitios estratégicos, tratando de abarcar la mayor cantidad de área posible dentro del sitio de estudio. Al igual que las trampas Sherman, las trampas Tomahawk fueron georreferenciadas y marcadas. El atrayente que se utilizó fue sardina y finalmente fueron camufladas con el sustrato cercano para evitar que los animales lo vieran como un objeto extraño. El recebo y revisado de las trampas se hizo cada 24 horas y en caso de capturar algún individuo, se procedió a tomar las medidas morfométricas convencionales, lo que facilitó la identificación taxonómica.

**Fotografía 2-18 Instalación trampa Tomahawk para la captura de medianos mamíferos en el área del proyecto**



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

2.3.1.2.4.2.6.2 Cámaras Trampa

Con el propósito de obtener información directa de la presencia de especies de mamíferos grandes y medianos, se instalaron cuatro (4) cámaras trampa de referencias Boly BG490-130M y HT-001, las cuales se programaron para tomar una secuencia de seis (6) fotografías cada minuto durante 24 horas, definiendo así unidades discretas de tiempo (Delgado-V et al., 2011) . Cada fotografía tuvo la siguiente información de captura: fecha, hora y fase lunar. Los lugares seleccionados para la instalación de las cámaras fueron especialmente sitios de aparente tránsito de fauna, senderos naturales, madrigueras, sitios cercanos a fuentes hídricas y bordes de bosque, para maximizar la probabilidad de captura (Maffei et al., 2002).

**Fotografía 2-19 Instalación cámaras trampa para captura de pequeños, medianos y grandes mamíferos en el área del proyecto**



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Las cámaras permanecieron durante los días de muestreo y se instalaron a una altura aproximada de 30 cm del suelo (Fotografía 2-19, Figura 2-24, Tabla 2-52).

Posterior a la instalación de las cámaras, se tomó la ubicación exacta con ayuda de un GPS Garmin. Para favorecer el muestreo, se utilizó sardina como atrayente y para evitar la sobreestimación de la abundancia relativa de las especies, todas las fotos tomadas con una diferencia de 24 horas, se consideraron individuos diferentes. Los individuos que fueron fotografiados se identificaron a nivel de especie.

Cabe aclarar que no se instalaron redes de niebla ni se realizaron recorridos nocturnos por temas de seguridad del personal y los equipos en la zona.

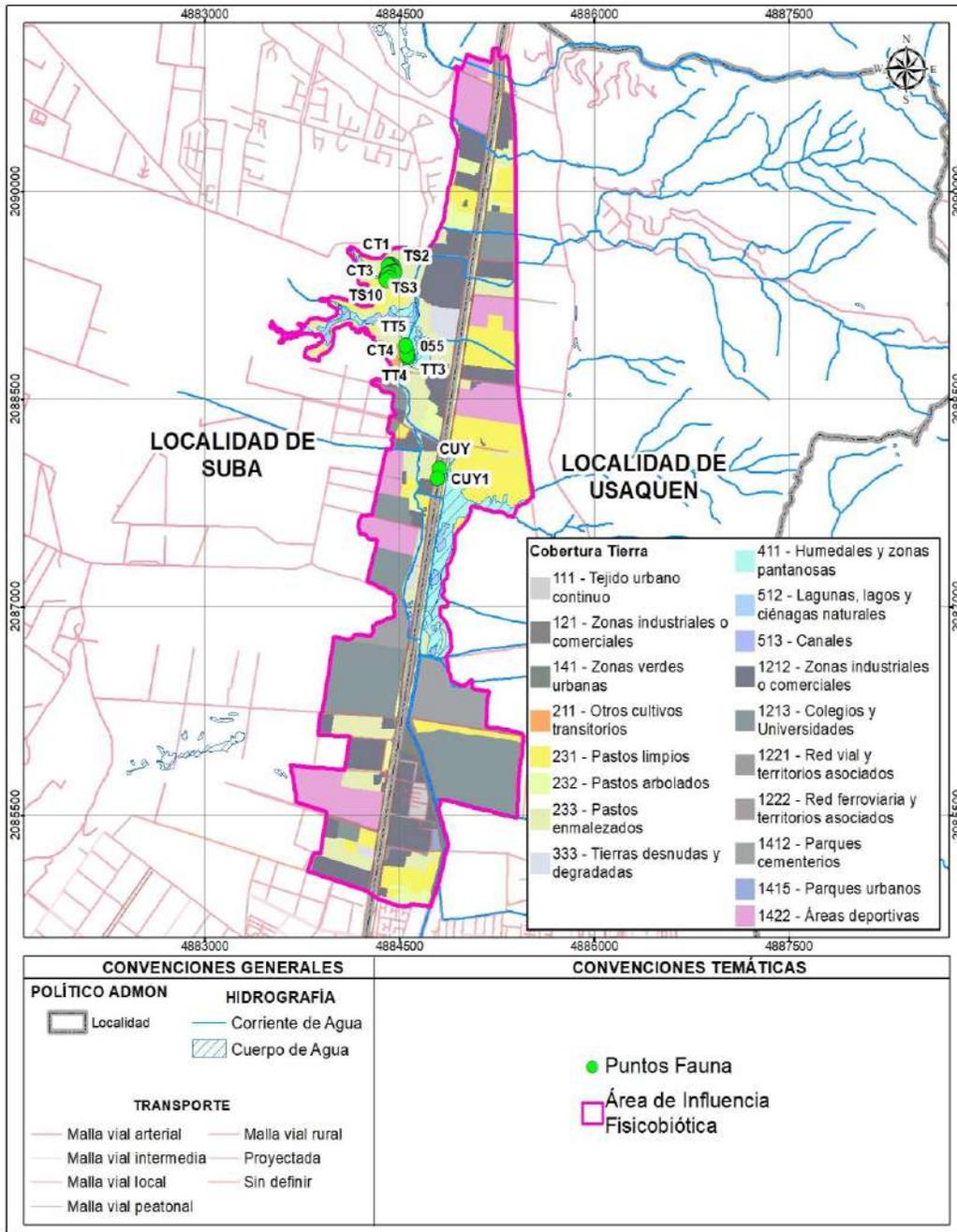
**Tabla 2-52 Coordenadas de los puntos de instalación de trampas para el muestreo de Mamíferos en el área del proyecto del Estudio de Impacto Ambiental EIA.**

Metodología	Punto	Coordenada Origen único Nacional		Altura	Cobertura
		ESTE	NORTE		
Cámaras trampa	CT1	4884431,626	2089480,143	2565,067383	Pastos enmalezados
	CT2	4884459,316	2089461,639	2568,097168	Pastos enmalezados
	CT3	4884404,004	2089390,815	2565,067383	Pastos enmalezados
	CT4	4884563,053	2088850,669	2568,097168	Pastos enmalezados
Trampas Sherman	TS1	4884445,186	2089469,729	2570,644043	Pastos enmalezados
	TS2	4884439,632	2089459,243	2566,178955	Pastos enmalezados
	TS3	4884437,853	2089456,364	2566,365479	Pastos enmalezados
	TS4	4884418,13	2089465,13	2569,555176	Pastos enmalezados
	TS5	4884457,759	2089427,711	2562,797607	Pastos enmalezados
	TS6	4884466,622	2089419,963	2564,389404	Pastos enmalezados
	TS7	4884422,276	2089417,715	2570,569336	Pastos enmalezados
	TS8	4884409,721	2089404,692	2575,572754	Pastos enmalezados
	TS9	4884411,722	2089407,014	2565,482422	Pastos enmalezados
	TS10	4884410,601	2089396,956	2563,480225	Pastos enmalezados
Trampas Tomahawk	TT1	4884420,449	2089383,788	2558,808838	Pastos enmalezados
	TT2	4884403,784	2089362,489	2565,358887	Lagunas, lagos y ciénagas naturales
	TT3	4884566,785	2088805,701	2565,682129	Pastos enmalezados
	TT4	4884558,826	2088820,515	2566,085205	Pastos enmalezados
	TT5	4884549,619	2088888,937	2562,272217	Humedales y zonas pantanosas

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

**Figura 2-24 Localización de los puntos de muestreo de Mamíferos en el área del proyecto**



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

## 2.3.1.2.4.3 Fase Post campo – Análisis de la información

### 2.3.1.2.4.3.1 Composición de especies para el ámbito regional

Dentro de los ítems para la elaboración de la línea base debe incluirse los análisis de riqueza para las especies identificadas para el ámbito regional para cada uno de los grupos;

presentando una tabla anexa en la que se incluye la siguiente información: la lista de especies que se encuentran en la región del proyecto con orden, familia, nombre común y las coberturas de la tierra a las que está asociada cada especie.

Partiendo de esta lista de especies, se realizó un análisis de estas dejando claro cuantas especies hay en la zona a que órdenes y familias pertenecen. Finalmente, y unido a lo mencionado, se realizó un análisis de riqueza de especies por familia y por orden taxonómico.

#### *2.3.1.2.4.3.2 Especies amenazadas, migratorias y/o endémicas para el ámbito regional*

Para este numeral, en cada uno de los grupos de fauna silvestre se construyó un listado de las especies que están reportadas con algún grado de amenaza o vulnerabilidad ya sea por encontrarse en peligro de extinción, por su valor comercial o por su tendencia a la declinación poblacional, así como las especies migratorias.

#### *2.3.1.2.4.3.3 Composición de especies registradas en el área de influencia*

Con los datos obtenidos en campo y para cada grupo faunístico se construyó una matriz de información de las especies que fueron registradas en campo, agrupándolas de acuerdo con su clasificación taxonómica e incluyendo información sobre las abundancias y datos ecológicos evaluados durante la fase de campo.

Partiendo de lo anterior y según lo citado en los términos de referencia para la elaboración de proyectos de infraestructura vial y lo referido en la Metodología General para la elaboración y presentación de Estudios Ambientales (MADS 2018), para cada uno de los grupos de fauna silvestre que hacen parte de la caracterización de este componente se realizó lo siguiente:

##### *2.3.1.2.4.3.3.1 Esfuerzo de muestreo y éxito de captura*

Luego de realizar el muestreo en campo y como parte del análisis de los datos, se calculó para cada uno de los grupos de fauna el esfuerzo de muestreo siguiendo las siguientes formulas:

- Herpetofauna (Anfibios y Reptiles): El esfuerzo de muestreo para los recorridos de observación libre para anfibios y reptiles corresponde a la sumatoria del tiempo de búsqueda para los sitios de muestreo (Angulo et al., 2006).
- Aves: El esfuerzo de muestreo para el método de detección visual y auditiva se entenderá como la sumatoria del producto de la distancia recorrida en cada transecto y el tiempo de observación; mientras que, para las capturas en redes de niebla, el esfuerzo se calculará en horas-red mediante la sumatoria del producto del número de redes y las horas de apertura (una hora red corresponde a una red de 10 metros de longitud activa durante 3.5 hora) (Tabla 2-53).

**Tabla 2-53 Esfuerzo de muestreo empleado durante la fase de campo para la caracterización de la avifauna en el área de influencia del proyecto**

Técnica de muestreo	Cálculo del esfuerzo de muestreo	Esfuerzo de muestreo
Recorridos (número transectos) de observación directa con longitud y ancho variable (entre 1000 a 2000 metros aproximados)	Sumatoria del número de horas empleadas por el observador en los recorridos	Horas/Hombre
Redes de Niebla	Horas - Red = Total metros redes - 10 metros) X Total horas de apertura de las redes.	Horas/Red

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

- **Mamíferos:** Hay que tener en cuenta que para los cálculos como el esfuerzo de muestreo y la representatividad del grupo, solo se tiene en cuenta los registros obtenidos de manera directa en campo, es decir que los individuos obtenidos por medio de información secundaria no se incluyen, ya que no brinda datos certeros de las abundancias reales de los organismos observados, lo cual permitió conocer la predicción de la riqueza total de especies, por medio de la elaboración de una curva de acumulación de especies y el análisis de estimadores como ICE, Chao2, MMMeans, Bootstrap y Jackknife dependiendo del comportamiento de los datos. En la Tabla 2-54, se muestran los análisis que fueron tenidos en cuenta para el procesamiento de los datos, resultado de los censos realizados en la fase de campo. Para la determinación y actualización taxonómica se tuvieron en cuenta los criterios más recientes, utilizando la taxonomía propuesta por Solari et al., y Ramírez - Chávez.

**Tabla 2-54 Cálculos para el esfuerzo de muestreo y éxito captura de los mamíferos registrados en el área de influencia del proyecto**

Esfuerzo de muestreo y éxito de captura	
<b>Recorridos de observación</b>	$EM = h * d$ <p>Donde: h= horas totales de detección visual/auditiva d= distancia total recorrida Éxito de captura</p> $EC: \left( \frac{n}{EM} \right) * 100$ <p>Donde n es el número de individuos capturados en total</p>

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

#### 2.3.1.2.4.3.3.2 Representatividad del muestreo

Con el objeto de determinar la representatividad del muestreo, se realizó una predicción de la riqueza específica como una función de la acumulación de especies (Magurran 2004, IAvH 2002, González-Oreja et al. 2010). Para la realización de las curvas de acumulación de especies, se emplearon estimadores no paramétricos (Chao 2, Jackknife 1 y Bootstrap) y paramétricos de riqueza (ACE, Chao 1 y Cole).

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

### 2.3.1.2.4.3.4 Análisis de la Comunidad y Diversidad

El análisis de la comunidad se realizó con base en atributos de composición, riqueza y abundancia; evaluados a nivel de las diferentes unidades de cobertura de la tierra presentes en el área de influencia del proyecto.

#### 2.3.1.2.4.3.4.1 Diversidad Alfa:

La diversidad alfa es analizada de acuerdo con los índices de riqueza, dominancia y equidad. Para el cálculo de la riqueza específica, se determinó el número de especies registradas en cada una de las coberturas de la tierra. El cálculo de estos índices está basado en las fórmulas mostradas en la (ver Tabla 2-55)

**Tabla 2-55 índices ecológicos utilizados para la interpretación de datos obtenidos durante la fase de campo**

Índice	Formula	Variables
Diversidad de Shannon-Weiner	$H' = - \sum (n_i / N) * \ln(n_i / N)$	H' = Diversidad
		ni = número de individuos por especie
		N = número de individuos totales
Dominancia de Simpson	$D = \sum (n_i / N)^2$	D = Dominancia
		ni = número de individuos por especie
		N = número de individuos totales
Margalef	$R_i = \frac{S - 1}{\ln(n)}$	Ri = Diversidad
		S = Número de especies presentes
		N = número total de individuos encontrados

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

#### 2.3.1.2.4.3.4.2 Diversidad Beta

La diversidad beta es analizada de acuerdo con la similitud de las especies entre comunidades, para ello se utilizan los índices de similitud y disimilitud como el de Jaccard y Sorensen, respectivamente los cuales refleja el cambio en la composición de las comunidades biológicas

#### 2.3.1.2.4.3.4.3 Asociación con las unidades de cobertura de la tierra

A partir de la matriz de datos de campo de cada uno de los grupos de fauna silvestre, se construyó una gráfica de barras, donde se agruparon las especies de acuerdo con el uso de cada cobertura definida para el área, empleando los criterios de selección como áreas de refugio, reproducción, alimentación, corredores de movimiento y/o sitios de concentración estacional. Las especies exclusivas son aquellas que podrían ocupar un solo tipo de hábitat o cobertura, mientras que las compartidas son aquellas que podrían ocupar más de un hábitat o cobertura

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



### 2.3.1.2.4.3.4.4 Relaciones ecológicas

Para cada especie registrada en el área de influencia del proyecto, se estableció su correspondiente dieta, tipo de cobertura, distribución (msnm), grado de amenaza, migración entre otras. Partiendo de los registros para cada una de las especies de cada grupo de fauna se construyó varias gráficas de acuerdo con el análisis ecológico correspondiente.

Por otro lado, se realizó para cada grupo de fauna el análisis de hábitos de vida pues esta es una variable que en la mayoría de los grupos es determinante en su comportamiento, desarrollo y reproducción; debido a que los diferentes ecosistemas aportan diferentes condiciones, las especies adoptan condiciones físicas para su supervivencia.

### 2.3.1.2.4.3.4.5 Especies amenazadas, migratorias y/o endémicas

Para cada grupo taxonómico (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), se generó una tabla en la que se mencionaron las especies catalogadas como amenazadas y endémicas, migratorias todo lo anterior haciendo referencia a los registros en campo y la información bibliográfica de las mismas y lo generado después las encuestas no formales hechas a la población local de la zona.

Para las especies registradas con algún grado de amenaza para Colombia se revisaron los listados publicados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en su Resolución 1912 del 2019 y la serie de libros rojos de Colombia para los anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

En cuanto las especies migratorias fueron definidas de acuerdo con el Plan Nacional de las especies migratorias de MAVDT y WWF Colombia (2009), y la Biología y Conservación de las Tortugas Continentales de Colombia publicado por el IAVH (2012). Para este ítem se realizó el análisis respectivo de las mismas, resaltando su importancia y describiendo su comportamiento de migración.

La Resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2017) y libros rojos para las especies de fauna de Colombia permite conocer la categoría de amenaza que presentan las especies presentes en el área del proyecto a nivel nacional, los cuales identifican aquellas especies con riesgo de extinción en el país. Por otro lado, a nivel internacional se consultó la lista roja de especies amenazadas según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) versión 2022.

### 2.3.1.2.5 Ecosistemas acuáticos

El trabajo de campo se realizó desde el día 28 de diciembre de 2022 hasta el día 27 de enero de 2023, periodo que corresponde con un periodo climático de transición (Periodo de lluvias a periodo seco). La caracterización de ecosistemas acuáticos se realizó en 19 puntos

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



ubicados a lo largo de la autopista Norte en los límites de las localidades de Suba y Usaqué. Todos los ecosistemas evaluados se encuentran localizados en el departamento de Cundinamarca, ciudad de Bogotá. (Tabla 2-43).

Los muestreos ejecutados en la campaña de monitoreo fueron llevada a cabo por profesionales del laboratorio AMBIUS S.A.S. acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 mediante Resolución 0048 del 15 de enero de 2021, (Anexo 2.3.4-1, Resoluciones de Acreditación ante el IDEAM de los Laboratorios) para el análisis de las comunidades hidrobiológicas, se tomaron muestras de fitoplancton y zooplancton (Únicamente en dos puntos), perifiton, macroinvertebrados bentónicos, peces y macrófitas. Las comunidades hidrobiológicas evaluadas fueron analizadas partiendo de su estructura y composición, esto en cada estación, adicional a esto se realizaron los análisis mediante la interpretación de índices ecológicos que permiten hacer una aproximación a las condiciones ecológicas del área de interés principalmente de sus ecosistemas acuáticos.

Las variables bióticas fueron sometidas a pruebas estadísticas con el fin de conocer la existencia o no de diferencias significativas entre estaciones de muestreo y la posible existencia de relaciones entre los componentes evaluados.

### 2.3.1.2.5.1 Metodología

Para un mejor entendimiento de la etapa metodológica se realiza una descripción de los procesos en dos (2) partes: en la primera se indica la ubicación de las estaciones de muestreo y las condiciones climáticas presentadas durante el trabajo de campo, mientras que en la segunda se describe el proceso metodológico desarrollado para la ejecución de la campaña de monitoreo. Tanto los procedimientos de muestreo como de laboratorio se realizaron teniendo en cuenta la metodología propuesta en los textos del Standard Methods Edición 22 (2017), en el Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad (2006) del Instituto Alexander Von Humboldt y en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (2018) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

#### 2.3.1.2.5.1.1 Localización y descripción de las estaciones de monitoreo

El trabajo de campo se efectuó entre el 28 de diciembre de 2022 y el 27 de enero de 2023, se tomaron muestras de calidad de agua y comunidades hidrobiológicas en las estaciones que se describen en la Tabla 2-56 y cuya localización se presenta en la Figura 2-25.

**Tabla 2-56 Información de campo de las estaciones de muestreo**

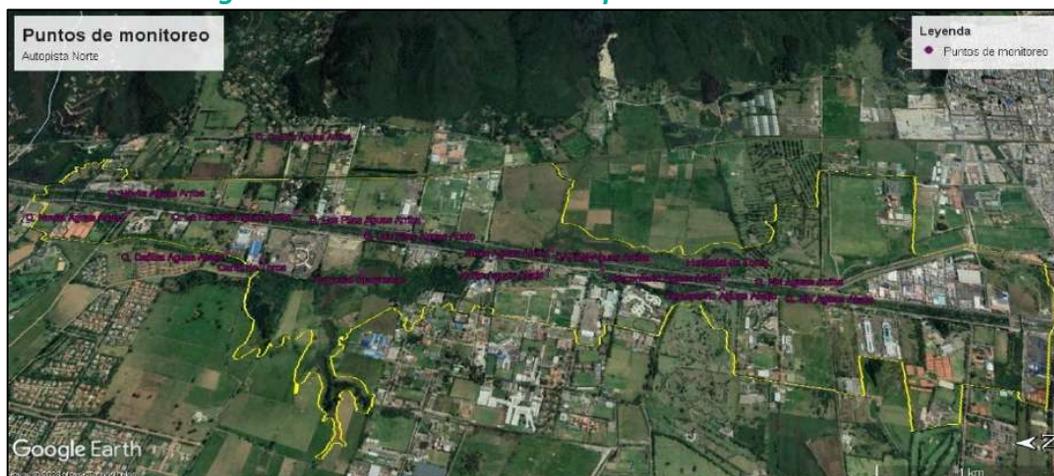
Código Estación	Nombre De Estación	Coordenadas Planas (Origen 12CTM – Datum Nacional)		Fecha y hora de muestreo
		Este	Norte	
A.CG_1	Canal Guaymaral Frente al Cementerio	4884571,0	2086791,0	28/12/2022 10:00
A.VC_1	Vallado/Cuneta Calle 201 1	4884448,0	2086208,0	28/12/2022 11:00

# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Código Estación	Nombre De Estación	Coordenadas Planas (Origen 12CTM – Datum Nacional)		Fecha y hora de muestreo
		Este	Norte	
A_VC_2	Vallado/Cuneta Calle 201 2	4884586,3	2086311,2	28/12/2022 12:15
A_CG_2	Canal Guaymaral Inicio Canal	4884651,0	2086767,0	28/12/2022 13:00
A_CT_1	Canal Torca 1	4884771,7	2087468,8	29/12/2022 09:00
N_QF_1	Quebrada La Floresta Aguas Arriba 1	4885095,0	2089371,4	29/12/2022 10:00
N_QF_2	Quebrada La Floresta Aguas Abajo	4884773,7	2089538,3	29/12/2022 11:00
A_CG_3	Canal Guaymaral Frente al CAFAM	4884676,0	2087483,0	29/12/2022 12:15
A_CT_2	Canal Torca 2	4884829,3	2087787,6	30/12/2022 08:30
N_QLP_1	Quebrada Las Pilas Aguas Arriba	4885022,8	2088932,5	30/12/2022 09:20
A_CG_4	Canal Guaymaral Hyundai	4884810,3	2089755,6	30/12/2022 10:30
A_CG_5	Canal Guaymaral Bima	4884696,6	2089558,6	30/12/2022 11:15
N_QF_3	Quebrada La Floresta Aguas Arriba 2	4885749,3	2089627,1	02/01/2023 08:15
N_QN_1	Quebrada Novita Aguas Arriba	4885239,9	2090273,4	02/01/2023 09:45
N_QLP_2	Quebrada Las Pilas Aguas Abajo	4884789,7	2088937,7	02/01/2023 12:30
N_HUM_TOR_1	Humedal Torca	4884787	2086709	03/01/2023 09:30
N_HUM_TOR_2		4884777	2086727	
N_HUM_TOR_3		4884778	2086693	
N_QLP_3	Quebrada Las Pilas Separador	4884960,0	2088942,0	03/01/2023 12:000
N_HUM_GUA_1	Humedal Guaymaral	4884578	2089154	03/01/2023 14:00
N_HUM_GUA_2		4884487	2089106	
N_HUM_GUA_3		4884644	2089135	
N_QN_1	Quebrada Novita Aguas Abajo	4885118,5	2090415,4	27/01/2023 12:00

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

**Figura 2-25 Localización de los puntos de monitoreo**



Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

En la Tabla 2-57, se presentan las descripciones de cada una de las 19 estaciones de monitoreo evaluadas acompañadas de los respectivos registros fotográficos.

**Tabla 2-57 Descripción estaciones de muestreo**

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
<p>A.CG_1 Canal Guaymaral Frente al Cementerio</p>	 <p>Zona cercana al cementerio Jardines del Recuerdo, presenta agua de color verdoso-grisáceo, presenta un olor a materia orgánica en descomposición, este cuerpo de agua está cubierto totalmente por macrófitas, se pueden observar tuberías encima del mismo y una gran cantidad de basura alrededor y en el espejo de agua.</p>	
<p>A.VC_1 Vallado/Cuneta Calle 201 1</p>	 <p>Canal ubicado a un costado de la calle y varios metros debajo de la autopista Autonorte, presenta aproximadamente 50 cm de ancho, se pueden observar espumas y basuras, presenta olor a materia orgánica en descomposición, se observa vegetación herbácea en las orillas.</p>	
<p>A.VC_2 Vallado/Cuneta Calle 201 2</p>	 <p>Descarga del cuerpo de agua, en canal el canal de Torca, en estructura de concreto ubicado en la parte oriental de la Autonorte, agua de coloración gris oscura, olor a materia orgánica en descomposición, el agua pasa bajo un puente vehicular. Este punto es carente de vegetación en las orillas del cuerpo de agua.</p>	

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>A_CG_2 Canal Guaymaral Inicio Canal</p>	 <p>Canal ubicado en el sector oriental de la autopista norte, agua de coloración verde-grisáceo, vegetación arbustiva y herbácea abundante, se observa una cantidad considerable de basuras en las orillas y en el cuerpo de agua, presenta mal olor.</p>
<p>A_CT_1 Canal Torca 1</p>	 <p>Cuerpo de agua ubicado en el sector oriental, presenta agua de coloración gris, con olor a materia orgánica en descomposición, sedimento arcilloso, presenta basuras en las orillas y en el cuerpo de agua, presencia de vegetación abundante, principalmente de tipo arbórea.</p>
<p>N_QF_1 Quebrada Floresta Aguas Arriba 1</p>	 <p>Quebrada ubicada en la parte oriental de la autopista, este punto se encuentra a nivel inferior de la vía, se puede observar un tubo que pasa encima del cauce, se puede observar vegetación abundante hacia el parteaguas arriba de la quebrada, agua de coloración clara, no presenta olor, sedimento rocoso.</p>

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>N_QF_2 Quebrada La Floresta Aguas Abajo</p>	 <p>Punto ubicado en el sector occidental de la autopista norte que hace parte de la quebrada La Floresta, presenta pocos centímetros de ancho, está cubierta por un 80% de sombra con vegetación herbácea y arbórea, agua de coloración clara sin espumas ni iridiscencias.</p>
<p>A_CG_3 Canal Guaymaral Frente al CAFAM</p>	 <p>Cuerpo de agua cubierto por macrófitas en gran parte de su extensión, se puede observar agua de color lechoso, se observan algunas espumas, no presenta olor, este punto cuenta con poca sombra y se encuentra en cercanías al carril occidental de la autopista norte.</p>
<p>A_CT_2 Canal Torca 2</p>	 <p>Cuerpo de agua ubicado a unos pocos metros de la carretera, presenta agua color grisáceo, olor a materia orgánica en descomposición, se puede observar una gran cantidad de basura debajo de una estructura de concreto y en otras secciones de cauce, presenta una pendiente pronunciada con sedimento arcilloso, se observa vegetación herbácea y arbustiva.</p>

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
<p>N_QLP_1 Quebrada Las Pilas Aguas Arriba</p>	 <p>Cuerpo de agua que presenta un ancho de pocos centímetros, agua de coloración clara, sedimento rojizo, el agua fluye bajo un puente de concreto y una estructura, se observa vegetación herbácea y no presenta espumas, ni basuras.</p>	
<p>A_CG_4 Canal Guaymaral Hyundai</p>	 <p>Punto ubicado en cercanías del canal de Torca, agua de coloración gris, sedimento negro y arcilloso, presenta un olor a materia orgánica en descomposición, vegetación principalmente herbácea, se pudo observar en el momento de la toma, ganado vacuno pastando cerca al cuerpo de agua.</p>	
<p>A_CG_5 Canal Guaymaral Bima</p>	 <p>Punto ubicado sobre el canal de Torca, se observa un puente de madera que cruza el cuerpo de agua y un paso vehicular, agua de coloración gris oscuro con olor a materia orgánica en descomposición. Presenta vegetación herbácea en las orillas.</p>	

# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>N_QF_3 Quebrada La Floresta Aguas Arriba 2</p>	 <p>Punto ubicado sobre la carrera séptima, se encuentra ubicado a unos pasos de la carretera, agua de coloración clara, no se observa olor ni espumas, se encuentra a un nivel inferior de la carretera, se observa poca vegetación herbácea en las orillas, se observa una cerca que impide el paso aguas abajo.</p>
<p>N_QN_1 Quebrada Novita Aguas Arriba</p>	 <p>Punto ubicado aproximadamente a 5 metros de la autopista norte, el agua fluye lentamente hacia una zona donde se estanca, agua de coloración clara, no presenta olor ni espumas, el cauce fluye bajo la autopista, se puede observar una cerca con vegetación herbácea y arbustiva.</p>
<p>N_QLP_2 Quebrada Las Pilas Aguas Abajo</p>	 <p>Canal ubicado en el sector oriental de la autopista norte, se encuentra en cercanías a un vivero, agua de color gris lechoso, olor a materia vegetal en descomposición, presenta abundante vegetación herbácea, también se puede observar una vivienda en las cercanías de este.</p>

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>N_HUM_TOR_1 Humedal Torca</p>	 <p>Humedal ubicado en el sector oriental de la autopista norte, presenta amplia cobertura vegetal, agua de coloración clara a café, se encuentran macrófitas en gran parte de la extensión del humedal, por la gran cantidad de macrófitas se puede notar olor a materia orgánica en descomposición, no se observa basura, espumas o iridiscencias.</p>
<p>N_QLP_3 Quebrada Las Pilas Separador</p>	 <p>Punto ubicado sobre el separador de la auto norte, presenta agua de coloración clara, sin iridiscencias y sin espumas, sedimento rojizo, arenoso y/o rocoso, el agua pasa debajo de una carretera y un puente, presenta escasa vegetación, se encuentran principalmente algunas hierbas y arbustos.</p>
<p>N_HUM_GUA_1 Humedal Guaymaral</p>	 <p>Humedal ubicado en el sector occidental de la autopista norte, se puede observar que el humedal está cubierto en gran parte de juncos y otras macrófitas y no se puede observar el espejo de agua completamente, por las lluvias constantes que se presentaron en los días anteriores el humedal estaba anegado en gran parte de su extensión. El agua es de coloración gris oscura, presenta olor a materia orgánica en descomposición.</p>

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>N_QN_1 Quebrada Novita Aguas Abajo</p>	 <p>Punto ubicado en el sector occidental de la autopista norte, agua de coloración clara, sin basuras, espumas o iridiscencia, no presenta olor, sedimento lodoso, el cauce presenta alrededor de 3 metros de ancho, el agua fluye bajo una tubería de la autopista.</p>

Fuente: Ambius S.A.S. – 2023, para Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

#### 2.3.1.2.5.2 Proceso metodológico - Etapa de preparación

En la etapa de preparación se ajustan los procedimientos esenciales para llevar a cabo de una manera satisfactoria los demás procesos articulados al estudio. En esta etapa se lleva a cabo toda la planeación y programación para que la fase de campo se desarrolle sin ningún inconveniente.

En la Figura 2-26 se muestran los pasos que se siguieron durante esta etapa, que tiene como fin, determinar los puntos de muestreo y las pruebas a realizar en cada uno de ellos.

**Figura 2-26 Actividades de la etapa de preparación**

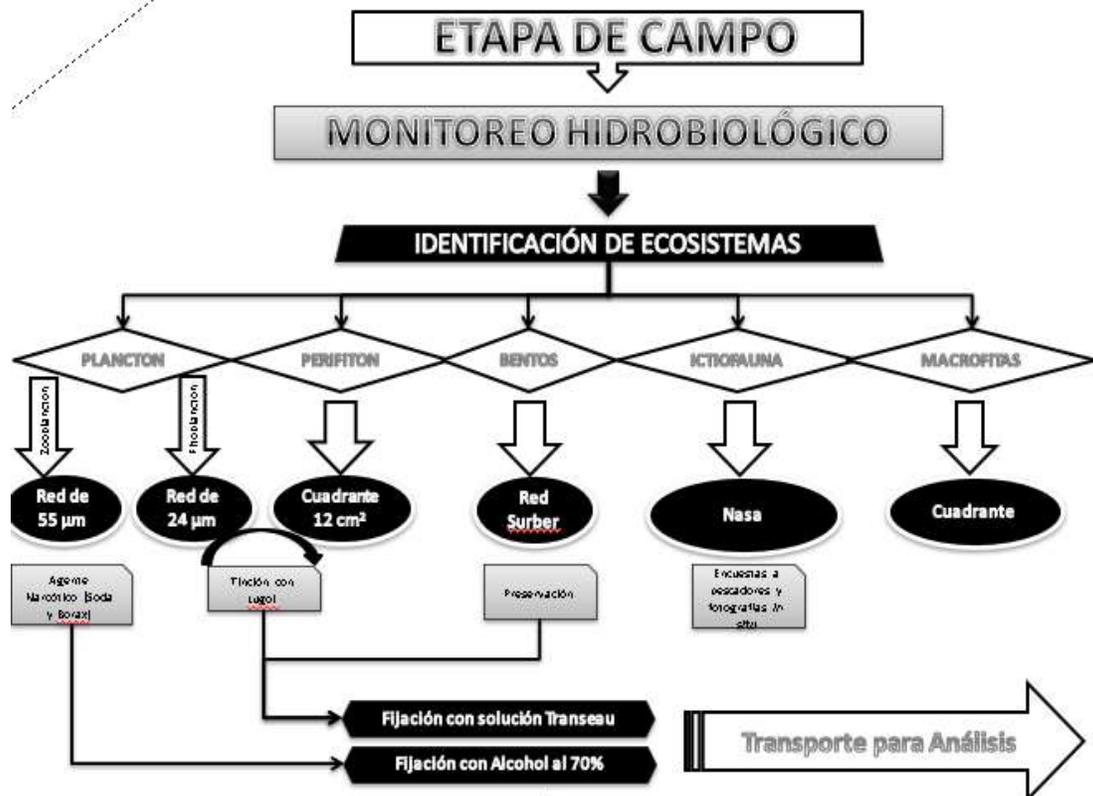


Fuente: Ambius S.A.S., 2023

### 2.3.1.2.5.3 Proceso metodológico - Etapa de campo

El trabajo de campo desarrollado para la colecta de organismos del componente hidrobiológico para los posteriores análisis de laboratorio, se llevó a cabo por personal de la empresa AMBIUS S.A.S., con base en las disposiciones del Standard Methods Edición 22 (2017), en el Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad (2006) del Instituto Alexander Von Humboldt, y en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (2018) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dentro de la fase metodológica del componente biótico de ecosistemas acuáticos, una vez identificados los sitios para la toma de las muestras, se ejecutaron los procedimientos establecidos para cada comunidad y luego se procedió a la preservación de las muestras, de acuerdo con el diagrama que se muestra en la Figura 2-27 (Ver Anexo 4 Calidad del agua).

Figura 2-27 Actividades de la etapa de campo



Fuente: Ambius S.A.S., 2023

### 2.3.1.2.5.3.1 Plancton

Es importante resaltar que las muestras de plancton fueron tomadas únicamente en los humedales Torca y Guaymaral.

- Fitoplancton:** Se utilizó un balde de volumen conocido aforado a 10L con el cual se tomaron varios llenados mientras se filtraban en una red de ojo de malla de 24 µm (ver Fotografía 2-14). Todos los volúmenes de las muestras fueron vaciados en frascos ámbar con ayuda de un atomizador con agua destilada el cual permite el lavado de las paredes y ventanas del frasco colector y un embudo; y posteriormente fijados con solución Transeau (agua, alcohol al 70% y formol al 10%) proporción 1:1 por volumen de muestra; para facilitar la observación e identificación de los microorganismos se agregaron unas gotas de Lugol. Finalmente, las muestras fueron rotuladas y sus datos fueron consignados en la documentación diligenciada en campo (Ver Anexo 4 Calidad del agua) Cabe resaltar que la muestra se tomó de manera integrada tomando 30 L en 3 puntos diferentes logrando una filtración total de 90 L.

- **Zooplankton:** Se utilizó un balde de volumen conocido aforado a 10 litros con el cual se tomaron consecutivamente varios volúmenes de agua (ver Tabla 2-1), mientras se filtraban en la red de 55 $\mu$ m de ojo malla (ver Fotografía 2-15). Los volúmenes de las muestras concentradas fueron vaciados en frascos ámbar con ayuda de un atomizador con agua destilada el cual permite el lavado de las paredes y ventanas del frasco colector y un embudo, posteriormente se adicionó bórax con el fin de narcotizar los organismos, puesto que si son fijados directamente estos tienden a contraerse dificultando su determinación en laboratorio. Después de 30 minutos las muestras fueron fijadas con solución Transeau (agua, alcohol al 70% y formol al 10%), en proporción 1:1 por volumen de muestra. Finalmente, las muestras fueron rotuladas y sus datos fueron consignados en la documentación diligenciada en campo (Ver Anexo 4 Calidad del agua) Cabe resaltar que la muestra se tomó de manera integrada tomando 30 L en 3 puntos diferentes logrando una filtración total de 90 L

**Tabla 2-58 Número de litros filtrados por estación de muestreo para el monitoreo de plancton**

Estación de Muestreo	Volúmenes filtrados	
	Fitoplancton	Zooplancton
HUM-TOR	90 L	90 L
HUM-GUA	90 L	90 L

Fuente: Trabajo de campo Ambius S.A.S., 2023

**Fotografía 2-20 Colecta de muestra de fitoplancton.**



Fuente: Trabajo de campo Ambius S.A.S., 2023

**Fotografía 2-21 Colecta de muestra de zooplancton**



Fuente: Trabajo de campo Ambius S.A.S., 2023

**2.3.1.2.5.3.2 Perifiton**

Para la colecta de las muestras de perifiton se efectuó raspando los sustratos sumergidos en los cuerpos de agua, como troncos, piedras y hojas (ver Fotografía 2-22). Para este propósito, se empleó como instrumento colector un cepillo y se tuvo en cuenta el área de raspadura (cuadrante de perifiton de 12 cm<sup>2</sup>) por cuerpo de agua (Tabla 2-59). Posteriormente, los microorganismos adheridos al instrumento fueron resuspendidos en un frasco plástico ámbar con solución Transeau, al cual se le agregaron unas gotas de Lugol para facilitar la identificación en el laboratorio. Finalmente, las muestras fueron marcadas, registradas en las planillas de campo y almacenadas en contenedores isotérmicos para su posterior traslado al laboratorio.

**Tabla 2-59 Datos de número de raspados y área de muestreo de la comunidad perifítica**

Estación de muestreo	Numero de raspaduras	Sustratos	Área muestreada (cm <sup>2</sup> )
CM-AB	5	Sustratoy Hojas	60
QNN-AB	5	Sustrato	60
QNN-AR	5	Tronco y Sustrato	60
CM-AR	5	Troncos	60
CAF-AB	5	Hojas y Troncos	60
QLF-AR	5	Rocas, Hojas y Troncos	60
QLF-AB	5	Hojas	60
CAF-AB	5	Hojas y Sustrato	60
NO-AR	5	Troncos y Sustrato	60
QLP-AR	5	Rocas y Hojas	60
CAÑ-AB	5	Sustrato	60
CAN-TOR	5	Troncos y Sustrato	60
CAÑ-AR	5	Rocas	60
QNOV-AR	5	Hojas y Troncos	60
NO-AB	5	Sustrato	60
HUM-TOR	5	Hojas y Troncos	60
QLP-AB	5	Rocas	60

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Estación de muestreo	Numero de raspaduras	Sustratos	Área muestreada (cm <sup>2</sup> )
HUM-GUA	5	Hojas	60
QNOV -AB	5	Troncos y Sustrato	60

Fuente: Trabajo de campo Ambius S.A.S., 2023

### Fotografía 2-22 Toma de muestras de perifiton.



Fuente: Trabajo de campo Ambius S.A.S., 2023

#### 2.3.1.2.5.3.3 Macroinvertebrados Bentónicos

La colecta de las muestras de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (bentos) se utilizó mediante el uso de una Red Surber de 500  $\mu$ m la cual fue colocada sobre el sustrato con la abertura en contra de la corriente; de esta manera, el material removido del sustrato es arrastrado hacia el interior del cono de la red, donde los sedimentos junto con los organismos quedan retenidos (ver Fotografía 2-23). Se realizaron varios barridos con el fin de homogenizar la muestra y hacerla representativa. El material fue depositado en bolsas de seguridad y fijado con solución Transeau. Posteriormente las muestras fueron rotuladas y almacenadas en una nevera de "icopor". En la Tabla 2-60 se muestra el área de muestreo por estación.

**Tabla 2-60 Datos de área de muestreo de la comunidad bentónica.**

Estación de muestreo	Área muestreada (m <sup>2</sup> )
CM-AB	0,45
QNN-AB	0,45
QNN-AR	0,45
CM-AR	0,45
CAF-AB	0,45
QLF-AR	0,45
QLF-AB	0,45
CAF-AB	0,45
NO-AR	0,45
QLP-AR	0,45
CAÑ-AB	0,45
CAN-TOR	0,45
CAÑ-AR	0,45

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Estación de muestreo	Área muestreada (m <sup>2</sup> )
QNOV-AR	0,45
NO-AB	0,45
HUM-TOR	0,45
QLP-AB	0,45
HUM-GUA	0,45
QNOV -AB	0,45

Fuente: Trabajo de campo Ambius S.A.S., 2023

### Fotografía 2-23 Toma de muestra del componente bentónico mediante Red Surber.



Fuente: Trabajo de campo Ambius S.A.S., 2023

#### 2.3.1.2.5.3.4 Peces

La toma de muestras de la comunidad íctica se realizó empleando una Nasa (ver Fotografía 2-24). Se efectuaron varios arrastres, en un tiempo determinado con el fin de estandarizar la captura por unidad de esfuerzo, en el caso del tiempo (Tabla 2-61). En caso de atrapar algún individuo, éste sería devuelto a su medio natural, después de tomar fotografías y datos morfométricos. Como complemento de la información obtenida mediante capturas directas se realizaron encuestas a los peatones de la zona, estos datos fueron recopilados en formatos de encuesta diseñados para tal fin (Ver Anexo 4 Calidad del agua).

**Tabla 2-61 Arte de pesca y esfuerzo de muestreo por estación.**

Estación de muestreo	Arte de pesca	Esfuerzo de muestreo
CM-AB	Nasa	30 minutos
QNN-AB		
QNN-AR		
CM-AR		
CAF-AB		
QLF-AR		
QLF-AB		
CAF-AB		
NO-AR		
QLP-AR		
CAÑ-AB		
CAN-TOR		

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Estación de muestreo	Arte de pesca	Esfuerzo de muestreo
CAÑ-AR		
QNOV-AR		
NO-AB		
HUM-TOR		
QLP-AB		
HUM-GUA		
QNOV -AB		

Fuente: Trabajo de campo Ambius S.A.S., 2023

### Fotografía 2-24 Arrastres de Nasa.



Fuente: Trabajo de campo Ambius S.A.S., 2023

#### 2.3.1.2.5.3.5 Macrófitas Acuáticas

El monitoreo de macrófitas acuáticas se realizó a partir de observaciones directas y/o uso de cuadrante de 1 m<sup>2</sup> (ver Fotografía 2-25 y Tabla 2-62). Los morfotipos encontradas en campo se colectaron manualmente, tratando de obtener una muestra representativa, con todas las estructuras posibles (raíces, hojas, etc.) que facilitara su análisis en laboratorio. Posteriormente, éstas se extendieron en hojas de papel periódico y con la ayuda de un atomizador se rosearon con solución alcohol al 70% y se prensaron en dos láminas de cartón para su conservación y transporte.

**Tabla 2-62 Esfuerzo de muestreo por estación para el monitoreo de macrófitas acuáticas.**

PUNTO DE MUESTREO	TIPO DE MONITOREO	ESFUERZO MUESTREAL
CM-AB	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
QNN-AB	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
QNN-AR	Cuadrante	No se observaron macrófitas
CM-AR	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
CAF-AB	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
QLF-AR	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
QLF-AB	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
CAF-AB	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
NO-AR	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

PUNTO DE MUESTREO	TIPO DE MONITOREO	ESFUERZO MUESTREAL
QLP-AR	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
CAÑ-AB	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
CAN-TOR	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
CAÑ-AR	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
QNOV-AR	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
NO-AB	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
HUM-TOR	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
QLP-AB	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
HUM-GUA	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno
QNOV -AB	Cuadrante	5 cuadrantes de 1 m <sup>2</sup> cada uno

Fuente: Trabajo de campo Ambius S.A.S., 2023

### Fotografía 2-25 Muestreo de la comunidad de macrófitas acuáticas.



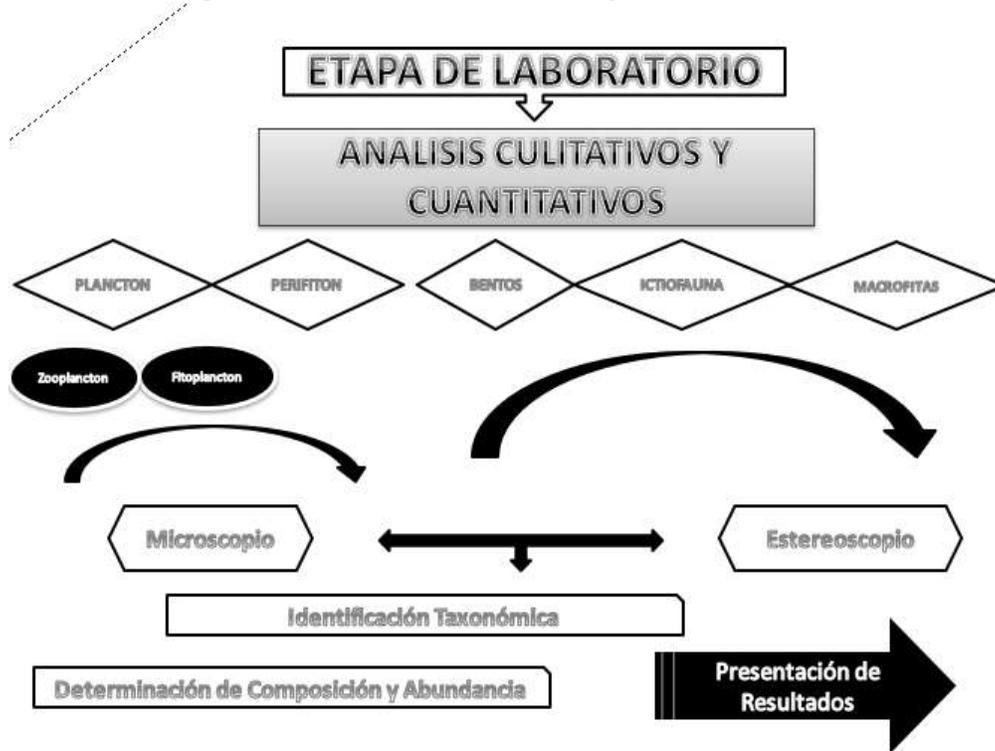
Fuente: Trabajo de campo Ambius S.A.S., 2023

#### 2.3.1.2.5.4 Proceso metodológico - Etapa de laboratorio

En esta etapa se realizó el análisis de las muestras colectadas en campo, por parte del laboratorio Ambius S.A.S. acreditado por el IDEAM para el análisis de laboratorio de comunidades hidrobiológicas según Resolución 0048 del 15 de enero de 2021 (Ver Anexo EA.I-2.3.4-1 & Anexo EA.I-2.3.4-2, Resoluciones de Acreditaciones ante el IDEAM de Laboratorios).

En esta etapa, se procedió al análisis de las muestras colectadas en campo mediante la determinación de la composición y abundancia de las comunidades hidrobiológicas en los ecosistemas señalados anteriormente. Las actividades pertenecientes a esta etapa se muestran en la Figura 2-28.

Figura 2-28 Actividades de la etapa de laboratorio



Fuente: Ambius S.A.S., 2023

El recuento e identificación de los organismos del plancton y el perifiton, se realizó con base a la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 22 (2017). Se empleó un microscopio de luz compuesto en aumentos de 10X y/o 40X y en una cámara Sedgwick-Rafter donde se realizaron varios transectos visuales por medio de barridos en zig-zag con el fin de contabilizar todos los organismos presentes en las muestras tomadas (ver Fotografía 2-26).

Las muestras colectadas de macroinvertebrados acuáticos, fueron seleccionadas haciendo uso de tamices de 0,5 mm. Este material fue analizado sobre bandejas esmaltadas blancas, cajas de Petri y portaobjetos con ayuda de un microscopio de luz (aumentos de 10X y 40X) y/o estereoscopio, según la necesidad.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

**Fotografía 2-26 Montaje en microscopio de luz compuesto de la placa Sedgwick-Rafter para análisis de plancton y perifiton**



Fuente: Trabajo de laboratorio Ambius S.A.S., 2023

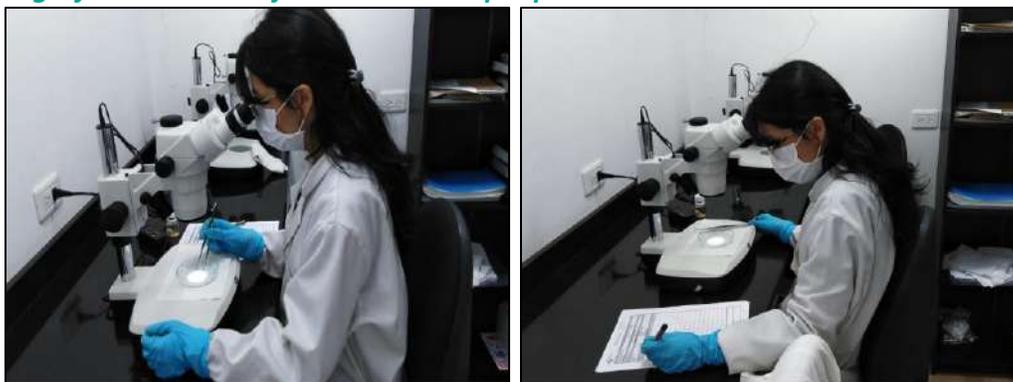
Las muestras colectadas de macroinvertebrados acuáticos (bentos), fueron seleccionadas haciendo uso de tamices de 0,5 mm y 2 mm (Fotografía 2-26). Este material fue analizado sobre bandejas esmaltadas blancas, cajas de petri y portaobjetos con ayuda de un estereoscopio (Fotografía 2-27).

**Fotografía 2-27 Tamices utilizados para la separación de individuos**



Fuente: Ambius S.A.S., 2023

**Fotografía 2-28 Montaje en estereoscopio para en análisis de macroinvertebrados**



Fuente: Ambius S.A.S., 2023

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Finalmente, para las macrófitas acuáticas, su identificación se basó en la observación de las estructuras vegetativas y florales de las plantas, se colectaron en campo aquellos ejemplares no identificados. En laboratorio las muestras se analizaron haciendo uso de un estereoscopio.

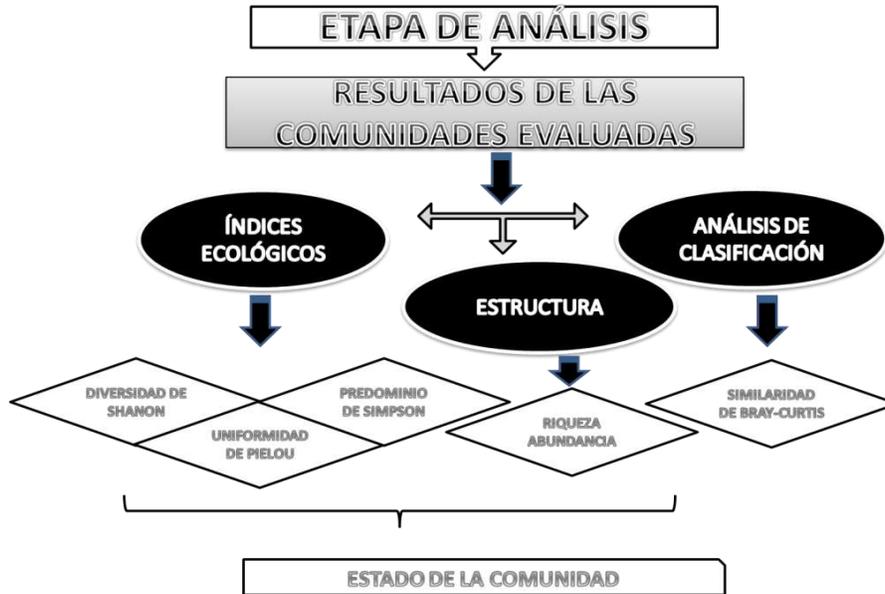
Para la identificación y ubicación taxonómica de cada una de las comunidades evaluadas, se utilizaron claves taxonómicas, dibujos y descripciones de bibliografía especializada. Los datos obtenidos de las comunidades hidrobiológicas fueron recopilados en tablas primarias. Para el plancton en general (fitoplancton y zooplancton) se expresó en número de organismos por mililitro (org/ml), de acuerdo con el volumen de agua filtrado en campo y para la comunidad perifítica se expresó en organismos por centímetro cuadrado (org/cm<sup>2</sup>).

Para macroinvertebrados bentónicos, se tuvo en cuenta el total de individuos contabilizados en cada taxón determinado y el área de muestreo (número de puestas de la red Surber), registrando de esta forma el total de individuos por unidad de área, en este caso por metro cuadrado (Org/m<sup>2</sup>). Finalmente, en el caso de las macrófitas acuáticas el registro se hace por porcentaje de cobertura dentro de cada cuadrante en cada estación, registrando de esta forma el total de individuos por unidad de área (m<sup>2</sup>).

### 2.3.1.2.5.5 Proceso metodológico - Etapa de análisis

Esta fase está constituida por la tabulación y evaluación de los resultados obtenidos y la posterior determinación del estado ecológico de las estaciones de muestreo. En la Figura 2-21, se observan las actividades que se llevaron a cabo para cumplir con los objetivos de dicha etapa.

Figura 2-29 Actividades de la etapa de gabinete de comunidades hidrobiológicas



Fuente: Ambius S.A.S., 2023

Para establecer el estado de los ecosistemas evaluados se determinaron los índices de diversidad de Shannon, predominio de Simpson y uniformidad de Pielou, a partir de los valores de la composición hidrobiológica del perifiton, plancton y bentos, utilizando el paquete estadístico Primer V5® (2001).

El índice de diversidad se calcula a partir de la siguiente ecuación:

**Ecuación 2-31 Índice de diversidad**

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log \log p_i$$

Donde

- $p_i$ : es la proporción real de individuos ( $n_i/N$ ) de la especie  $i$
- $s$ : número total de especies observadas.

El predominio se calcula a partir de la siguiente relación:

**Ecuación 2-32 Predominio**

$$D = \sum (p_i)^2$$

Donde se calcula la probabilidad de que al sacar dos (2) individuos de una comunidad, sean la misma especie.

El índice de uniformidad es inverso al predominio y se calcula con la ecuación:

***Ecuación 2-33 Índice de uniformidad***

$$J = \frac{H}{H_{max}}$$

Donde  $H_{max}$  (= log s) corresponde a la diversidad más alta posible, que se obtiene si todas las especies tuvieran la misma abundancia.

Los índices de diversidad que más se emplean son los basados en la teoría de la información (Shannon– Weaver 1949 Citado por Roldán, 1992). Otro índice calculado fue el de Pielou, que trabaja con base al índice de diversidad y mide la uniformidad de las especies en términos de riqueza y abundancia. Su valor va de cero (0) a uno (1), de forma que uno (1) corresponde a situaciones donde la riqueza y abundancia de todas las especies son iguales (Pinilla, 1998).

El índice de Simpson (D) es una medida de dominancia y a razón que ésta se incrementa, la diversidad decrece; este índice sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total de especies y puede presentar valores entre cero (0) y uno (1). Entre cero (0) y 0,5 sugieren la presencia de una o más especies dominantes en la comunidad, mientras que valores cercanos a uno (1) indican que no hay predominio de una especie en particular, lo que indica un mejor estado del cuerpo de agua.

Para el caso específico de la comunidad bentónica se realizó el cálculo del índice BMWP/Col. (Biological Monitoring Working Party modificado para Colombia por Roldán, 1998) es un método de valoración de la calidad biológica de un cuerpo de agua y fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método rápido para evaluar la calidad del agua, usando los macroinvertebrados como indicadores. Con base a investigaciones realizadas en Colombia, se adaptó el Índice BMWP/Col. de acuerdo con los macroinvertebrados existentes en ríos y quebradas del país. En la se presentan las categorías

El puntaje oscila de uno (1) a 10 valor definido por la tolerancia de los diferentes taxones a la contaminación. Roldán (2003) con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta nivel de familia propone utilizar la adaptación del método anteriormente descrito (BMWP/Col.) y aplicarla a los cuerpos de agua de nuestro país (Tabla 2-50).

**Tabla 2-63 Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representación**

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	101 - >150	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Tomado y modificado de Roldán, 2012

Complementariamente se desarrolló un análisis de ordenación a partir de una prueba estadística no paramétrica (Similaridad de Bray-Curtis) mediante el uso de la herramienta estadística PAST<sup>®</sup> (Paleotological Statistics Version. 3.06) (Hammer et al., 2001), con el fin de determinar grados de semejanza entre estaciones de muestreo respecto a la composición y abundancia de los organismos reportados para cada taxón. Cabe mencionar que en este estudio se obtuvo un listado de especies bastante extenso, pero que al aplicar el criterio recomendado por ter Braak (1986) para realizar el análisis de correspondencia canónica, se incluyeron las especies más frecuentes, y se eliminaron las especies raras o con una frecuencia menor a 30%, con el fin de reducir el error en este análisis.

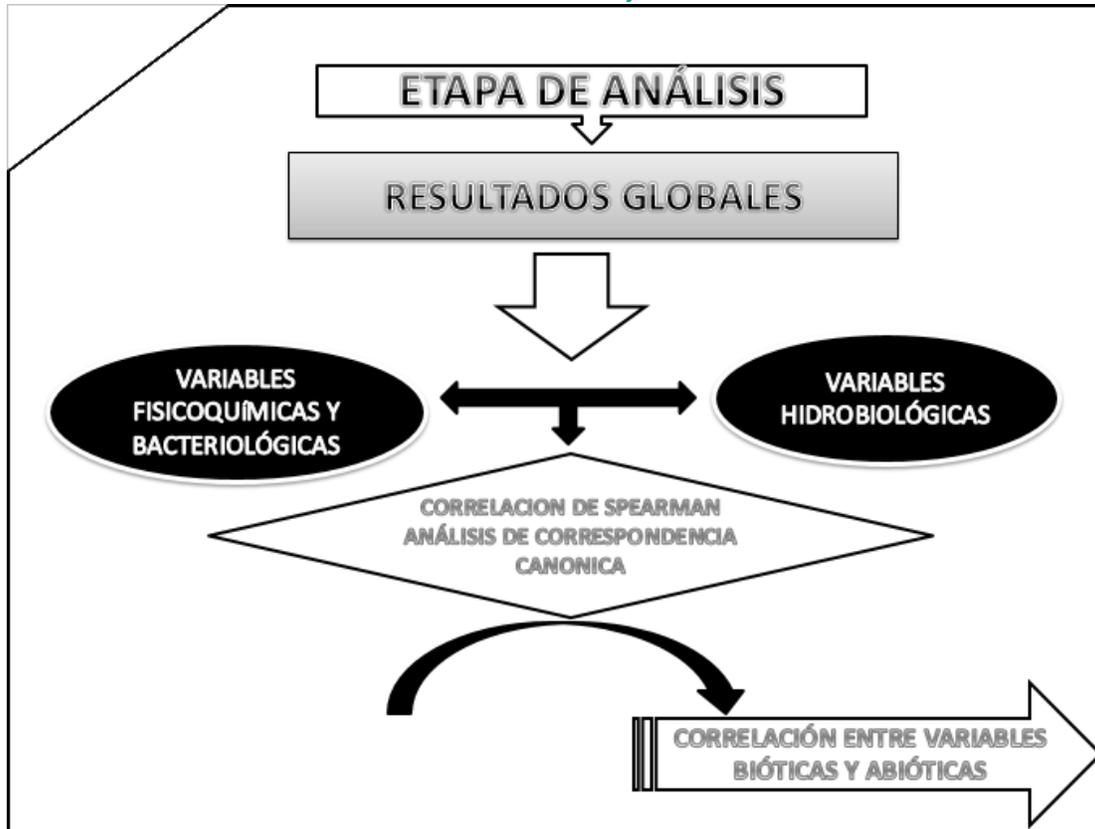
Para evaluar la integración de los resultados obtenidos de los muestreos de calidad de agua y ecosistemas acuáticos realizados, se realizó la correlación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de calidad del agua con la abundancia y diversidad de la comunidad caracterizada, haciendo uso de la prueba estadística no paramétrica del test de Spearman. Lo anterior permitió identificar si existen o no asociaciones con significancia estadística entre las variables abióticas y bióticas independientes caracterizadas (Ramírez, 1999).

Para conocer los parámetros determinantes en la distribución de especies entre los puntos evaluados se realizó otro análisis no paramétrico como el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) mediante el uso de la herramienta estadística PAST<sup>®</sup> (Paleotological Statistics Version. 3.06) (Hammer et al., 2001), cuyo resultado es un diagrama de ordenación donde las especies y sitios son representados por puntos y las variables ambientales por vectores; cada eje explica una fracción decreciente de la varianza de la correlación de los taxa respecto a las variables ambientales (Ramírez, 1999). Cabe mencionar que en este estudio se obtuvo un listado de especies de bastante extenso, pero que al aplicar el criterio recomendado por ter Braak (1986) para realizar el análisis de correspondencia canónica, se incluyeron las especies más frecuentes, y se eliminaron las especies raras o con una frecuencia menor a 30%, con el fin de reducir el error en este análisis.

Finalmente, con el fin de conocer las variables determinantes en la agrupación de estaciones respecto a los resultados de calidad del agua, se llevó a cabo una prueba no paramétrica de Análisis de Componentes Principales con una transformación logarítmica

propuesta por Margalef (1983) para reducir el error en este análisis. Con este análisis se obtiene un diagrama de ordenación donde los sitios son representados por puntos y las variables ambientales por vectores; cada eje explica una fracción de la varianza de las estaciones respecto a las variables ambientales (Figura 2-30).

**Figura 2-30 Actividades de la etapa de gabinete. Tratamiento estadístico de correlación de variables bióticas y abióticas**



Fuente: Ambius S.A.S., 2022

#### 2.3.1.2.6 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas

Con el objetivo de identificar ecosistemas estratégicos, áreas sensibles y áreas protegidas, se consultaron tanto fuentes oficiales como entidades que declaren categorías de manejo para zonas de interés ambiental y que deben tener un manejo especial; las fuentes consultadas incluyen las siguientes:

- Sistema de Información Ambiental de Colombia -SIAC
- Sistema de información de alertas tempranas - TREMARCTOS COLOMBIA 3
- Sistema Nacional de Información Foresta I- SNIF
- Catálogo de información Geográfica – GeoNetwork del Instituto Alexander Von Humboldt

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

- Visor Geográfico PNN -Visor Geográfico Parques Nacionales
- Visor Geográfico Mapas Bogotá
- Sistema de Información Geográfica, Visor Geográfico e Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital – IDECA
- Visor Geográfico de la Secretaría Distrital de Ambiente
- Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá (Decreto 555 de 2021)

Adicionalmente se elevaron consultas mediante oficio a diferentes entidades del orden nacional, regional y distrital, a fin de validar la presencia de ecosistemas estratégicos, sensibles, y áreas protegidas que estuvieran inmersas, total o parcialmente con el área de influencia, y el área de intervención del proyecto; las entidades consultadas incluyen las siguientes:

- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos - Alexander Von Humboldt
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MINAMBIENTE
- Parques Nacionales Naturales de Colombia – PNN
- Secretaría Distrital de Ambiente – SDA

Los oficios remisorios, así como las respuestas recibidas a la fecha de elaboración del presente estudio, pueden consultarse en el Anexo 1\_2 y Anexo 1\_4 Consulta y respuesta de entidades.

A partir de la consulta tanto de fuentes de información oficial como de las entidades del orden nacional se pudo establecer, que en el área de influencia del proyecto se localizan los siguientes ecosistemas estratégicos, sensibles, y áreas protegidas.

- Estructura Ecológica Principal del Distrito Capital de Bogotá
- Áreas de Conservación del Distrito Capital de Bogotá
- Áreas Protegidas del Distrito Capital de Bogotá
- Zonas de reserva forestal protectora
- Sitio RAMSAR, Complejo de Humedales Urbanos del Distrito Capital de Bogotá

### 2.3.1.3 Medio Socioeconómico

#### 2.3.1.3.1 Procesos de participación y comunicación

##### 2.3.1.3.1.1 Etapa pre campo:

Durante esta etapa se llevó a cabo la convocatoria y la socialización del inicio del estudio de impacto ambiental. Para este proceso de acercamiento oficial con las comunidades del área de influencia del proyecto y autoridades a nivel territorial, distrital y local, se desarrolló como estrategia la implementación de cuatro (4) espacios de socialización con el fin de informar el inicio del Estudio de Impacto Ambiental – EIA.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Esta metodología busco generar una mayor participación de todos los actores sociales vinculados al proyecto, generando en primera medida una socialización a nivel general donde se convocaron tantos actores institucionales, gremios y comunidad en general, a desarrollarse en un club perteneciente al área de influencia directa del proyecto. Con el fin de acercarse más al territorio compuesto por los barrios y conjuntos residenciales se pensó la segunda y tercera socialización, a realizarse en los salones comunales del barrio Güicani y Verbenal. Así mismo, se propuso un cuarto espacio para las comunidades a las que no les fuera posible a asistir en las anteriores tres fechas, el cual estuvo dirigido a comunidad en general y gremios, llevado a cabo en el Centro Comercial BIMA, ubicado sobre la Autopista Norte.

Para este espacio se desarrollaron los siguientes medios de convocatoria:

- Correspondencia física
- Correspondencia virtual
- Envío de piezas digitales por medios virtuales
- Llamadas telefónicas

En aras de garantizar la mayor cantidad de participantes y de lograr que la información llegará a más población, se implementó como estrategia adicional, la trasmisión de la reunión por video llamada, con un link dispuesto en la página del Concesionario, lo cual fue notificado en los oficios de convocatoria.

### 2.3.1.3.1.2 Etapa Campo

En esta etapa se presentaron varios espacios de socialización y participación. El primero de estos fue la socialización de los resultados de caracterización de los medios biótico, abiótico y socioeconómico, se propuso como estrategia la generación de un solo espacio en el que convergieron todos los actores sociales, institucionales, autoridades, gremios, lideres, representantes de Junta, administradores de conjunto y comunidad en general.

Este espacio fue desarrollado en el Club Campestre CAFAM de la Calle 215, se continuo con la estrategia de transmisión de la reunión por video llamada, en esta ocasión y con el ánimo de mejora del proceso se incluyó el link y el código QR de acceso en el oficio de convocatoria.

Para este espacio se desarrollaron los siguientes medios de convocatoria:

- Comunicación Oficial radicada presencial y/o virtual
- Llamadas telefónicas
- Envío de Pieza Digital
- Publicación de Pieza Digital en página web de Concesionario

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Por otra parte, se desarrollaron los talleres de impacto ambiental, estos se implementaron en tres espacios, el primero en el que se invitó a actores sociales, como instituciones y autoridades territoriales, distritales y locales para la primera fecha. En la segunda se invitó a todos los líderes, presidentes de Junta, administradores y comunidad en general del costado occidental sector Suba, así como en la tercera fecha se invitaron estos mismos actores en el costado oriental sector Usaquén. Para estos eventos se contó también con la transmisión de los talleres por video llamada, medio por el cual los asistentes virtuales podían hacer comentarios u intervenciones.

Estos espacios se desarrollaron de forma participativa, se presentó la matriz de impactos identificados, así como las posibles medidas de manejo a través de la proyección en pantalla, así como con la matriz impresa, con el ánimo de propiciar la participación de los asistentes para modificar o complementar esta información, por lo que de forma inmediata se generaron los ajustes en la matriz con los aportes de los asistentes tanto de manera virtual como presencial.

La convocatoria para los talleres de impacto se adelantó a través de:

- Correspondencia física
- Correspondencia virtual
- Envío de piezas digitales por medios virtuales
- Llamadas telefónicas
- Perifoneo

Adicional a los tres primeros talleres de impacto convocados por la consultoría ambiental, se generó un cuarto encuentro, programado por la Asociación Red Borde Norte donde se desarrolló taller de impactos y a la par el avance del estudio de impacto ambiental, esta reunión fue llevada a cabo en el Club los Búhos.

Por otra parte, se realizó mesa de trabajo con el Aeropuerto Guaymaral con el objeto de coordinar acciones para el manejo de la avifauna en la construcción del proyecto Accesos Norte 2 y de verificar la Incidencia del corredor vial en el Cono de aproximación del aeropuerto.

Todo este proceso metodológico fue desarrollado desde el mes de noviembre de 2022, hasta el mes de marzo de 2023.

### 2.3.1.3.1.3 Etapa Pos Campo

Posterior a todo el desarrollo de la evaluación de impactos y de la estructuración del documento del estudio se programa la reunión final de socialización con el fin de "Dar a conocer y oficializar ante las Autoridades Distritales, entidades, instituciones,

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto “Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5.”



organizaciones y comunidades del Área de Influencia, el resultado final y cierre del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para obtener la Licencia Ambiental, necesaria para la construcción del Proyecto “Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5.”

Esta socialización se desarrolló en un único espacio en el que convergieron tanto actores institucionales como comunitarios, como en los eventos anteriores se transmitió la reunión por video llamada, lo cual fue notificado en la convocatoria con el fin de generar mayor asistencia y participación.

La convocatoria para esta última socialización se adelantó a través de:

- Correspondencia física
- Correspondencia virtual
- Envío de piezas digitales por medios virtuales
- Llamadas telefónicas

### 2.3.1.3.2 Fase Precampo

#### 2.3.1.3.2.1 Definición de área de influencia socioeconómica

Con el objetivo de identificar los actores sociales involucrados en el desarrollo del proyecto vial, fue necesario primero identificar el área de influencia socioeconómica; para lo cual se tomó como referente el “**Mapa de Referencia de Bogotá**”, el cual es el resultado del trabajo conjunto entre las siguientes entidades distritales:

- Secretaría Distrital de Planeación - SDP
- Secretaría Distrital de Movilidad - SDM
- Instituto de Desarrollo Urbano - IDU
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. - EAAB
- la Empresa de Transporte del Tercer Milenio -Transmilenio S.A.,
- Servicios Postales Nacionales S.A. 4-72 y
- Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital - UAECD

Esta información a su vez fue enriquecida con la información del instrumento de ordenamiento territorial del Distrito Capital, a fin de identificar las unidades mayores y menores de las que hablan los términos de referencia.

Es importante señalar que la Ciudad de Bogotá Se encuentra en un proceso de transición normativo, toda vez que, durante la formulación del presente documento, entro en vigor el Decreto Distrital 555 de 2021, “Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.”, el cual deroga entre otros el Plan de Ordenamiento Territorial vigente desde 2004 contenido en el Decreto Distrital 190 de 2004; no obstante y aunque el Decreto 555 propone la implementación de las Unidades de Planeamiento Local – UPL, su consolidación aún no ha sido posible, y a nivel de entidades del Distrito, la información oficial aún se centra en Unidades de Planeamiento Zonal – UPZ.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Así las cosas, el presente documento vincula en sus análisis, y en la delimitación del área de influencia las UPL y UPZ como unidades menores de análisis.

### 2.3.1.3.2.2 Elaboración de Directorio de actores

Después de contar con el área de influencia de estudio preliminar y de delimitar las unidades territoriales mayores y menores se generó la construcción de un directorio de actores el cual contempla, Autoridades del Orden Nacional, Regional y Distrital, entidades, instituciones, organizaciones y comunidades del área de influencia (Ver Anexo 9\_5 Directorio de actores)

En el proceso de proximidad al territorio, en la identificación de actores sociales y delimitación del área de Influencia del proyecto se generaron acercamientos con la Asociación Red de Apoyo Borde Norte, la cual agrupa organizaciones sociales, establecimientos comerciales, educativos, de transporte, inmobiliario y otros actores relevantes; dicha asociación participo de forma activa, sirviendo de puente entre la comunidad que representa, al igual que de divulgador de los procesos de convocatoria del EIA.

Para esta primera etapa se generaron dos espacios de encuentro, con la asociación:

- Octubre 20 de 2022 con representantes de la asociación Borde Norte, Consultoría de Estudio de impacto ambiental y Consorcio Constructor Sabana Norte
- Noviembre 22 de 2022 representantes de la asociación Borde Norte, Consultoría de Estudio de impacto ambiental y Consorcio Constructor Sabana Norte

**Fotografía 2-29 Reunión octubre 20 con Asociación Red Borde Norte 2022**



**Fotografía 2-30 Reunión noviembre 22 con Asociación Red Borde Norte 2022**



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

### 2.3.1.3.3 Fase Campo

Después de delimitar el área de influencia del estudio, de identificar las Unidades Territoriales Mayores y menores y de contar con el directorio de actores, se procede a generar citas de encuentro con los actores sociales en este caso: Presidentes y miembros

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



de Juntas de Acción comunal en los barrios, con administradores de conjuntos o unidades residenciales y actores estratégicos, con el fin de aplicar el instrumento correspondiente. En el Anexo 9\_1 Instrumentos de recolección se desglosan las personas que fueron entrevistadas, número y población a la que representan.

Para facilitar la captura de la información se generan dos instrumentos de recolección:

1. Ficha técnica de caracterización socioeconómica (Ver Anexo 9\_1 Instrumentos de recolección)
2. Entrevista semiestructurada (Ver Anexo 9\_1 Instrumentos de recolección)

Los dos instrumentos se encuentran enfocados en recopilar información referente a los componentes del medio socioeconómico, como lo son:

- Demográfico: En lo relacionado al total de población en la unidad territorial, número de viviendas, número de familias, tipologías de familias, tipo de poblamiento, tipo de población habitante, entre otros.
- Espacial: Disponibilidad de servicios públicos, calidad en la prestación de los servicios, cobertura en educación, tipo de infraestructura educativa y de salud, caracterización y tipo de viviendas, vías y transporte público, entre otros.
- Económico: Principales actividades económicas, Ocupación de la población, fuentes de empleo, entre otros.
- Cultural: Fiestas tradicionales, sitios de interés cultural o paisajístico, sitios de encuentro, entre otros.
- Político Organizativo: Tipo de infraestructura comunitaria, equipamientos, organizaciones sociales, presencia institucional, planes y/o programas en el territorio, entre otros.
- Tendencias de Desarrollo: Conocimiento sobre proyectos u obras en proyección del sector

Por lo que las preguntas de los instrumentos fueron enfocadas a dar respuesta a estos componentes, para tener un conocimiento más cercano de la población y sus dinámicas.

A continuación, se presenta matriz de aplicación de los instrumentos de recolección de información:

**Tabla 2-64 Matriz Aplicación de Instrumentos de caracterización – medio socio económico**

Localidad	Unidad Territorial Mayor	Tipo de Unidad	Unidad Menor Territorial	Cargo	Cantidad de Población que representa
USAQUEN	UPZ 9 - Verbenal	Barrios	Verbenal Sector 1	Presidente JAC	6000
			Verbenal Sector 2	Presidente JAC	3800
			San Antonio	Presidente JAC	1200

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Localidad	Unidad Territorial Mayor	Tipo de Unidad	Unidad Menor Territorial	Cargo	Cantidad de Población que representa
	UPZ 1 Paseo de los Libertadores	Conjuntos u Unidades Residenciales	Canaima	Presidente JAC	4500
			C.R Balcones de San Carlos	Administrador	1200
			C.R Praderas de San Carlos	Administrador	1200
			C.R Quintas de San Marcos	Administrador	600
			C.R Torres de Santa Lucia	Administrador	1000
			C.R La Place	Administrador	1000
			C.R Darwin	Administrador	1200
			C.R Kepler	Administrador	1200
SUBA	UPZ 3 - Guaymaral UPZ 2- La Academia	Barrios	Güicani	Presidente JAC	2800
			Mirandela	Presidente JAC	28000
		Conjuntos u Unidades Residenciales	Administración Conjunto Torremolinos	Presidente JAC	600
			Administración conjunto Reservas de Mora Verde	Administrador	300
			Administración conjunto Mora Verde Etapa I	Administrador	162
			Conjunto Hacienda San Sebastián	Coordinador	400
			Conjunto Residencial Manzano Hacienda San Simón	Delegada de Administración	1880
<b>Actores Estratégicos</b>					
Representantes ASOJUNTAS Suba	Enfocado a componente Económico y Cultural, político administrativo, tendencias de desarrollo.	1 entrevista Semiestructurada	Representante Aso juntas	1.381.597 (Población Suba año 2020)	
Referente Comunal Suba			Referente Comunal		
Enlace Movilidad Suba			Enlace Movilidad		
Asociación Red de Apoyo Borde Norte <sup>22</sup>			Directora Ejecutiva		40 afiliados entre colegios, centros y establecimientos comerciales

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

A continuación, se presenta el registro fotográfico de algunos de los encuentros de la aplicación de los instrumentos de recolección de información:

<sup>22</sup> La asociación agrupa entre otros colegios y universidades, los cuales entre estudiantes, docentes y empleados cobijan una población de 182.387 personas, según datos propios a 2022.

Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

**Fotografía 2-31 Entrevista Directora Ejecutiva – Asociación Red Borde Norte**



**Fotografía 2-32 Entrevista con Administradora Conjunto Torres de Santa Lucia - Usaquen**



**Fotografía 2-33 Entrevista con miembro de organización comunitaria de movilidad en Suba**



**Fotografía 2-34 Entrevista con Asojuntas y Referente Comunal de Suba**



**Fotografía 2-35 Entrevista con miembros Junta Acción comunal Barrio Verbenal Sector II - Usaquén**



**Fotografía 2-36 Entrevista con miembros Junta Acción comunal Mirandela - Suba**



Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

Después de terminar con la aplicación de los instrumentos de recolección de información, se procedió a tabular y analizar la información capturada.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



### 2.3.1.3.4 Fase Post - campo

Con el ánimo de contar con la información de los componentes del medio socio económico, no solo de las unidades territoriales menores (información primaria – instrumentos de recolección de información), sino de igual manera de las unidades territoriales mayores que corresponden a las UPL - UPZ y a las localidades de Suba y Usaquén, como se delimita en el aparte del área de influencia socioeconómica, se realiza la búsqueda de información de estos componentes en fuentes secundarias oficiales, como por ejemplo:

- Diagnóstico de los principales aspectos territoriales, de infraestructura, demográficos y socioeconómicos de Usaquén Secretaria de Planeación – Bogotá 2017
- Diagnóstico de los principales aspectos territoriales, de infraestructura, demográficos y socioeconómicos de Suba Secretaria de Planeación – Bogotá 2017
- Caracterización del Sector Educativo, 2019 – 2020 Usaquén, Alcaldía Mayor de Bogotá
- Atlas de Salud Pública – Hospital de Usaquén – 2015
- Consolidado de Diagnósticos para la localidad de Usaquén – Documento base para la construcción del Plan de Desarrollo local 2021- 2024 – Alcaldía Local de Usaquén
- Directorio Medios Comunitarios Usaquén – Alcaldía Mayor de Bogotá
- Caracterización del Sector Educativo, 2019 – 2020 Suba, Alcaldía Mayor de Bogotá
- Documento técnico de base, Plan de Desarrollo Local 2021- 2024 – Alcaldía Local Suba
- Atlas de Salud Pública – Hospital Suba – 2015
- Lectura Integral de Realidades, Localidad Suba, Secretaria de Integración Social, 2021
- Diagnóstico Integral de la Participación Ciudadana – Usaquén, Instituto Distrital de la participación y Acción Comunal – IDPAC, 2020
- Diagnóstico Integral de la Participación Ciudadana – Suba, Instituto Distrital de la participación y Acción Comunal – IDPAC, 2020
- Observatorio de Desarrollo Económico, Infografía Usaquén, Alcaldía de Bogotá, 2019
- Observatorio de Desarrollo Económico, Infografía Suba, Alcaldía de Bogotá, 2019
- Diagnostico Secretaria de Integración Social – SDIS, Localidad Suba 2017
- Diagnostico Secretaria de Integración Social – SDIS, Localidad Usaquén 2017
- Portafolio General de Servicios, Secretaria de Salud – Subred Integrada de servicios de Salud Norte E.S.E
- Propuesta de Lineamientos de la Red Local de Parques Suba, Secretaria de Cultura, Recreación y Deporte – Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014
- Propuesta de Lineamientos de la Red Local de Parques Usaquén, Secretaria de Cultura, Recreación y Deporte – Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



- Plan de Ordenamiento Territorial Bogotá Reverdece 2022- 2035, Secretaria de Planeación - Alcaldía Mayor de Bogotá
- Plan de Desarrollo Distrital 2020-2024 – Alcaldía Mayor de Bogotá

Después de revisar, ordenar y hacer análisis de los documentos se plasma la información necesaria en la estructuración del componente del medio socioeconómico según los términos de referencia.

### 2.3.1.3.4.1 Componente arqueológico

De acuerdo con el objetivo de investigación han sido diferentes las técnicas de recolección de información en campo, las cuales podrían ser consideradas con exitosas en la mayoría de los casos.

En primer lugar, el reconocimiento regional sistemático ha sido una metodología apropiada de recolección de datos que ha seguido en términos generales la propuesta de Drennan (1985, 2000, 2006) que fue implementada en el Valle de la Plata y que se basa en la inspección sistemática de un área de estudio a intervalos de 50 o 100 m. Casos exitosos en el Altiplano Cundiboyacense han sido desarrollados por diversos investigadores (Argüello, 2016; Boada, 2000, 2013; Langebaek, 1995, 2001) y en general les ha permitido discutir acerca de distribución de sitios y asentamientos, estableciendo patrones de asentamiento.

Para el área de estudio de manera específica, se destaca el realizado por Boada (2016) en una amplia de Bogotá y otros municipios como Chía y Cota. De manera general, en estos casos los investigadores hacen una combinación de 3 estrategias de recolección de datos, las cuales se ajustan a las condiciones del terreno. En primer caso, en aquellas áreas erosionadas o con suelo expuesto por actividades modernas como agrícolas, realizan inspección visual. Por otro lado, en las áreas con cobertura vegetal, realizan pozos de sondeo de 40x40 cm con una profundidad promedio de 60 cm – 80 cm y finalmente, en las zonas con perfiles expuestos son examinados en busca de materiales arqueológicos.

Ahora bien, cuando la escala es menor, pero no tanto como una unidad residencial (household), se han implementado reconocimientos detallados por medio de prospección arqueológica con distanciamiento entre 10 m, 15 m y 20 m. Esta técnica ha sido implementada en la gran mayoría de los programas preventivos de la zona, con el fin de establecer la presencia/ausencia de yacimientos arqueológicos y así determinar las medidas de manejo que componen el Plan de Manejo Arqueológico. En algunos de los casos anteriores, se realizaron revisiones en superficie y de perfiles con el fin de complementar la información proporcionada en los sondeos.

Finalmente, en el reconocimiento detallado de sitios las metodologías implementadas han estado orientadas a la recuperación de toda la información disponible, que en el caso de los Planes de Manejo Arqueológico han sido las excavaciones en área y los monitoreos

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



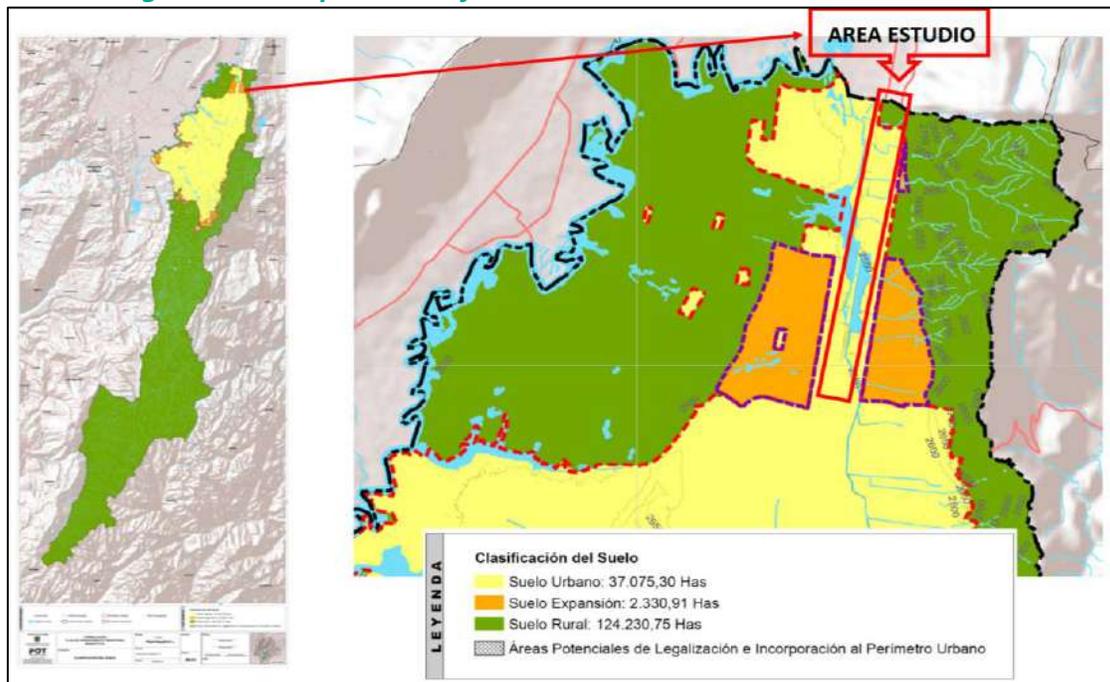
arqueológicos. Las excavaciones arqueológicas en unidades discretas (residenciales, enterramientos, ceremoniales, entre otros), sin duda han sido otro de los insumos metodológicos que se han usado cuando el interés se basó en la recuperación de información detallada sobre algún tipo de yacimiento arqueológico en particular. Esta funciona cuando la escala de análisis pasa de ser de comunidad a residencial. Como se sabe, es frecuente aplicar este tipo de metodologías en los programas de arqueología preventiva cuando es necesario mitigar la afectación al patrimonio en zonas puntuales donde los resultados de la prospección registraron contextos arqueológicos como áreas de vivienda, funerarios, de ritual, de producción, etc.

En resumen, se puede sugerir que cada una de las metodologías implementadas han estado en relación directa con la pregunta de investigación, el tamaño y el tipo de estudio, sobre todo el alcance de estos. Así mismo, es evidente que en los distintos proyectos (académicos y arqueología preventiva) realizaron una combinación de metodologías y estrategias de recolección de información acordes para la identificación de contextos arqueológicos y salvaguardar la integridad de estos y la información arqueológica.

### 2.3.1.3.4.2 Uso del suelo

De acuerdo con la información contenida en el POT de Bogotá (ver Figura 2-31, Figura 2-32 y Figura 2-33), el tramo correspondiente a las UF1 a UF5 ubicadas sobre la Autopista Norte, corresponde con áreas de suelo urbano y una pequeña fracción de suelo rural. Así mismo, se destacan zonas con humedales y estructuras ecológicas regionales y distrital. Finalmente, se aprecia en la Figura 2-33 que la estructura socioeconómica corresponde en su mayoría con zonas de estructura socioeconómica, creativa y de innovación (zonas industriales y corazones productivos de escala urbana).

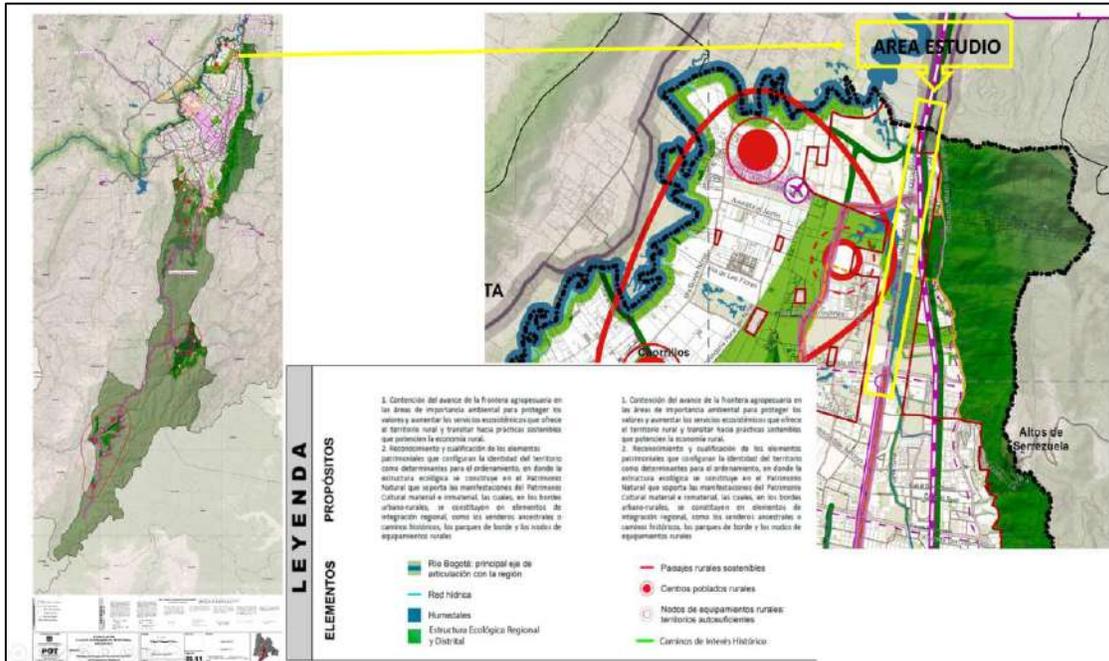
*Figura 2-31 Mapa de Clasificación del suelo. Detalle área de estudio*



Fuente: POT Bogotá

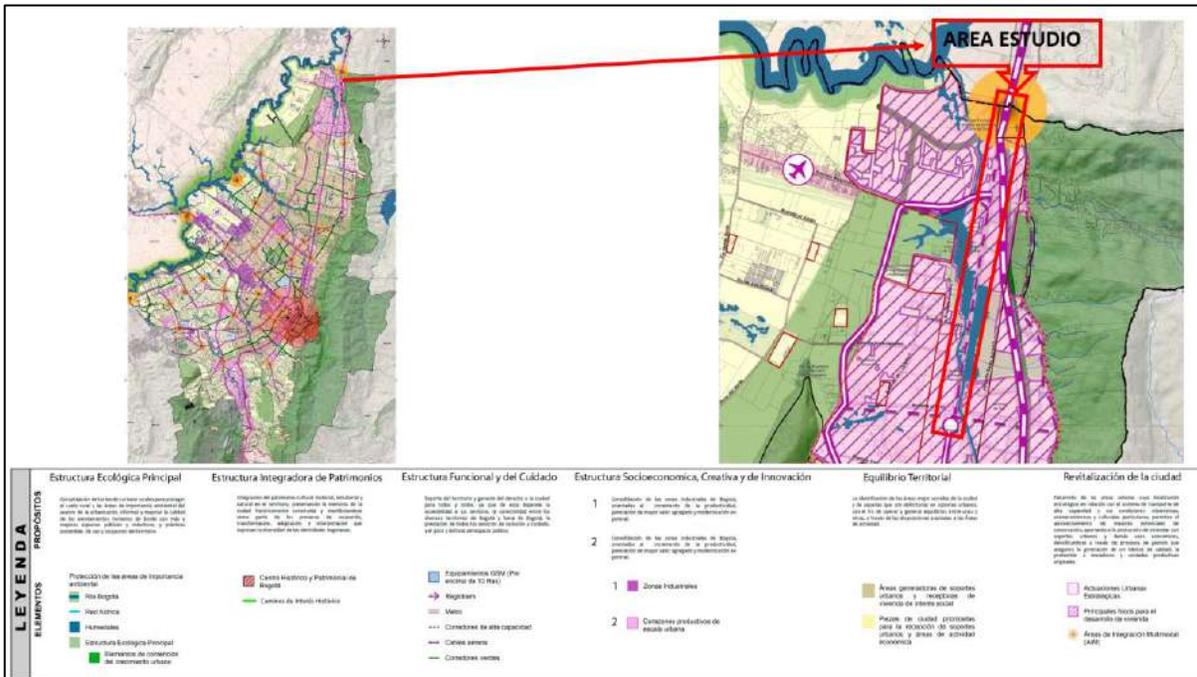
# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

**Figura 2-32 Mapa de Clasificación del suelo. Detalle área de estudio**



Fuente: POT Bogotá

**Figura 2-33 Mapa de Clasificación del suelo. Detalle área de estudio.**



Fuente: POT Bogotá

# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

A continuación, se incluyen algunas fotografías del estado actual del corredor que comprende las UF1 a UF5 (ver Fotografía 2-31 a Fotografía 2-48). Como se aprecia las zonas del separador son áreas verdes prospectables y los carriles laterales tienen superficies duras (asfálticas).

**Fotografía 2-37 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 sentido S-N (1)**



**Fotografía 2-38 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 sentido S-N (2)**



**Fotografía 2-39 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 – Calle 235 sentido S-N (1)**



**Fotografía 2-40 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 – Calle 235 sentido S-N (2)**



**Fotografía 2-41 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 224 sentido S-N (1)**



**Fotografía 2-42 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 224 sentido S-N (2)**



Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte  
Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

**Fotografía 2-43 Estado actual Autopista  
Norte y Calle 215 – Calle 209 sentido S-N  
(1)**



**Fotografía 2-44 Estado actual Autopista  
Norte y Calle 215 – Calle 209 sentido S-N  
(2)**



**Fotografía 2-45 Estado actual Autopista  
Norte y Calle 207 – Calle 215 sentido N-S  
(1)**



**Fotografía 2-46 Estado actual Autopista  
Norte y Calle 207 – Calle 215 sentido N-S  
(2)**



**Fotografía 2-47 Estado actual Autopista  
Norte y Calle 224 – Calle 235 sentido N-S  
(1)**



**Fotografía 2-48 Estado actual Autopista  
Norte y Calle 224 – Calle 235 sentido N-S  
(2)**



# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

**Fotografía 2-49 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 237 sentido N-S (1)**



**Fotografía 2-50 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 237 sentido N-S (2)**



**Fotografía 2-51 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 237 sentido N-S (1)**



**Fotografía 2-52 Estado actual Autopista Norte y Calle 235 – Calle 237 sentido N-S (2)**



**Fotografía 2-53 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 sentido N-S**



**Fotografía 2-54 Estado actual Autopista Norte y Calle 242 sentido N-S**



Fuente: CCSN, 2023

### 2.3.1.3.4.3 Metodología Prospección Arqueológica

Una vez analizada la información contextual y metodológica implementada en los diferentes Programas de Arqueología Preventiva, se proponen las siguientes medidas para el reconocimiento del área del proyecto:

#### 2.3.1.3.4.3.1 Prospección

Durante el registro se propuso la realización de pozos de sondeo de 40 x 40 cm distanciados cada 10 m en forma de zigzag y en caso de hallazgos o pruebas positivas hacer sondeos satélites cada 5 m; no obstante, una vez realizado el presente documento diagnóstico y al evaluar los informes realizados en zonas aledañas y las condiciones de uso actual de la zona, se propone ajustar el muestreo. De manera puntual, se propone la realización de pruebas de sondeo cada 20 m en todas las áreas que serán intervenidas y en las cuales dadas las características propias del terreno sea viable la realización de las pruebas intrusivas.

La metodología que se implementará consistirá en la realización de pozos de sondeo con una profundidad hasta el horizonte estéril, la cual de acuerdo con los estudios previos puede variar entre 20 y 70 cm de profundidad. Estas pruebas se ubicarán en transectos que cubrirán el total del área (Figura 2-34). Cada sondeo será ubicado en un plano y registrado en una ficha elaborada para este fin, donde se registrarán tanto las características del suelo como las posibles evidencias, si hubo o no hallazgos.

De llegar a hallar evidencias arqueológicas, se intensificará la realización de sondeos alrededor de la prueba positiva, ya sea cada 5 m o 10 m según se analice en campo la necesidad y efectividad de estos para delimitar con mayor precisión cualquier sitio arqueológico.

En el caso de las áreas a intervenir y que actualmente tienen superficies duras que imposibiliten la prueba intrusiva, se propondrán medidas a ejecutar durante la Fase de Implementación del Plan de Manejo Arqueológico

Figura 2-34 Proyección sondeos área a intervenir, proyecto Accesos Norte Fase II, UF1 a UF5



Fuente: CCSN, 2023

#### 2.3.1.3.4.3.2 Reconocimiento en superficie

En aquellas unidades donde la topografía no es apta para hacer sondeos o el suelo está desprovisto de vegetación (pastos), se realizará inspección visual superficial, al igual que se deberán revisar y registrar perfiles.

Se deberán tener Unidades Mínimas de Revisión (UMR) asociadas a la misma escala de la prospección; es decir, se hará la revisión y registro en unidades de 20 x 20 m.

### 2.3.1.3.4.3.3 Laboratorio

Se procederá al análisis de los resultados y por consiguiente a la elaboración del informe final con las respectivas conclusiones acerca de la evidencia registrada dentro del contexto del sitio y por último se propondrá el plan de manejo arqueológico. En caso concreto de hallar material arqueológico se clasificará de acuerdo con criterios básicos utilizados en estudios realizados en la región de estudio (Boada, 1987; Boada y Cardale, 2017; Broadbent, 1970; Castillo, 1984; Langebaek, 1995).

Todos los materiales arqueológicos serán analizados en una fase posterior de laboratorio siguiendo protocolos y procesos estándares para cada tipo de material, descrito a continuación:

En caso concreto de hallar material cerámico se clasificará de acuerdo con criterios básicos utilizados en los estudios que contienen clasificaciones sobre evidencias arqueológicas cercanas al área prospectada. Por lo tanto, se elaborará una matriz tipológica junto con características formales que determinen la clase de "menaje" utilizado en el área de estudio, con el fin de sugerir la particularidad del asentamiento (doméstico, ceremonial, taller, etc.) que se registre junto con el resto de los artefactos y características reconocidas en el área de estudio. Los artefactos líticos serán clasificados de acuerdo con su morfología y función, que al igual que la cerámica no sólo nos sugiere el uso de estas sino el tipo de sitio que se presenta y su periodización en general. Los criterios para el tratamiento del registro óseo humano se limitarán al análisis morfológico de los huesos, identificación del género y la edad y patologías de ser posible. Para la caracterización de la fauna se hará un análisis morfológico de las muestras, seleccionando los restos mejor conservados y que de acuerdo con su forma permitan indicar a que elemento del animal pertenecieron, o por lo menos una aproximación. Así mismo, según el desgaste o cortes se determinarán posibles usos.

Durante la fase de laboratorio y con el fin de llegar a resultados que proporcionen información relacionada con las preguntas y objetivos planteados, los análisis del material arqueológico se realizarán bajo los siguientes parámetros:

- Se hará un estudio de la distribución de la cerámica por periodo.
- Se identificará la cerámica según su función (doméstico, ritual, social, funerario) asociándola así a diferentes actividades de los pobladores pasados.
- Se realizará un mapa de la distribución lítica y se asociará en caso de existir con el material cerámico.
- Se analizará el contexto puntual de las evidencias arqueológicas halladas dentro del contexto regional y su relación con la zona ecológica circundante.

Una vez elaborado el informe final con los resultados del estudio arqueológico se procederá a realizar la debida gestión de los materiales arqueológicos recuperados. En caso de no ser posible hacer la entrega de estos, se informará de manera por escrito al Instituto Colombiano de Antropología e Historia con el fin de solicitar las medidas de depósito de los materiales. Mientras el material esté siendo analizado y previo a la entrega final del mismo, éste estará bajo la custodia de la Fundación Güe Quyne y serán responsabilidad del investigador principal indicado en el registro.

Así mismo se deberán realizar charlas de divulgación, sensibilización y protección del Patrimonio Arqueológico de la Nación a la comunidad local y a los operarios de la obra civil.

#### *2.3.1.4 Servicios Ecosistémicos*

El presente estudio se guio por las estipuladas en la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, 2003), la cual plantea la existencia de cuatro (4) tipos de servicios en relación con el beneficio que aportan al ser humano, bien sea por provisión directa de los servicios o por el beneficio que resulta de las interacciones, relaciones y flujos ecológicos. Esta clasificación se presenta a continuación:

- **Servicios de aprovisionamiento:** agrupan todos aquellos servicios, incluidos bienes y productos, que se obtienen directamente de los ecosistemas a manera de provisión para su beneficio. Dentro de estos, se incluyen: el uso del recurso hídrico, maderas, fibras y resinas, alimentos provenientes de las actividades agropecuarias, productos provenientes de la cacería y la pesca, el aprovechamiento de minerales y fuentes energéticas (petróleo, gas, carbón), y todos aquellos elementos de los que se abastece el ser humano para sus actividades cotidianas (MEA, 2003).
- **Servicios de regulación:** corresponden a los servicios derivados de los procesos ecosistémicos, es decir todos aquellos que son producto del flujo, interrelaciones e interacciones entre los diferentes componentes de los ecosistemas. Dentro de estos servicios, se encuentran: procesos de regulación del clima, mantenimiento de la calidad del aire, purificación del agua, control de las enfermedades y patógenos, fertilidad del suelo, control de erosión, y polinización, entre otros, que infieren en las condiciones de bienestar del ser humano (MEA, 2003).
- **Servicios de soporte:** como parte de este grupo de servicios se encuentran todos aquellos procesos ecológicos que cimientan y sustentan el funcionamiento y aprovisionamiento de los demás servicios ecosistémicos, y que dependen de manera directa de su existencia. En este sentido, esta categoría agrupa procesos como los ciclos biogeoquímicos (ciclo del agua, y ciclado de nutrientes como el fósforo, carbono, nitrógeno, entre otros), los procesos de formación del suelo, la producción primaria (fotosíntesis), y el hábitat, fundamentales para mantener la biodiversidad, los ecosistemas y los demás servicios asociados a estos (MEA, 2003).

- **Servicios culturales:** esta categoría abarca todos aquellos beneficios no materiales e intangibles que se reciben por parte de los ecosistemas, bien sea a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la identidad cultural y las experiencias estéticas. Dentro de esta categoría se incluye además la recreación, el turismo, y la apreciación visual de los paisajes, como un conjunto de elementos naturales que brindan satisfacción y disfrute del entorno (MEA, 2003).

De igual forma, la caracterización de los SSEE será resultado de la recopilación de información primaria registrada en la Caracterización Ambiental del presente estudio (Medio Abiótico, Biótico y Socioeconómico), y mediante características cualitativas y cuantitativas en función de la percepción de la comunidad del área de influencia, identificándose y consignándose los elementos analizados según los lineamientos de los Términos de Referencia para Proyectos de Construcción de carreteras y/o Túneles.

Teniendo en cuenta lo anterior, para el presente proyecto se avauarán los servicios ecosistémicos, para el medio el medio físico biótico y socioeconómico, prestados en la zona de influencia e intervención.

### 2.3.1.5 Cartografía

Para la elaboración de la cartografía correspondiente al EIA, se tuvo en cuenta las directrices dadas por la Resolución 2182 de 2016 del MADs por la cual se modifica y actualiza el Modelo de Almacenamiento Geográfico adoptado por la Resolución 1503 de 2010 y la Resolución 751 de 2015 por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración EIA para el trámite de licencia ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con sus accesos, tomando como escala de presentación de la información cartográfica temática 1:25.000, con una unidad de área mínima cartografiable de una (1) hectárea a o menor según características relevantes del área, especialmente para los elementos de mayor sensibilidad ambiental.

#### 2.3.1.5.1 Recopilación de la Información Existente (Información Secundaria)

Verificación de la información existente del área de estudio que pueda servir como insumo; fuentes en formato VECTOR: estudios establecidos en Geodatabase cercanos, planchas digitalizadas, planes y esquemas de ordenamiento territorial, y formato RASTER: planchas. TIFF IGAC, DEM (Modelo Digital de Elevación) existente para el área, imágenes de satélite, fotografías aéreas, mapas de estudios de suelos y mapas de geología del área de estudio. A continuación, se relacionan algunos de los insumos cartográficos utilizados:

#### 2.3.1.5.2 Cartográfica básica

Para el presente estudio se toma como referente de cartográfica básica el "Mapa de Referencia para bogota"; el cual es el resultado del trabajo conjunto entre las siguientes

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



entidades, quienes tienen la responsabilidad de producir y/o custodiar los datos fundamentales de Bogotá:

- Secretaría Distrital de Planeación - SDP
- Secretaría Distrital de Movilidad - SDM
- Instituto de Desarrollo Urbano - IDU
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. - EAAB
- la Empresa de Transporte del Tercer Milenio -Transmilenio S.A.,
- Servicios Postales Nacionales S.A. 4-72 y
- Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital - UAECD

El mapa de referencia en su versión V.12.22 fue tomado directamente de la Infraestructura de Datos Espaciales de Bogotá – IDECA.

### 2.3.1.5.3 Información tipo Ráster

#### 2.3.1.5.3.1 Fotografías aéreas

Se seleccionaron fotografías aéreas que cubren el área del componente geosférico para cinco (5) periodos de tiempo, los cuales se determinaron de acuerdo con la calidad de las aerofotografías, trayectoria, porcentaje de nubosidad, escala y alcance del vuelo. Las fechas disponibles están entre 1985 a 2016 (ver Tabla 2-52). Adicionalmente se cuenta con la ortofoto del proyecto del año 2021.

**Tabla 2-65 Vuelos y numero de imágenes sobre el área de influencia físico-biótica**

Años	Vuelo	Número de imágenes
1985	V2183	5
1996	V1212	11
1998	V415	5
2000	V2665	19
2004	V2716	66
	V2717	59
2006	V2779	1
2007	V20112007	21
	V2803	2
2010	V12012010	1
	V20112007	11
2014	V18032014	24
2016	V270120016	25

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

#### 2.3.1.5.3.2 Imagen satelital

Para la elaboración del presente estudio se adquirió una imagen de alta resolución, cuyas principales características se presentan a continuación:

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

- PNEO IMAGE, 0,3-Metros (Pléiades)
- Archivo: ACQ\_PNEO3\_01031501230425
- Fecha de captura: 08 de enero de 2022
- Bandas: 5-Bandas Bundle
- Resolution: 0,3 m
- Kernel: Spline
- Producto: Primary
- Sistema de Coordenadas: Origen Único Nacional
- Datum: MAGNA
- Bit Depth: 16-Bit
- Formato del archivo: GeoTiff
- Media: FTP-Pull
- DRA: Of
- Ortorectificación con DEM

### 2.3.1.5.4 Digitalización y Depuración de Insumos, Compilación de Información y Sistema de Coordenadas.

Con la reunión de información secundaria, se procede a la digitalización de datos y a la transformación de estos al Modelo de Datos Geográfico requerido por los términos de referencia, proyectando cada insumo geográfico al modelo único nacional.

### 2.3.1.5.5 Determinación Áreas de Influencia

Según las temáticas establecidas para el estudio y los términos de referencia, con los datos obtenidos y ajustados, se determinan las áreas de influencia para los Medio Físico Biótico y Medio Socioeconómico

### 2.3.1.5.6 Cartografía Pre Campo

Teniendo en cuenta las necesidades del proyecto se realizan los mapas preliminares en donde se muestra la información base para la visita a campo, así como los recorridos a realizar por los profesionales y algunos sitios de verificación y caracterización para cada una de las temáticas establecidas.

Los datos presentados en esta etapa son preliminares, todos ajustables a lo encontrado en campo, los recorridos se pueden ver modificados según imprevistos, nuevas áreas y demás sitios que se evidencien en campo y que sean necesarios para el desarrollo de los componentes.

### 2.3.1.5.7 Ajuste Cartografía Base y Temática Preliminar

Luego de la salida de campo, teniendo en cuenta todos los datos escritos, waypoints, tracks y demás información adquirida por los profesionales, se ajustan los datos base y temáticas. La información suministrada se presenta en formato .gpx (datos tomados por GPS), archivos

tipo vector (CAD, GDB, SHP) o raster (PDF, TIFF); todos estos son procesados y llevados finalmente al Modelo de Datos Geográfico requerido por los términos de referencia.

### 2.3.2 Área de influencia

El área de influencia de un proyecto comprende la zona en la cual se manifiestan los impactos ambientales significativos sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, en cada uno de los componentes de dichos medios. Debido a que el área donde se manifiestan los impactos puede variar dependiendo del componente que se analice, el área de influencia podrá corresponder a varios polígonos distintos que se entrecruzan entre sí.

Por lo anterior, y con el fin de dar una mirada integral a los componentes que pueden verse impactados por el desarrollo del proyecto, se tomaron en cuenta los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requeridos para el trámite de Licencia Ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con sus accesos, adoptados en la Resolución 751 de 2015, así como la metodología para elaboración de estudios ambientales, con el objetivo de poder llevar a cabo una identificación y delimitación del área de influencia, acorde al alcance del proyecto y el ambiente<sup>23</sup> en el cual se desarrolla.

### 2.3.3 Zonificación Ambiental y de Manejo

En esta etapa teniendo ya los insumos temáticos finales se procede a realizar el cruce de los resultados obtenidos en cada uno de los medios (Biótico, Abiótico, y Socioeconómico) por medio de la herramienta SIG, permitiendo evaluar los escenarios más sensibles e importantes teniendo en cuenta los elementos dominantes por temática en materia ambiental.

Con lo anterior y teniendo en cuenta los actos administrativos, legislación vigente, licencias ambientales, y elementos dominantes de cada temática, se propone una zonificación de manejo ambiental para el proyecto en el cual se involucre todos los aspectos relevantes del estudio.

Es importante señalar que en el marco del proceso de zonificación ambiental y de manejo, se tomaron en cuenta el Decreto Distrital 555 de 2021 "Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.", Decreto 088 de 2017 "Por medio del cual se establecen las normas para el ámbito de aplicación del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte – "Ciudad Lagos de Torca" y se dictan otras disposiciones" y Resolución Conjunta 29 del 8 de febrero de 2023 "Por la cual se aprueba la actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Reservas Distritales de Humedal de Torca y Guaymaral declarados como Área Protegida Distrital y se adoptan otras determinaciones", para la

<sup>23</sup> Fracción del globo terráqueo que comprende los elementos naturales, tanto físicos como biológicos, los elementos artificiales, sociales y culturales, y las interacciones de éstos entre sí (MINAMBIENTE 2022).

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



identificación evaluación de variables relevantes, como las cotas de inundación, estructura ecológica principal, áreas protegidas, etc.

### *2.3.3.1 Geodatabase*

Como se mencionó anteriormente, este estudio está basado en la estructura Geodatabase (Bases de Datos Geográficos) y específicamente en el modelo dado por el ANLA. En este paso, se cargan a la GDB, de la Base Cartográfica todas las capas finales que corresponden a las vías, drenajes, división político-administrativa, etc., del área de estudio. Así mismo, se cargan a la GDB Temática las correspondientes capas analizadas y ajustadas en el transcurso del estudio como cuencas hidrográficas, cobertura de la tierra, uso potencial del suelo entre otros.

En estas GDB, se diligencian todos los atributos con base al modelo de datos de la geodatabase para la presentación de EIA dado por el ANLA, así como las tablas adjuntas a las capas.

En este paso también se realizan los metadatos correspondientes a cada una de las capas y a los raster usados en el desarrollo del proyecto y que se encuentran en la base de datos geográfica teniendo en cuenta especificaciones dadas en la Resolución 2182 de 2016 y Resolución 0188 de 2013 del ANLA "Plantilla Institucional de Metadatos para la Aplicación al Modelo de Datos de la Geodatabase Versión 3.0".

### *2.3.3.2 Elaboración Mapas Finales y anexo cartográfico*

Para la elaboración de mapas finales y el anexo 14 cartográfico en sus diferentes componentes, se tiene en cuenta el modelo de datos geográfico de la ANLA, así como la información solicitada en los Términos de Referencia de la Resolución 0751 de 26 de marzo de 2015 y Resolución 1402 de 2018.

Así mismo se tiene en cuenta para cada uno de los mapas temáticos sus respectivas leyendas y convenciones. Al finalizar, estos mapas son enviados a revisión interna a los profesionales y al coordinador encargado, esto con el fin de ajustar lo expuesto en el mapa con lo descrito en el documento.

### *2.3.3.3 Zonificación Ambiental y de Manejo*

### *2.3.3.4 Zonificación ambiental*

Con base en la información de la caracterización ambiental y la legislación ambiental vigente, se hizo un análisis integral de los medios abiótico, biótico y socioeconómico con el objeto de establecer unidades con características homogéneas, mediante el uso de la Sensibilidad y de esta forma la Zonificación Ambiental del Área de Influencia del Proyecto.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

El procedimiento es el siguiente:

- Inicialmente se elabora la zonificación intermedia para cada medio ambiental (Abiótico, biótico y Socioeconómico y cultural)
- Para cada medio ambiental, el grupo de especialista selecciona los mapas temáticos que serán utilizados para la zonificación intermedia.
- Se establece para cada mapa el criterio de sensibilidad a analizar, teniendo en cuenta:
  - ✓ La capacidad de respuesta que poseen los distintos elementos ambientales para aceptar las incidencias de las actividades humanas, sin sufrir transformación o cambio.
  - ✓ Los niveles de susceptibilidad que pueden tener los elementos ambientales al desarrollo de procesos de desestabilización natural en los que no intervienen acciones antrópicas.
- Se asigna un valor cualitativo de SENSIBILIDAD a cada unidad de cada mapa temático seleccionado. El valor que se asigna es un valor cualitativo de 1 a 5. Siendo el 5 el valor de mayor sensibilidad o restricción en el componente y 1 el de menor sensibilidad o restricción en el componente ambiental. Este valor es establecido por los especialistas de cada área, de acuerdo con la sensibilidad que tiene el elemento ambiental, conforme el criterio establecido. En cada tabla se explica la justificación del valor asignado.
- Luego con la ayuda de la herramienta SIG, se cruzan los diferentes mapas, colocando la sensibilidad respectiva y se obtienen inicialmente los mapas de zonificación intermedios para cada Medio Ambiental.
- Una vez obtenidos los mapas de zonificación intermedios, estos se superponen entre sí y de esa forma se obtiene la zonificación Ambiental.
- Obtenido el mapa de Zonificación Ambiental, se hace un análisis del mismo y se establece la categoría de manejo.

### 2.3.3.5 Zonificación de manejo

La zonificación de manejo busca evaluar la vulnerabilidad de las unidades ambientales (zonificación ambiental) ante la construcción y operación de un proyecto. El análisis de cada una de las unidades de manejo debe realizarse de manera cualitativa y cuantitativa, utilizando sistemas de información geográfica. La evaluación debe definir las restricciones de tipo abiótico, biótico y socioeconómico." (MINAMBIENTE 2018)

En la Tabla 2-66 Categorías de zonificación ambiental y de manejo ambiental, se establecen los criterios tenidos en cuenta para la Zonificación de Manejo Ambiental.

**Tabla 2-66 Categorías de zonificación ambiental y de manejo ambiental**

Categorías zonificación ambiental	Categorías zonificación de manejo
Zonificación ambiental muy alta y áreas protegidas	Áreas de intervención con restricción alta

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Categorías zonificación ambiental	Categorías zonificación de manejo
Zonificación ambiental alta	
Zonificación ambiental media – alta	Áreas de intervención con restricción media - alta
Zonificación ambiental media	Áreas de intervención con restricción media
Zonificación ambiental media-baja	Áreas de intervención con restricción media - baja
Zonificación ambiental baja	Áreas de intervención con restricción baja
Zonificación ambiental muy baja	Áreas de intervención

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

### 2.3.4 Demanda, Uso, Aprovechamiento y/o Afectación de Recursos Naturales

Se presenta la información relacionada con la demanda de los recursos naturales requeridos por el proyecto en su etapa de construcción y operación, especificando los permisos ambientales que se requieren para la realización del proyecto; que para el caso específico del presente proyecto cubija exclusivamente los siguientes:

- Permiso de aprovechamiento forestal
- Permiso de ocupación de cauce
- Permiso de emisiones atmosféricas

Se aclara que, para el caso de aprovechamiento forestal, se llevo a cabo un censo forestal, por lo cual para este caso no aplica el error de muestreo menor al 15% con una probabilidad del 95% según lo mencionado en los términos de referencia.

En línea con lo anterior, el presente EIA NO CONTEMPLA el trámite de los siguientes permisos ambientales.

- Captación de agua superficial
- Captación de agua subterránea
- Emisiones atmosféricas
- Vertimiento en suelos
- Vertimiento en cuerpo de agua
- Licenciamiento para explotación de materiales de cantera
- Licenciamiento para explotación de materiales de arrastre

Todos estos permisos, así como el manejo de RCD y ZODMEs se desarrollarán mediante terceros autorizados, que cuenten con los permisos ambientales y legales respectivos.

### 2.3.5 Evaluación Ambiental

La metodología empleada se fundamenta en la propuesta por Conesa (1997), la cual corresponde a un método analítico que permite establecer el nivel de importancia ambiental del impacto con base en la matriz RAM (Risk Assessment Matrix); así como la Significancia Ambiental, entendida esta como la probabilidad de ocurrencia de cada

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

impacto analizado; resaltando que para la identificación de los impactos, el análisis fue enriquecido mediante la herramienta de "Estandarización y Jerarquización de Impactos Ambientales de Proyectos Licenciados por ANLA".

Para la aplicación de la citada metodología se aplicaron matrices simples de doble entrada de los efectos de las actividades contempladas, tanto en el escenario sin proyecto, como en el escenario con proyecto, mediante la aplicación de los criterios que se exponen a continuación, a los cuales se les asignó un valor según la escala definida.

### 2.3.5.1 Criterios de calificación

#### 2.3.5.1.1 Carácter del impacto (CA)

Condición cualitativa que determina el sentido positivo (+) o negativo (-) del cambio producido por una acción del proyecto sobre el ambiente.

**Tabla 2-67 Carácter del Impacto (CA)**

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Positivo	(+)	El impacto produce un efecto benéfico para el elemento ambiental evaluado.
Negativo	(-)	El impacto produce un impacto perjudicial para el elemento ambiental evaluado.

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

#### 2.3.5.1.2 Tipo (TI)

Se refiere a la relación causa – efecto, entre el efecto sobre una variable del ecosistema como consecuencia de la ejecución de una actividad.

**Tabla 2-68 Tipo (TI)**

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Indirecto	1	El impacto no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar como consecuencia secundaria por la actividad que se está ejecutando.
Directo	2	El impacto es consecuencia de la actividad o acción que se está desarrollando.

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

#### 2.3.5.1.3 Magnitud del impacto (MG)

Corresponde al grado de incidencia o trascendencia del impacto sobre el medio; es decir, evalúa la gravedad de las consecuencias de la alteración producida en los elementos de los medios abiótico, biótico y/o socioeconómico del área. Según la magnitud, los impactos se clasifican de la siguiente manera

**Tabla 2-69 Magnitud del impacto (MG)**

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Baja	1	Efectos ambientales no significativos, es decir cuando las consecuencias del impacto generan modificaciones mínimas sobre el medio o la comunidad y no tienen consecuencias económicas.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Media	3	El efecto no es suficiente para poner en grave riesgo los recursos naturales o la comunidad, pues se generan afectaciones o alteraciones moderadas en el entorno analizado, pudiendo haber pérdida ambiental o económica intermedia.
Alta	6	El impacto afecta de manera significativa o grave los ecosistemas o el entorno social o causa pérdidas económicas significativas.

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

Para los impactos de carácter negativo, la magnitud permite establecer la gravedad o intensidad de la alteración (destrucción) consecuencia de un aspecto ambiental sobre uno o más componentes ambientales del área de influencia.

Para los impactos de carácter positivo, la magnitud comprende el grado de incidencia benéfica que presenta un aspecto ambiental. Tiene relación con el nivel de incremento o mejora de los valores socioambientales del entorno.

### 2.3.5.1.4 Resiliencia (R)

Capacidad intrínseca del ecosistema y/o comunidad receptora para absorber, tolerar o asimilar las perturbaciones generadas por el impacto, sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad; es decir, pudiendo regresar a su estado original, una vez que la perturbación ha terminado; este criterio tiene niveles de calificación, como se aprecia a continuación.

**Tabla 2-70 Resiliencia (R)**

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Muy tolerante	1	El ecosistema y/o la comunidad asimilan rápidamente y en su totalidad los efectos ambientales y/o sociales durante la ejecución de la actividad, desapareciendo las manifestaciones del impacto tan pronto ésta termina. Para los impactos positivos el efecto benéfico que se genera no perdura.
Tolerante	2	El efecto es asimilado en un periodo mayor de tiempo por el ecosistema y/o la comunidad, sin que este tiempo adicional sea significativo (Aplica para impactos positivos y negativos).
Sensible	3	El efecto es asimilado parcialmente, el ecosistema y/o la comunidad no se recupera fácilmente quedando pequeñas secuelas o consecuencias del impacto (Aplica para impactos positivos y negativos).
Intolerante (muy sensible)	4	La manifestación del impacto no desaparece ni es asimilada por el ecosistema y/o la comunidad, los efectos se mantienen latentes sin permitir la recuperación total del ecosistema o dejando secuelas significativas en la comunidad. Los efectos positivos generan secuelas benéficas que perduran con el paso del tiempo.

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

### 2.3.5.1.5 Tendencia del impacto (TD)

Comportamiento o cambio que manifiesta un impacto en la medida que transcurre el tiempo, ya sea en su extensión, intensidad o cualquiera de sus manifestaciones.

**Tabla 2-71 Tendencia del impacto (TD)**

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Decreciente	1	Los efectos ambientales y/o sociales tienden a desaparecer en la medida que transcurre el tiempo.
Estable	2	El efecto del impacto se mantiene constante ya sea en los ecosistemas o en la comunidad.
Creciente	3	El efecto tiende a incrementar la alteración sobre el medio y/o la comunidad; ya sea en extensión, intensidad o cualquiera de sus manifestaciones.

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

#### 2.3.5.1.6 Cobertura (CO)

Corresponde al área de influencia del impacto, es decir, al área, zona o sector donde tienen manifestación las consecuencias de la actividad evaluada, la escala de calificación se aprecia a continuación.

**Tabla 2-72 Cobertura (CO)**

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Puntual	1	Cuando las manifestaciones o alteraciones biofísicas se manifiestan dentro de la instalación, sin salir de ella, en un área inferior a una Ha. (10.000 m <sup>2</sup> ). Socioeconómica y culturalmente, el impacto puede repercutir a nivel predial o unidades familiares.
Local	3	El impacto desde el punto de vista biofísico se manifiesta dentro o fuera de la instalación, en un área comprendida entre 1.0 y 5.0 Ha. Desde el punto de vista socioeconómico y/o cultural, el impacto puede repercutir a nivel de la unidad territorial (vereda, resguardo o territorio colectivo).
Parcial	6	Biofísicamente, el impacto se manifiesta dentro o fuera de la instalación, en un área comprendida entre 5.0 y 10.0 Ha. Socioeconómica y culturalmente, el impacto repercute a nivel territorial (regional).

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

#### 2.3.5.1.7 Permanencia o duración (DR)

Corresponde al periodo de tiempo en el que el impacto actúa o incide sobre cualquiera de los componentes del medio evaluado, yendo desde impactos fugaces cuya efecto permanece poco en el tiempo, hasta impactos que perduran en el tiempo, tal como se aprecia en la siguiente escala de valoración.

**Tabla 2-73 Permanencia o duración (DR)**

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Fugaz – esporádico	1	Las manifestaciones del impacto tienen una duración inferior a un (1) mes.
Temporal – breve	2	Las manifestaciones del impacto tienen una duración que oscila entre uno (1) y 12 meses.
Frecuente - Prolongado	3	Las manifestaciones del impacto tienen una duración de uno (1) a cinco (5) años.
Permanente	4	Las manifestaciones del impacto permanecen por un periodo mayor a cinco (5) años.

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

#### 2.3.5.1.8 Periodicidad (PR)

Se refiere a la frecuencia con que se presenta el efecto o la alteración producida sobre medio evaluado.

**Tabla 2-74 Periodicidad (PR)**

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Irregular	1	El impacto se manifiesta esporádicamente y de forma imprevisible durante la ejecución de la actividad.
Periódico	2	El impacto se manifiesta de forma regular, pero intermitente durante la ejecución de la actividad.
Discontinuo	3	El impacto se manifiesta de forma irregular a lo largo de la ejecución de la actividad.
Continuo	4	El impacto se manifiesta constante o permanentemente a lo largo de la ejecución de la actividad.

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

#### 2.3.5.1.9 Recuperabilidad (RC)

Se refiere al tiempo que tarda el medio evaluado en retornar a sus condiciones originales, mediante el uso de tecnología y de medidas de recuperación, su escala de calificación se presenta a continuación.

**Tabla 2-75 Recuperabilidad (RC)**

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Rápida	1	La recuperación se da en un plazo menor a un año.
Moderada	2	Entre uno y tres años.
Lenta	3	La recuperación se presenta entre tres y diez años.
Irrecuperable	4	No hay posibilidades de una recuperación, es decir el impacto generado es residual.

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

#### 2.3.5.1.10 Acumulación y sinergia (A)

Trata sobre el incremento progresivo del efecto, o la inclusión de efectos sinérgicos ante el hecho que dos impactos juntos pueden producir una alteración o cambio mayor que la suma de las dos unidades separadas.

**Tabla 2-76 Acumulación y sinergia (A)**

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Simple	1	Impactos que al interactuar con otros impactos no generan nuevos efectos, y el impacto final tiene las mismas características que aquellos que lo originaron.
Acumulativo	4	Impactos con origen común, cuya temporalidad se ve reflejada en acciones pasadas, presentes y futuras; que al combinarse generan un nuevo impacto, que puede ser de mayor o menor magnitud que los impactos originales, pero son predecibles y controlables.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Sinérgico	6	Impactos con origen diferente que interactúan y cuya incidencia final es mayor a la suma de los impactos parciales de las modificaciones causadas por cada una de las acciones que lo genera, por lo cual su manejo se hace muy complejos.

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

### 2.3.5.1.11 Probabilidad de ocurrencia (PO)

Se refiere a la posibilidad de que un impacto se presente, para lo cual será de gran utilidad el conocimiento de registros históricos de los impactos presentados durante el desarrollo de las actividades específicas del proyecto.

**Tabla 2-77 Probabilidad de ocurrencia (PO)**

CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Baja	1	Poco probable que ocurra la generación del impacto.
Media	4	Es posible que se genere el impacto.
Alta	8	El impacto se generará con un alto nivel de certeza.

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

### 2.3.5.2 Importancia ambiental (IM)

Para determinar la importancia ambiental del impacto, se realiza la sumatoria de las calificaciones otorgadas a cada uno de los parámetros para cada impacto identificado, tanto para el escenario sin proyecto, como con proyecto; para ello se aplica la siguiente ecuación

**Ecuación 2-34 Importancia ambiental (IM)**

$$IM = CA \times (MG + CO + DR + R + RC + PR + TD + TI + A + PO)$$

Donde:

- IM: Importancia del impacto
- CA: Carácter del Impacto
- MG: Magnitud del impacto
- CO: Cobertura
- DR: Permanencia o duración
- R: Resiliencia
- RC: Recuperabilidad
- PR: Periodicidad
- TD: Tendencia del impacto
- TI: Tipo
- A: Acumulación y sinergia
- PO: Probabilidad de ocurrencia

### 2.3.5.3 Jerarquización de impactos

La importancia de cada impacto puede alcanzar valores, según los rangos establecidos para los criterios evaluados, desde 10 hasta 47; estos valores pueden ser categorizados en niveles de importancia ambiental como leve, menor, moderado y mayor. Gracias esta clasificación podemos establecer la relación existente entre la importancia ambiental y el nivel de importancia de los impactos, como se aprecia a continuación.

**Tabla 2-78 Importancia de los impactos**

NIVEL DE IMPORTANCIA	IMPORTANCIA AMBIENTAL	SIGNIFICANCIA
(-) 10 – 19	Leve	No significativo
(-) 20 - 29	Menor	No significativo
(-) 30 - 37	Moderado	Significativo
(-) 38-47	Mayor	Significativo
(+) 10 – 19	Leve	No significativo
(+) 20 - 29	Menor	No significativo
(+) 30 - 37	Moderado	Significativo
(+) 38-47	Mayor	Significativo

Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

Una vez se califican los impactos ambientales por cada actividad, se determina la importancia global del impacto, la importancia global del componente/dimensión e importancia global del medio, dentro de la matriz de calificación de impactos, tal y como se presenta a continuación:

**IMGImp (Importancia Global del Impacto):** es el promedio de todos los valores de importancia determinados para cada impacto, diferenciando aquellos de carácter positivo de los de carácter negativo. Esta importancia permite analizar cuantitativamente la afectación sobre el elemento ambiental.

La Importancia Global del Impacto significa que la combinación de la Importancia y la Significancia del impacto generan una calificación determinada, con las correspondientes medidas de manejo, así:

**Tabla 2-79 Importancia global del impacto IMGImp**

IMPORTANCIA	SIGNIFICANCIA	CALIFICACIÓN	MEDIDA DE MANEJO
Leve	No significativo	Despreciable	Impacto previsible.
Menor	No significativo	Bajo	Medida de prevención y control
Moderado	Significativo	Alto	Medidas de corrección y control
Mayor	Significativo	Crítico	Medidas compensatorias

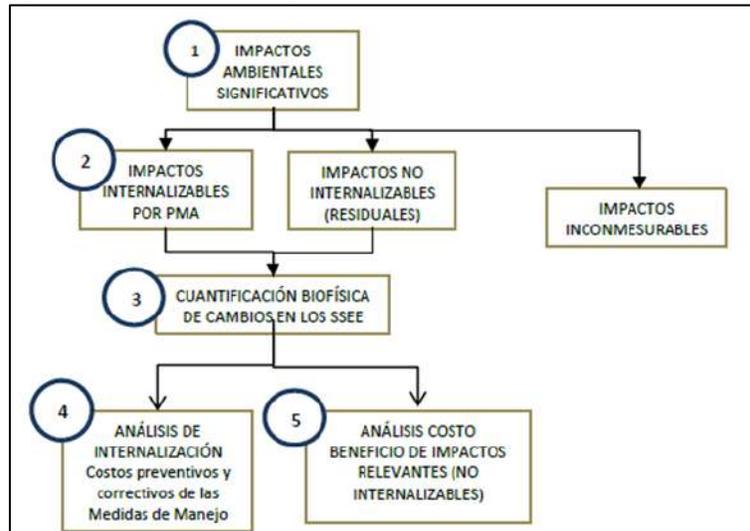
Fuente: Modificado de Conesa – Fernández, 1997.

### 2.3.6 Evaluación Económica

La Evaluación Económica Ambiental sigue el desarrollo metodológico propuesto en el siguiente flujograma de acuerdo a lo establecido en los Criterios Técnicos para el uso de

Herramientas Económicas en los Proyectos, Obras y Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental, promulgado por la ANLA en la Resolución 1669 de 2017.

**Figura 2-35 Metodología Evaluación Económica Ambiental**



Fuente: Con base en ANLA 2017

El criterio para la identificación de impactos significativos obedece a la calificación de importancia dada en la matriz de evaluación de impactos, siendo para los de carácter negativo la calificación severa y crítica (o significativa y muy significativa), y para los de carácter positivo las calificaciones importantes y muy importantes (o significativas y muy significativas).

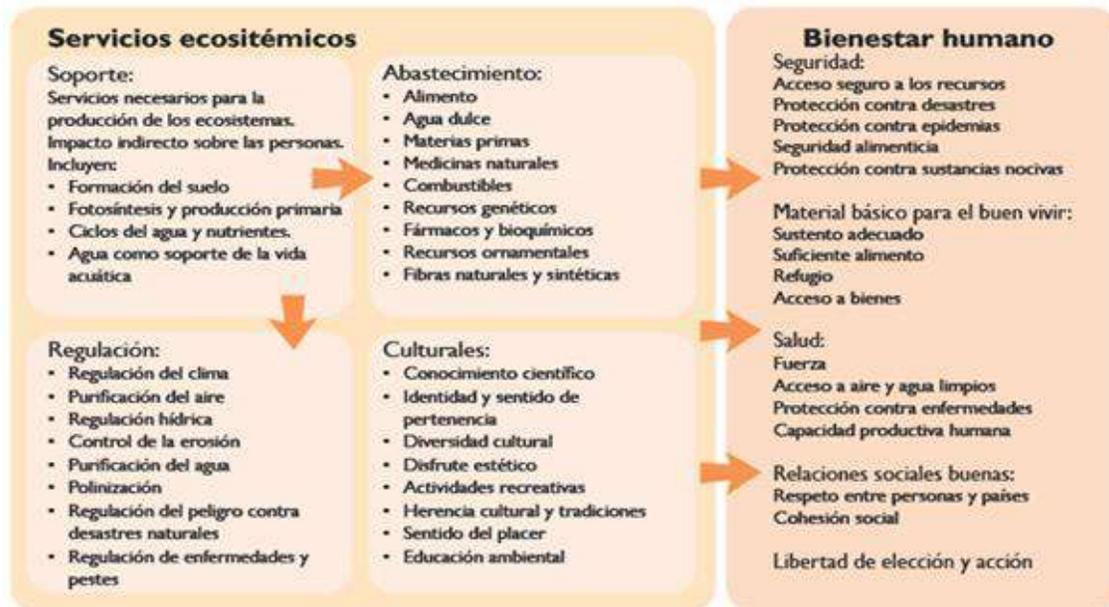
Según los Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas, “la relevancia de un impacto hace referencia a la mayor importancia que representa frente a los instrumentos de la evaluación ambiental de un proyecto, obra o actividad; es decir, que un impacto es relevante en la medida que su manejo o control requiere de un mayor esfuerzo para su control”. A su vez, los mismos Criterios citados definen un impacto significativo como “el impacto ambiental que por la específica relación existente entre las actividades de un proyecto y el entorno en el que se ejecuta, pueda generar un deterioro grave al ambiente, los recursos naturales o el paisaje”, lo que implica que los impactos significativos son los que alcanzan la mayor importancia y deben ser seleccionados como relevantes en el análisis económico.

### 2.3.6.1 Identificación de bienes y servicios ecosistémicos

Identificados los impactos ambientales relevantes deben mirarse las afectaciones negativas y positivas sobre los bienes y servicios que ofrecen los ecosistemas del área de influencia del proyecto. Se deben establecer los valores de uso y no uso asociados a los bienes y

servicios ecosistémicos, lo mismo que su afectación sobre el componente de bienestar de los habitantes.

**Figura 2-36 Relación de SSEE con algunos beneficios en el bienestar humano**



Fuente: *The Millennium ecosystems Assessment-MEA (2005)*

Es importante en relación con los SSEE, establecer la cuantificación biofísica que refiere a la expresión del cambio de los impactos significativos sobre los SSEE en unidades medibles. es necesario anotar que el impacto refleja un cambio en algún parámetro ambiental, por lo tanto, debe ser expresado en las mismas unidades de la variable que se está observando o en la variable de aproximación a la variable objetivo.

Así, cuando el SSEE se refleje en, por ejemplo, una variable que mide área, la cuantificación del impacto debe expresarse en hectáreas de área pérdida o afectada.

### 2.3.6.2 Internalización de impactos

Los impactos que cuenten con un plan de manejo, identificando los costos de prevención y/o corrección, se entiende que ya están internalizados dentro de la estructura de costos del proyecto. Se debe identificar qué afectaciones sobre el bienestar no alcanzan a ser internalizados por dichas medidas, y sobre las cuales debe realizarse la valoración económica.

### 2.3.6.3 Valoración económica de las externalidades

Las externalidades encontradas, proceden a valorarse de acuerdo con los métodos señalados en los Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas en los

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



Proyectos, Obras y Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental. Posteriormente se determinan los indicadores de evaluación para decidir sobre la aceptación o no del proyecto, bajo la perspectiva económica ambiental.

### 2.3.7 Programas de Manejo Ambiental

El Plan de Manejo Ambiental es un instrumento de gestión que permite planificar, definir y facilitar la aplicación de medidas ambientales y sociales destinadas a prevenir, mitigar, controlar y corregir los impactos ambientales generados por las actividades de preconstrucción, construcción, y desmantelamiento.

Así las cosas, el plan de manejo ambiental brinda las herramientas necesarias para el manejo adecuado de los elementos constituyentes de los medios físico, biótico y socioeconómico durante el desarrollo de las actividades propias del proyecto. Además, responde al cumplimiento que se debe dar la normatividad ambiental vigente y aplicable a este tipo de proyectos teniendo en cuenta los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y La Autoridad Nacional de Licencias ambientales. A su vez, las medidas de manejo ambiental propuestas en este documento se integran a las Políticas Gerenciales de la Concesionaria Ruta Bogotá Norte, su Plan de Acción Social, su Sistema Gerencial de Salud, Seguridad Industrial y Medio Ambiente (HSE), y su política de Sostenibilidad Ambiental.

#### 2.3.7.1 Estructura general del Plan de Manejo ambiental

A continuación, se presenta la estructura del programa de manejo por medio evaluado.

**Tabla 2-80 Programas de manejo para el medio abiótico**

MEDIO	PROGRAMAS	SUBPROGRAMAS
ABIOTICO	Programa de manejo de suelos	Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación
		Manejo de taludes
		Manejo de escorrentía y drenajes
	Programa de manejo del recurso hídrico	Manejo de residuos líquidos domésticos e industriales
		Manejo de residuos sólidos convencionales y especiales
		Manejo de cruces de cuerpos de agua
		Instalación, funcionamiento y desmantelamiento de campamentos y sitios de acopio temporal
		Manejo de escorrentía y drenajes
		Programa de ahorro y uso eficiente del agua
		Manejo y disposición final de RCDs y material de excavación
	Programa de manejo del recurso aire	Manejo de fuentes de emisiones y ruido
		Instalación, funcionamiento y desmantelamiento de campamentos y sitios de acopio temporal
		Manejo de materiales de construcción
Manejo de maquinaria, equipos y vehículos.		

# Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



	Programa de manejo del paisaje	Manejo paisajístico Compensación por afectación del paisaje
	Programa de compensación para el medio abiótico	Proyecto de recuperación de suelos Proyecto de compensación asociado al recurso hídrico

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

**Tabla 2-81 Programas de manejo para el medio biótico**

MEDIO	PROGRAMAS	SUBPROGRAMAS
BIOTICO	Programa de manejo de suelos	Manejo de remoción de cobertura vegetal
		Manejo de flora
		Manejo de fauna
		Manejo del aprovechamiento forestal
	Programa de protección y conservación de hábitats	Protección y conservación de hábitats
	Programa de revegetalización	Revegetalización de áreas intervenidas
	Programa de manejo del recurso hidrobiológico	Programa de conservación de ecosistemas estratégicos, áreas sensibles, áreas prioritarias y/o áreas naturales.
	Programa de conservación de especies vegetales y faunísticas en peligro	Manejo y conservación de especies de fauna endémicas y/o en peligro.
		Capacitación, educación y sensibilización al personal vinculado al proyecto.
	Programa para compensación para el medio biótico	Medida de compensación por aprovechamiento forestal y pérdida de la biodiversidad
Medida de compensación por afectación paisajística		
Medida de compensación por flora y fauna		

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

**Tabla 2-82 Programas de manejo para el medio socioeconómico**

MEDIO	PROGRAMAS
SOCIOECONOMICO	Atención a la comunidad
	Programa de información y comunicación a comunidades y autoridades locales
	Programa de información y divulgación
	Gestión socio predial
	Contratación de mano de obra
	Educación y capacitación al personal vinculado al proyecto
	Cultura vial y participación comunitaria
	Capacitación, educación y sensibilización a la comunidad aledaña al proyecto.
	Programa de información y divulgación
	Apoyo a la capacidad de gestión institucional
	Atención a peticiones, quejas y reclamos
	Compensación por daños
	Proyecto de atención a comunidades
	Señalización de frentes de obra y sitios temporales
	Manejo de la infraestructura de predios y servicios públicos
	Plan de manejo arqueológico

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

### 2.3.7.1.1 Contenido de las fichas de manejo

De acuerdo con los términos de referencia cada programa deberá contener, las fichas de manejo que atienden los impactos identificados; donde el contenido mínimo corresponde con lo presentado en la Tabla 2-83.

**Tabla 2-83 Contenido de las fichas de manejo**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
OBJETIVOS	Indica de manera específica la finalidad de cada una de las medidas de manejo ambiental formuladas. para cada programa y subprograma
METAS	Es la cuantificación del objetivo que se pretende alcanzar en un tiempo determinado, con los recursos necesarios, de tal forma que permite medir la eficacia del cumplimiento de un programa
INDICADORES	Unidades de medida que permite realizar el seguimiento y monitoreo del proyecto y verificar el cumplimiento del objetivo de las acciones contempladas; así como los mecanismos de control y monitoreo y la periodicidad de los mismos
IMPACTOS A MANEJAR POR CADA PROGRAMA	Representa los impactos a mitigar, compensar o corregir de acuerdo con la matriz de impacto.
FASES	Se refiere a una o varias fases del proyecto en el cual se deben realizar las medidas de manejo ambiental propuestas: Pre , Construcción y Desmantelamiento
LUGAR	Indica el sitio, área o trayecto en el cual se ejecutará la medida
DESCRIPCION DE LAS MEDIDAS DE MANEJO	Señala la acción de prevención, mitigación, corrección o compensación que se pretende realizar con la medida
RELACION DE OBRAS PROPUESTAS A IMPLEMENTAR	Describe cada una de las obras, estrategias que se pretenden implementar para cumplir con las metas propuestas.
CRONOGRAMA	Establece el tiempo durante el cual se implementarán las medidas de manejo
COSTOS ESTIMADOS	Para cada medida se debe establecer la unidad de medición, la cantidad, el costo unitario y total.

A partir de las fichas del Plan de Manejo Ambiental del proyecto, se organiza el Plan de Seguimiento y Monitoreo del proyecto, de tal forma que se cuente con un instrumento que permita registrar periódicamente las actividades ambientales realizadas y ejecutar las mediciones necesarias con el fin de detectar cambios relevantes y plantear las medidas correctivas correspondientes.

### 2.3.8 Plan de seguimiento y monitoreo

En el presente numeral se describen las estrategias de seguimiento y monitoreo de acuerdo con las fichas de manejo ambiental del estudio, para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, refiriendo el impacto a mitigar, corregir o compensar.

Mediante el Plan de Seguimiento y Monitoreo (PSM) se busca alcanzar los objetivos definidos en los programas y proyectos planteados en el Plan de Manejo Ambiental (PMA), verificando su eficacia, lo que permitirá conforme se necesite, ajustarlos a las nuevas

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



condiciones que se vayan presentando durante o después de la implementación de dichos programas y proyectos.

De igual manera dentro de este numeral se tienen contempladas las fichas de seguimiento al monitoreo de la tendencia al medio, para aquellas actividades enfocadas al monitoreo de aguas, emisiones y fauna.

A partir del seguimiento a realizar al proyecto, se generarán los informes durante todas las etapas de proyecto, así como informes consolidados al finalizar cada una de las actividades establecidas; los cuales hacen parte de los respectivos formatos ICA, que son presentados a la autoridad ambiental.

### 2.3.8.1 Estructura del Programa de Seguimiento y Monitoreo

El Programa de Seguimiento y Monitoreo para la se encuentra dividido en programas, para cada uno de los tres medios: abiótico, biótico y socioeconómico, los cuales se presentan en la siguiente:

**Tabla 2-84 Estructura del Programa de Seguimiento y Monitoreo**

PROGRAMAS DE MANEJO	SUBPROGRAMA	CÓDIGO
MEDIO ABIÓTICO	Seguimiento y monitoreo al manejo y disposición de materiales sobrantes y RCDs.	PMS_01
	Seguimiento y monitoreo al manejo de materiales y equipos de construcción.	PMS_02
	Seguimiento y monitoreo al manejo de residuos sólidos convencionales y especiales	PMS_03
	Seguimiento y monitoreo al manejo del recurso hídrico	PMS_04
	Seguimiento y monitoreo al manejo de aguas subterráneas	PMS_05
	Seguimiento y monitoreo a fuentes de emisiones y ruido	PMS_06
MEDIO BIÓTICO	Seguimiento y monitoreo al manejo de remoción de cobertura vegetal y descapote	PMS_07
	Seguimiento y monitoreo al manejo de flora	PMS_08
	Seguimiento y monitoreo al manejo del aprovechamiento forestal	PMS_09
	Seguimiento y monitoreo al manejo de fauna	PMS_10
	Seguimiento y monitoreo a la fauna (recursos hidrobiológicos)	PMS_11
	Seguimiento y monitoreo a la revegetalización de áreas afectadas	PMS_12
MEDIO SOCIOECONÓMICO	Seguimiento y monitoreo a la ficha de manejo de atención a la comunidad	PMS_13
	Seguimiento y monitoreo al Programa de capacitación, sensibilización y educación al personal vinculado	PMS_14
	Seguimiento y monitoreo al Programa de contratación mano de obra	PMS_15
	Seguimiento y monitoreo al Programa de apoyo a la gestión interinstitucional	PMS_16
	Seguimiento y monitoreo al Programa de Información y participación	PMS_17
	Seguimiento y monitoreo al Programa de capacitación, educación y sensibilización a la comunidad aledaña	PMS_18

PROGRAMAS DE MANEJO	SUBPROGRAMA	CÓDIGO
	Seguimiento y monitoreo al Programa de Arqueología Preventiva	PMS_19
	Seguimiento y monitoreo al Programa de Cultura Vial	PMS_20
	Seguimiento y monitoreo al Programa Gestión de predios	PMS_21
	Seguimiento y monitoreo al Programa manejo de la infraestructura de predios y servicios públicos	PMS_22

Fuente: Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados 2023

### 2.3.9 Plan de Gestión del Riesgo

Para la evaluación de los diferentes escenarios de riesgo, se debe considerar los tres procesos fundamentales que se presentan en las Figura 2-37 a Figura 2-40, planteados en la Política Nacional de Gestión del Riesgo a través de la Ley 1523 de 2012.

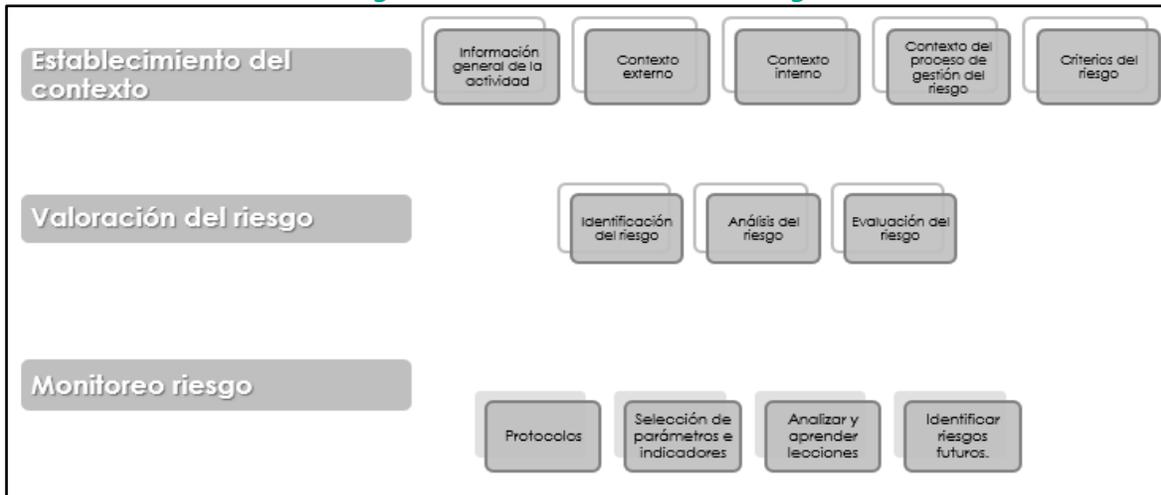
Para la elaboración del análisis de riesgos, se considerarán los escenarios para cada amenaza tanto exógenas como endógenas que podrían presentarse durante la operación y mantenimiento del proyecto de la Autopista Norte; estos escenarios se valoran a través de los criterios de: probabilidad de ocurrencia, intensidad y duración, posteriormente, se evalúa la sensibilidad o susceptibilidad de los elementos o personas frente a la ocurrencia del evento, todo esto enmarcado en el artículo 42 de la Ley 1523 de 2012.

**Figura 2-37 Procesos de la Gestión del Riesgo de Desastres**

		Ley 1523 de 2012	Decreto 2157 de 2017
Procesos de la Gestión del Riesgo de Desastres (Ley 1523 de 2012)	Conocimiento del Riesgo	Análisis específico de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación y caracterización de escenarios de riesgo</li> <li>Análisis de riesgos</li> <li>Monitoreo del riesgo</li> <li>Comunicación del riesgo</li> </ul>
	Reducción del Riesgo	Diseño e implementación de medidas de reducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intervención prospectiva</li> <li>Intervención correctiva</li> <li>Protección financiera</li> </ul>
	Manejo del Desastre o Emergencia	Diseño e implementación de Planes de emergencia y contingencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación para la respuesta</li> <li>Ejecución de la respuesta</li> </ul>

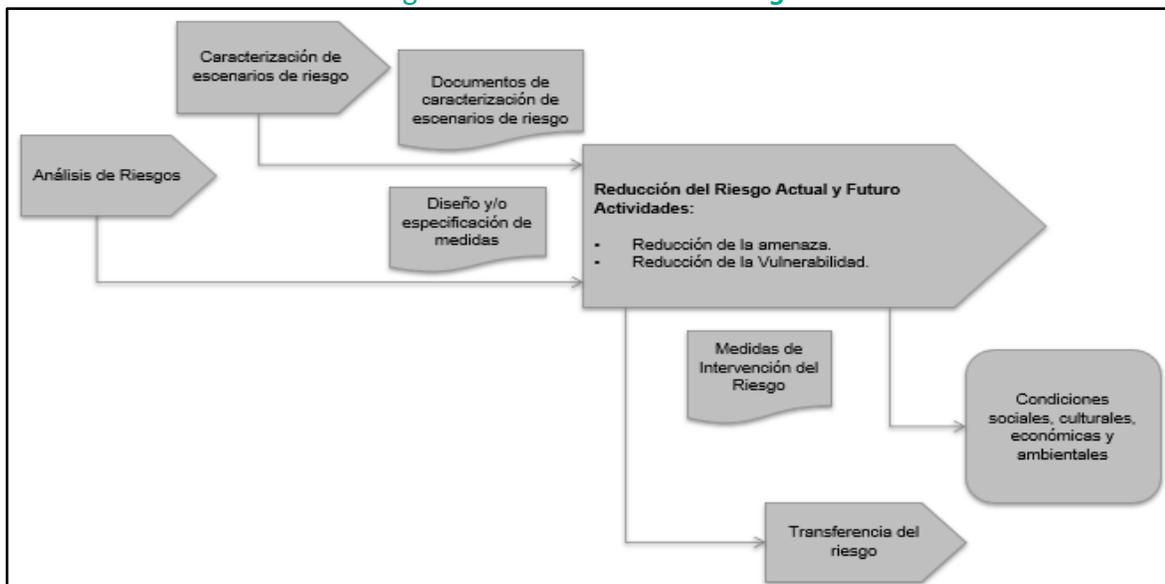
Fuente: Modificado según la Ley 1523 de 2012 y el Decreto 2157 de 2017

**Figura 2-38 Conocimiento del riesgo**



Fuente: Modificado según la Ley 1523 de 2012 y el Decreto 2157 de 2017

**Figura 2-39 Reducción del riesgo**



Fuente: Modificado según la Ley 1523 de 2012 y el Decreto 2157 de 2017

Figura 2-40 Manejo del desastre o emergencia



Fuente: Modificado según la Ley 1523 de 2012 y el Decreto 2157 de 2017

Para efectos de evaluación y análisis de las amenazas, se consideran las que mayor probabilidad tienen de presentarse en el área de influencia del proyecto por presencia de cualquiera de los criterios analizados, que podrían magnificarse en la operación y mantenimiento del proyecto Autopista Norte, también se presentan los sucesos considerados y su clasificación según el origen de estos. Finalmente, se valoran diferentes escenarios de riesgo para cada evento considerado, jerarquizándolos de acuerdo con la calificación obtenida y conociendo así, cuales tendrían mayor probabilidad de presentarse y generar afectaciones.

### 2.3.10 Plan de Inversión del 1%

Teniendo en cuenta que el proyecto NO realizara captación agua de fuentes naturales, ni superficiales ni subterráneas, el mismo NO requiere la formulación de un "Plan de inversión forzosa de no menos del 1%.

### 2.3.11 Plan de desmantelamiento y abandono

Este capítulo establece los lineamientos para el retiro de la infraestructura temporal utilizada para el desarrollo del proyecto vial (frentes de obra, sitios de acopio temporal de materiales, maquinaria y equipos, así como sitios de disposición de material sobrante), restaurando las coberturas vegetales o perfilando los usos de los suelos según los usos futuros de estos.

Este capítulo tiene como metas principales las siguientes:

- ✓ Desmantelamiento y retiro de la totalidad de equipos e infraestructura temporal instalada o acondicionada para la etapa de construcción del proyecto vial.
- ✓ Levantamiento de la totalidad de actas de cierre de los sitios en los cuales se ubicó la infraestructura temporal para el desarrollo del proyecto vial en su etapa constructiva.
- ✓ En caso de previo acuerdo con el propietario del predio o la comunidad, adecuar las instalaciones utilizadas para usos sociales.
- ✓ Retiro de cualquier tipo de material, residuos u otros, originados en desarrollo del proyecto vial, y que se encuentren generando impactos sobre algún componente medioambiental o afectando la calidad paisajística del entorno de la obra.
- ✓ Implementar obras, medidas o actividades en busca de asegurar la estabilidad geotécnica de los taludes de corte y/o terraplenes originados en desarrollo del proyecto vial.
- ✓ Prevenir efectos de deterioro ambiental inducidos por las obras y/o actividades asociadas al desarrollo del proyecto vial.

### 2.3.12 Plan de Compensación por pérdida de biodiversidad

El Plan de Compensación del Componente Biótico se realizó bajo los términos de la Resolución 256 del 2018, y los lineamientos establecidos en el manual para la asignación de compensaciones del componente biótico descritos por el ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en agosto de 2018; además de lo requerido en los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental EIA- en proyectos de construcción de carreteras y/o túneles (ANLA, 2015) y la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales (2018).

Dentro del Plan de compensación se presenta el Qué, Cuánto, Dónde y Cómo compensar según las metodologías descritas anteriormente y además se realiza una propuesta de relevancia en términos de consecución de áreas para saber dónde realizar el plan de compensación.

#### 2.3.12.1 ¿Qué compensar?

Con el fin de determinar que ecosistemas se deben compensar, se realizó un cruce de la información sobre el área de intervención del proyecto con sus respectivos biomas y coberturas de la tierra. De esta manera, se obtuvo la cantidad de área, en hectáreas a intervenir por tipo de ecosistema, para así calcular los factores de compensación por bioma.

El área por compensar hace referencia a las zonas de intervención por el desarrollo del proyecto, obra o actividad, teniendo en cuenta los atributos ecosistémicos identificados en la línea base del estudio de impacto ambiental (ver Capítulo 5), con el objetivo de establecer el ecosistema equivalente en la cuenca o subcuenta hidrográfica, teniendo en cuenta que los ecosistemas a compensar son antropizados.

### 2.3.12.2 ¿Cuánto compensar?

Una vez obtenido qué compensar se procede a hacer el cálculo de las áreas que deben ser compensadas por la pérdida de biodiversidad del área de intervención. Se usa el manual de compensaciones del medio biótico (2018) con el fin de identificar los factores de compensación de acuerdo con los ecosistemas que se intervendrán. De igual manera se procede a establecer y argumentar el factor de compensación para sobreposición con áreas de reserva; especies epifitas no vasculares en veda o algún grado de amenaza y aprovechamiento forestal. Esta metodología se encuentra descrita en detalle en el capítulo 11.6 Plan de Compensación.

### 2.3.12.3 ¿Dónde compensar?

Para determinar las áreas en las cuales se ejecutarán las compensaciones del proyecto se realizó una búsqueda de áreas con ecosistemas equivalentes orientada por los cuatro (4) criterios definidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018):

1. Las compensaciones deberán localizarse en el siguiente ámbito geográfico y orden de prioridades
  - a. La subzona hidrográfica dentro de la cual se desarrolla el proyecto, obra o actividad o las subzonas hidrográficas circundantes.
  - b. La zona hidrográfica dentro de la cual se desarrolla el proyecto, obra o actividad.
  - c. Si las áreas elegidas para compensar son menores, según el tipo de ecosistema equivalente al área original impactada, se deberán incluir áreas o franjas de conectividad con potencial para la restauración y de uso sostenible como acción complementaria.
2. Deben estar preferiblemente identificadas en el Plan Nacional de Restauración las áreas de importancia para la conservación, los portafolios regionales o nacionales de compensación, las áreas protegidas que en su plan de manejo o documento técnico den soporte de declaratoria y/o definan acciones específicas de conservación, instrumentos de ordenamiento del territorio o instrumentos de ordenamiento ambiental del territorio.
3. Se propenderá por la selección de áreas adyacentes a otras áreas en las cuales se hayan implementado otras acciones de compensación, que pueden estar identificadas en el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REAA), siempre y cuando aumente el área del ecosistema donde se hayan implementado dichas acciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, la búsqueda de áreas equivalentes se enfocó en un área de ámbito geográfico que obedece a los Biomas Helobioma Altoandino cordillera oriental, Hidrobioma Altoandino cordillera oriental, Orobioma Andino Altoandino cordillera oriental

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



y Orobroma Azonal Andino Altoandino cordillera oriental presentes en la Subzona hidrográfica en la cual se encuentra el área a intervenir, en este caso corresponde a las Subzonas hidrográficas Río Torca, Río Salitre, Río Teusacá y Directos del Río Bogotá

Después de identificar cuanto se debe compensar, se procede a identificar las áreas potenciales para desarrollar el plan. De esta manera se establecen las subzonas hidrográficas a identificar, posteriormente se identifican los ecosistemas potenciales que podrían ser usados como áreas a compensar. Adicionalmente se explora el registro único de ecosistemas y áreas protegidas y ecosistemas sensibles y estratégicos. Posteriormente se realiza un análisis de multicriterio de las áreas potenciales para desarrollar el Plan de Compensación.

Por último, realizamos una propuesta de relevancia para las áreas potenciales en el desarrollo del plan de compensación: Se generó un mapa teniendo en cuenta las capas relevantes para la identificación de las áreas potenciales para compensar. Para esto se combinaron los diferentes mapas dándoles un valor a cada capa de acuerdo con la relevancia y su nivel de amenaza, esto en las 4 subcuencas hidrográficas cercanas a la zona de influencia físico-biótica del proyecto. Esos valores fueron uno (1) o cero (0) = uno (1) indicando presencia de la capa y 0 indicando ausencia. La capa respectiva a conectores ecosistémicos se le dio un valor de dos (2) en caso de presencia favoreciendo los lugares que actúan como conectores ecológicos buscando mejorar la conectividad ecológica en las zonas del Distrito. También se favoreció los ecosistemas en alguna categoría de riesgo. Dándoles un valor de uno (1) a los ecosistemas con preocupación menor, dos (2) para los ecosistemas amenazados y tres (3) para los ecosistemas en peligro crítico.

Posteriormente se concatenaron los valores de cada capa en un mapa indicando las zonas más relevantes con un valor más alto. Es decir, mayor presencia de zonas de interés como zonas de la estructura ecológica principal, zonas que hacen parte del sistema distrital de áreas protegidas, áreas prioritarias para la conservación, conectores ecosistémicos, zonas en restauración, rehabilitación, recuperación, ecosistemas en algún grado de amenaza.

Finalmente se representaron mediante rangos siendo 0 lugares muy poco relevantes, 1-2 lugares poco relevantes, 2-4 relevancia media, 5-6 alta relevancia y 6-8 muy alta relevancia.

### 2.3.12.4 ¿Cómo compensar?

La definición de como compensar debe analizar cuatro componentes: identificación de las acciones, modos, mecanismos y formas de implementar la compensación, atendiendo lo establecido en el Manual de Compensación del componente biótico (MADS, 2018).

Es importante resaltar que en el presente numeral se presenta el plan general para el desarrollo de las compensaciones del componente biótico en el marco del proceso de licenciamiento del proyecto Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1-5; sin embargo,

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."



este podrá presentar ajustes al momento del desarrollo de cada actividad específica de conformidad a lo establecido en el Artículo 3 de la Resolución 256 del 2018 el cual determina:

*"Artículo 3. Ajustes del Plan de Compensación del Componente Biótico. Los planes de compensación de que trata la presente resolución podrán ser ajustados, sin que para ello deba tramitarse la modificación del acto administrativo que autorizó la ejecución del proyecto, obra o actividad, siempre y cuando se mantenga el ecosistema objeto de compensación, y para los siguientes casos:*

- 1. Cambio del predio(s) o beneficiarios donde se implementará(n) la(s) medida(s), manteniéndose en el ecosistema objeto de compensación.*
- 2. Cambio en el plazo de implementación de las medidas, que no excedan el 30% del plazo inicial.*
- 3. Cambio de las acciones, modos, mecanismos y normas de implementación en el manual"*

En el capítulo 11.6 se describen las acciones propuestas y los lineamientos de implementación dentro del proyecto que se consideran más apropiadas, considerando el estado actual de los ecosistemas en el área de influencia. Estas propuestas corresponden a preservación a escala de paisaje implementadas a través de estrategias de restauración.

### 2.3.13 Marco de referencia legal

El marco normativo vigente considerado para la elaboración del EIA, compuesto por las normas ambientales de carácter general y las específicas para los aspectos de suelo, aire, agua, residuos sólidos y líquidos, vegetación, paisaje, aspectos sociales y legislación competente para seguridad y salud ocupacional, hace parte de los antecedentes del proyecto y se presenta en la Tabla 2-85.

**Tabla 2-85 Marco de referencia legal**

NORMA	EXPEDIDA POR	TEMA TRATADO
<b>Normas generales o marco</b>		
Constitución de Colombia 1991	Presidencia de la República	En la cual se incluye el Capítulo III. Derechos Colectivos y del Ambiente
Constitución de Colombia 1991: Título I Artículos 1 y 2 Título II, capítulo I, Artículo 41	Presidencia de la República	Colombia es un Estado Social de Derecho, organizado en forma de república unitaria... democrática, participativa y pluralista... Son fines esenciales del Estado... facilitar la participación de todos en las decisiones que los afectan y en la vida económica, política, administrativa y cultural de la Nación... ... se fomentarán prácticas democráticas para el aprendizaje de los principios y valores de la participación ciudadana.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

NORMA	EXPEDIDA POR	TEMA TRATADO
Constitución de Colombia 1991: Artículo 79	Presidencia de la República	Todas las personas tienen derecho de gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlos
Constitución de Colombia 1991: Artículo 80	Presidencia de la República	El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo, su sostenibilidad, su conservación, su restauración o sustitución.
Ley 99 de 1993	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se reordena el sector público encargado de la Gestión y Conservación el Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables
Resolución 003 de 1998	Dirección General del Instituto Nacional de Vías	Por medio de la cual se adopta la política ambiental del INVIAS
Decreto 1076 de 2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Resolución 601 de 2006.	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia
Resolución 627 de 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece la norma nacional de ruido y ruido ambiental.
Resolución 910 de 2008	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 383 de 2010	Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones.
Resolución 650 de 2010	Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire
Resolución 2154 de 2010	Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones
Resolución 2012 1517 de 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se adopta el "Manual para la Asignación de Compensaciones por pérdida de Biodiversidad.
Resolución 1415 de 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se modifica y actualiza el modelo de almacenamiento geográfico (Geodatabase) contenido en la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales adoptada mediante la Resolución 1503 de 2010.
Resolución 188 de 2013	Agencia Nacional de Licencias Ambientales	Adopta y actualiza el modelo y almacenamiento geográfico (Geodatabase), donde coincide con las capas de cobertura,

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

NORMA	EXPEDIDA POR	TEMA TRATADO
		geomorfopedología y zonificación climática del Estudio de impacto Ambiental.
Resolución 0192 de 2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establece el listado de especies silvestres amenazadas de la Diversidad Biológica Colombiana que se encuentran en el Territorio Nacional.
Ley 21 de 1991	Congreso de la República	Por medio de la cual se aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales.
Ley 99 de 1993	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Titulo X: Modos y procedimientos de participación ciudadana en el manejo ambiental.
Ley 134 de 1994	Congreso de la República	Normas sobre mecanismos de participación ciudadana. Esta ley establece los mecanismos de participación del pueblo; regula la iniciativa popular legislativa y normativa; el referendo, la consulta popular del orden nacional, departamental, distrital, municipal y local; la revocatoria del mandato, el plebiscito y el cabildo abierto.
Ley 142 de 1994	Congreso de la República	Consagra la reglamentación de las acciones populares y de grupo, define las acciones populares como los medios procesales para la protección de los derechos e intereses colectivos, entre los cuales está la defensa al goce de un ambiente sano.
Ley 70 de 1993	Congreso de la República	Protección de la identidad cultural y derechos de las comunidades negras en Colombia
Decreto 1088 de 1993		Creación de cabildos y autoridades indígenas.
Ley 21 de 1991	Congreso de la República	Aprueba el convenio 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes. Adoptado por la OIT en 1989.
Decreto 1371 de 1994		Comisión consultiva de alto nivel que trata el artículo 45 de la Ley 70 de 1993.
Ley 199 de 1994	Presidencia de la República	Define funciones del Ministerio del Interior con relación a pueblos indígenas y comunidades negras y establece cambios de estructura orgánica.
Decreto 2663 de 1994	Presidencia de la República	Mediante la cual se reglamenta los capítulos X y XVI de la Ley 160 de 1994 en lo relativo a clarificación de la situación de las tierras desde el punto de vista de la propiedad o deslinde de las tierras de dominio de la nación y lo relacionado con resguardos indígenas y las tierras de las comunidades negras
Decreto 1745 de 1995	Presidencia de la República	Reconocimiento del derecho a la propiedad colectiva.
Decreto 804 de 1995	Presidencia de la República	Reconocimiento y garantía a la etnoeducación.
Decreto 2248 de 1995		Establece los parámetros para el Registro de organizaciones de base de las comunidades negras y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1277 de 1996		Zona de reservas campesinas.

## Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Proyecto "Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5."

NORMA	EXPEDIDA POR	TEMA TRATADO
Decreto 1777 de 1996	Presidencia de la República	Protección de reserva campesina.
Ley 388 de 1997	Presidencia de la República	Ley de desarrollo territorial. Aspectos relacionados con el Ordenamiento ambiental del Territorio (artículos 3 y 4).
Ley 397 de 1997	Presidencia de la República	Ley general de la cultura. Área de protección arqueológica de licencia ambiental.
Decreto 1320 de 1998	Ministerio del Interior	Proceso de consulta previa.
Decreto Ley 262 de 2000.	Departamento administrativo de la función pública	Establece para las Procuradurías Delegadas (Ambiental y Agraria – para la Prevención en materia de Derechos Humanos y Asuntos Étnicos), entre otras funciones las siguientes: - velar por el cumplimiento de las disposiciones constitucionales y legales (art. 24-1), intervenir ante las autoridades públicas, cuando sea necesario para defender el orden jurídico, el patrimonio público, las garantías y los derechos fundamentales, sociales, económicos, culturales, colectivos o del ambiente, así como los derechos de las minorías étnicas (art. 24-1), promover, ante las autoridades judiciales y administrativas, el cumplimiento de las normas del orden nacional y los tratados internacionales sobre derechos humanos (art. 26-1).
Ley 743 del 5 de junio de 2002	Ministerio del Interior	Por la cual se desarrolla el artículo Constitución Política de Colombia en lo referente a los organismos de acción comunal
Decreto 833 de 2002		Reglamenta parcialmente la Ley 397 de 1997 en materia de Patrimonio Arqueológico Nacional y se dictan otras disposiciones.
Decreto 2350 del 20 de agosto 2003.	Ministerio del Interior y de Justicia	Por el cual se reglamenta la Ley 743 de 2002.
Ley 850 de 2003	Congreso de la República	Ley estatutaria de veedurías ciudadanas.
Ley 1152 de 2007 y sus modificatorios	Congreso de la República	Por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones.
Decreto 330 de 2007.	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamentan las audiencias públicas ambientales que tienen por objetivo dar a conocer a las organizaciones sociales, comunidad en general, entidades públicas y privadas, la existencia de un proyecto, obra o actividad, los impactos y las medidas de manejo propuestas y recoger las opiniones, información o aportes de la comunidad o de las entidades.

### 2.4 Grupo de trabajo

A continuación, se lista el grupo de trabajo de Ucrós Abogados Asociados que participo en el desarrollo de este estudio

**Tabla 2-86 Grupo de trabajo**

<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>
Juan Carlos Ucrós Fajardo	Director General
Henry Pompilio Martinez	Coordinador General
Julián Wilches	Asesor Ambiental
John Iván Nova	Asesor Jurídico
Carolina Álvarez	Especialista Ecosistemas
John Fredy Bayona	Coordinador operativo
Freddy Valcárcel Montañez	Profesional suelos
Juan Pablo Pescador	Geólogo
Paola Garzón	Especialista paisaje
Robert Guadrón Sierra	Forestal
Karoll Lizeth Lugo	Especialista epifitas
Yudy Andrea Morales	Profesional Social
Andrés Felipe Sandoval Téllez	Ingeniero Civil
Mauricio Serna	Especialista Riesgos
Luis Eduardo Beltrán	Especialista avifauna
Ricardo Felipe Paternina	Especialista Herpetofauna
Nathalia Sánchez Acevedo	Especialista Mastofauna
Ariel Paz	Especialista evaluación económica
Leidy Meneses	Especialista Hidrología
Lucero Aristizabal Losada	Arqueóloga
Laboratorio Ambius	Calidad de agua e hidrobiológicos
Laboratorio Corola	Calidad de Aire y ruido ambiental
Argemonia	Modelación calidad de aire
María Fernanda Eslava	Profesional SIG
Tatiana Gaitán	Profesional apoyo
Gabriela Castaño	Profesional apoyo