

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE LA SUBESTACIÓN TERMINAL Y LÍNEA ASOCIADA A 115 kV”

CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

ACÁPITE 3.2 MEDIO ABIÓTICO

TABLA DE CONTENIDO

3	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	11
3.2	Medio abiótico	11
3.2.1	Geología	11
3.2.1.1	Evolución geológica	11
3.2.1.2	Unidades litológicas	12
3.2.1.2.1	Depósitos cuaternarios	12
3.2.1.3	Rasgos estructurales	15
3.2.1.4	Amenazas naturales	17
3.2.1.4.1	Amenazas sísmicas	17
3.2.1.4.2	Amenazas por inundación	19
3.2.1.4.3	Amenaza por licuefacción	20
3.2.2	Geomorfología.....	20
3.2.2.1	Morfogénesis.....	20
3.2.2.1.1	Geoformas de origen fluvial	22
3.2.2.1.2	Geoformas de origen antrópico.....	23
3.2.2.2	Morfografía	23
3.2.2.3	Morfodinámica.....	24
3.2.2.4	Morforestructuras	25
3.2.3	Suelos	25
3.2.3.1	Suelos de las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto	25
3.2.3.1.1	Clasificación de suelos	27
3.2.3.1.2	Uso actual de los suelos.....	34
3.2.3.1.3	Capacidad de uso de la tierra	36
3.2.3.1.4	Conflictos de uso.....	38
3.2.3.2	Características físicas, químicas, mineralógicas del suelo en el AID	43
3.2.3.3	Resistividad	51
3.2.4	Hidrología	53
3.2.4.1	Sistemas lénticos	53
3.2.4.2	Sistemas lóticos	54
3.2.4.3	Patrones de drenaje.....	56
3.2.4.4	Usos del agua a nivel regional	57

3.2.5	Calidad del agua	57
3.2.6	Usos del agua	57
3.2.7	Hidrogeología	57
3.2.7.1	Explotación de aguas subterráneas de la localidad de Fontibón.....	58
3.2.7.2	Unidad hidrogeológica del área de influencia directa e indirecta.....	59
3.2.7.2.1	Formación Chía.....	61
3.2.7.3	Inventario de puntos de agua y unidades hidrogeológicas a intervenir.....	61
3.2.7.4	Vulnerabilidad a la contaminación	61
3.2.8	Atmósfera	64
3.2.8.1	Clima	64
3.2.8.1.1	Temperatura.....	64
3.2.8.1.2	Presión atmosférica	67
3.2.8.1.3	Precipitación	69
3.2.8.1.4	Humedad relativa	72
3.2.8.1.5	Viento.....	72
3.2.8.1.6	Radiación solar.....	74
3.2.8.1.7	Nubosidad	75
3.2.8.1.8	Estabilidad atmosférica.....	76
3.2.8.1.9	Altura de mezcla	77
3.2.8.1.10	Evaporación.....	78
3.2.8.1.11	Balance hídrico.....	79
3.2.8.1.12	Zonificación climática.....	81
3.2.8.2	Calidad del aire	82
3.2.8.2.1	Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas.....	83
3.2.8.2.2	Fuentes de emisiones atmosféricas que generará el proyecto.....	85
3.2.8.2.3	Ubicación cartográfica de los asentamientos poblacionales y de las zonas críticas de contaminación 86	
3.2.8.2.4	Resultados de monitoreo de la calidad del aire	87
3.2.8.3	Ruido.....	115
3.2.8.3.1	Fuentes de generación de ruido	123
3.2.8.3.2	Resultados del monitoreo de ruido ambiental	124
3.2.8.3.3	Identificación de actividades generadoras de ruido y posibles receptores durante la construcción del proyecto132	
3.2.8.3.4	Identificación de actividades generadoras de ruido durante la operación del proyecto.....	134

3.2.9	Geotecnia	136
3.2.9.1	Análisis de estabilidad	137
3.2.9.2	Descripción general de la zonificación geotécnica	140
3.2.9.2.1	Estabilidad geotécnica baja a muy baja	142
3.2.9.2.2	Estabilidad geotécnica moderada	142
3.2.9.2.3	Estabilidad geotécnica alta a muy alta	142
3.2.9.3	Capacidad portante.....	142
3.2.10	Paisaje	146
3.2.10.1	Área de influencia directa e indirecta.....	149
3.2.10.1.1	Calidad de paisaje.....	149
BIBLIOGRAFÍA		156

LISTA DE TABLAS

Tabla 3-1 Marco geológico del área de influencia del proyecto	12
Tabla 3-2 Unidades geológicas en el área de influencia del proyecto	13
Tabla 3-3 Microzonificación sísmica	17
Tabla 3-4 Amenaza por inundación	20
Tabla 3-5 Unidades geomorfológicas predominantes en el área de influencia del proyecto	21
Tabla 3-6 Geomorfología del área de influencia del proyecto (AID y AII)	21
Tabla 3-7 Pendientes pertenecientes al área de influencia del proyecto (AID y AII)	23
Tabla 3-8 Nomenclatura aplicada en la unidad fisiográfica (paisaje, clima y suelos)	28
Tabla 3-9 Nomenclatura aplicada en la zonificación climática	28
Tabla 3-10 Nomenclatura aplicada al conjunto taxonómico	28
Tabla 3-11 Nomenclatura asociada a paisaje y clima empleada en la UCS	29
Tabla 3-12 Leyenda geopedológica (ZINCK, 2012)	31
Tabla 3-13 Uso actual del área de estudio (AII y AID)	34
Tabla 3-14 Tipo de datos aplicados para determinar uso potencial del suelo	36
Tabla 3-15 Uso potencial de las tierras (AII y AID)	37
Tabla 3-16 Insumos para desarrollar el conflicto de uso	38
Tabla 3-17 Matriz de decisión para calificación de conflictos de uso	38
Tabla 3-18 Tipos de conflictos de uso de la tierra	39
Tabla 3-19 Sectores Normativos UPZ Granjas de Techo	40
Tabla 3-20 Conflictos de uso del suelo	42
Tabla 3-21 Puntos de muestreo	43
Tabla 3-22 Registro del suelo muestreado en campo	44
Tabla 3-23 Resultados de los análisis químicos	45
Tabla 3-24 Resultados de los análisis físicos	45
Tabla 3-25 Resultados de la densidad aparente	45
Tabla 3-26 Interpretación de difractograma para análisis de la fracción arena	48
Tabla 3-27 Interpretación de difractograma para análisis de la fracción arcilla	48
Tabla 3-28 Interpretación de difractograma para análisis de muestra total	48
Tabla 3-29 Puntos de ubicación medida de resistividad	51
Tabla 3-30 Resistividades en distintos tipos de terreno	52
Tabla 3-31 Resistividades en distintos tipos de naturaleza	52
Tabla 3-32 Resistividad, resistencia y pH	53
Tabla 3-33 Localización hidrográfica del área de influencia del proyecto (AII y AID)	55
Tabla 3-34 Distribución de sistemas acuíferos por áreas hidrográficas, provincias hidrogeológicas y sistemas acuíferos	59
Tabla 3-35 Descripción de la hidrogeología del área de influencia directa e indirecta	59
Tabla 3-36 Métodos para evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos	62
Tabla 3-37 Análisis de la vulnerabilidad de los acuíferos	63
Tabla 3-38 Estaciones climatológicas del área de influencia del proyecto	64
Tabla 3-39 Valores máximos y mínimos de temperatura	67
Tabla 3-40 Estaciones climatológicas del área de influencia del proyecto	67
Tabla 3-41 Velocidades media, máxima y mínima del viento	73
Tabla 3-42 Condiciones de estabilidad atmosférica en el área de influencia del proyecto	76
Tabla 3-43 Temperaturas máximas y mínimas del área de influencia del proyecto	78

Tabla 3-44 Alturas de mezcla máximas y mínimas en el área de influencia del proyecto	78
Tabla 3-45 Parámetros para análisis de balance hídrico de la estación Tibaitatá	80
Tabla 3-46 Zonificación climática del área de influencia del proyecto	82
Tabla 3-47 Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire	83
Tabla 3-48 Ficha técnica de Estación 1 (E1)	88
Tabla 3-49 Información criterios de ubicación estación 1 (E1)	89
Tabla 3-50 Ficha técnica de Estación 2	90
Tabla 3-51 Información criterios de ubicación estación 2 (E2)	92
Tabla 3-52 Puntos de medición de calidad del aire	94
Tabla 3-53 Resumen variables meteorológicas promedio diario	95
Tabla 3-54. Escala de Beaufort	96
Tabla 3-55 Datos registrados PM ₁₀ (µg/m ³) en 24 horas	100
Tabla 3-56 Datos registrados PM _{2.5} (µg/m ³) en 24 Horas	101
Tabla 3-57 Datos registrados NO ₂ (µg/m ³) en 24 horas	103
Tabla 3-58 Datos horarios de NO ₂ registrados Estación 1 (E1)	103
Tabla 3-59 Datos horarios de NO ₂ registrados Estación 2 (E2)	104
Tabla 3-60 Datos registrados SO ₂ (µg/m ³) 24 horas	107
Tabla 3-61 Datos representativos O ₃ (µg/m ³)	110
Tabla 3-62 Puntos de corte del ICA	112
Tabla 3-63 Índices de calidad del aire en la estación 1 (E1)	113
Tabla 3-64 Índices de calidad del aire en la estación 2 (E2)	113
Tabla 3-65 Puntos de medición de ruido ambiental	115
Tabla 3-66 Promedios diarios registrados por la estación meteorológica	123
Tabla 3-67 Fuentes sonoras ruido ambiental	123
Tabla 3-68 Resumen de resultados de los niveles de ruido	124
Tabla 3-69 Estándares máximos permisibles ruido ambiental dB(A)	125
Tabla 3-70 Relación para la suma de decibeles	136
Tabla 3-71 Factores, categorías y valoración para la zonificación geotécnica	137
Tabla 3-72 Rangos de clasificación de estabilidad geotécnica	138
Tabla 3-73 Valoración de estabilidad geotécnica	139
Tabla 3-74 Distribución porcentual de la zonificación geotécnica del área de estudio (AII y AID)	140
Tabla 3-75 Descripción de zonas geotécnicas	142
Tabla 3-76 Puntos de ubicación muestreos de suelos	144
Tabla 3-77 Perfiles estratigráficos del área de intervención del proyecto	144
Tabla 3-78 Unidades de paisaje para el área de influencia directa e indirecta	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1 Geología del área de influencia del proyecto (AID y AII)	14
Figura 3-2 Columna estratigráfica generalizada	15
Figura 3-3 Principales rasgos estructurales a nivel regional	16
Figura 3-4 Amenaza sísmica intermedia para el área de influencia del proyecto (AID y AII)	18
Figura 3-5 Amenaza por inundación	19
Figura 3-6 Geomorfología del área de influencia del proyecto (AID y AII)	22
Figura 3-7 Pendientes del área de influencia del proyecto (AII y AID)	24
Figura 3-8 Distribución del uso del suelo en las áreas de influencia según POT de Bogotá D.C.	26
Figura 3-9 Unidades cartográficas de suelos (AII y AID)	33
Figura 3-10 Uso actual del suelo (AII y AID)	35
Figura 3-11 Uso potencial (AII y AID)	37
Figura 3-12 Localización de sectores normativos UPZ 112 Granjas de Techo	39
Figura 3-13 Plano de edificabilidad permitida en la UPZ-112 – Sector 5	40
Figura 3-14 Conflictos de uso por producción (AII y AID)	41
Figura 3-15 Conflictos de uso según POT (AII y AID)	42
Figura 3-16 Difractograma de rayos X (método Thorez tratamiento natural) - horizonte A	46
Figura 3-17 Difractograma de rayos X (tratamiento con etilenglicol) - horizonte A	46
Figura 3-18 Difractograma de rayos X (tratamiento natural calentado a 550°C) - horizonte A	47
Figura 3-19 Difractograma de rayos X (muestra de polvo total) - horizonte A	47
Figura 3-20 Localización hidrográfica del área de influencia del proyecto	54
Figura 3-21 Unidades hidrogeológicas (AII y AID)	60
Figura 3-22 Diagrama de flujo de la estimación de la vulnerabilidad de los acuíferos a través del método GOD	63
Figura 3-23 Gráfica de temperatura media mensual multianual	65
Figura 3-24 Mapa de isotermas de las temperaturas medias mensuales multianuales del área de influencia del proyecto (AII y AID)	66
Figura 3-25 Mapa de isobaras de la presión atmosférica del área de influencia del proyecto (AII y AID)	68
Figura 3-26 Gráfica de precipitación media mensual multianual	69
Figura 3-27 Gráfica del número de días con precipitación anual	70
Figura 3-28 Mapa de isoteyetas de las precipitaciones medias anuales multianuales del área de influencia del proyecto (AII y AID)	71
Figura 3-29 Gráfica de humedad relativa media, máxima y mínima estación Tibaitatá	72
Figura 3-30 Rosa de los vientos Bogotá	73
Figura 3-31 Gráfica de la media mensual multianual de vientos	74
Figura 3-32 Gráfica de la media mensual multianual de radiación solar	75
Figura 3-33 Gráfica de la nubosidad media mensual multianual	76
Figura 3-34 Gráfica de la evaporación media mensual multianual	79
Figura 3-35 Gráfica del balance hídrico de la estación Tibaitatá	81
Figura 3-36 Zonificación climática del área de influencia del proyecto (AII y AID)	82
Figura 3-37 Cartografía poblacional para calidad del aire (AII y AID)	86
Figura 3-38 Localización estaciones de monitoreo de aire	94
Figura 3-39. Velocidad del viento durante el tiempo de muestreo	96
Figura 3-40 Rosa de viento diurna	97
Figura 3-41 Rosa de viento nocturna	97

Figura 3-42 Rosa de viento total.....	97
Figura 3-43. Temperatura ambiente en °C durante el tiempo de muestreo	98
Figura 3-44 Temperatura promedio diaria °C	99
Figura 3-45 Temperatura promedio multihorario °C	99
Figura 3-46 Precipitación acumulada diaria (mmH ₂ O).....	99
Figura 3-47 Distribución lluvias por categoría.....	99
Figura 3-48 Comportamiento concentraciones PM 10 (24 horas).....	101
Figura 3-49 Comportamiento concentraciones PM 2.5 (24 horas).....	102
Figura 3-50 Registro horario NO ₂ – 13 al 18 de agosto 2019.....	105
Figura 3-51 Registro horario NO ₂ – 19 al 24 de agosto 2019	106
Figura 3-52 Registro horario NO ₂ – 25 al 30 de agosto 2019	106
Figura 3-53 Comportamiento concentraciones SO ₂ diario.....	108
Figura 3-54 Registro horario CO – 13 al 18 de agosto	108
Figura 3-55 Registro horario CO – 19 al 24 de agosto	109
Figura 3-56 Registro Horario CO – 25 al 30 de agosto.....	109
Figura 3-57 Registro octohorario CO	110
Figura 3-58 Registro octohorario de concentraciones de O ₃	111
Figura 3-59 Índice de calidad del Aire - ICA	114
Figura 3-60 Croquis general de los puntos de monitoreo	118
Figura 3-61 Croquis punto de monitoreo R1	119
Figura 3-62 Croquis punto de monitoreo R2.....	120
Figura 3-63 Croquis punto de monitoreo R3.....	121
Figura 3-64 Localización de los puntos de medición ruido ambiental (All y AID)	122
Figura 3-65 Medición de ruido ambiental diurno	125
Figura 3-66 Medición de ruido ambiental nocturno	126
Figura 3-67 Mapa de isófonas periodo diurno festivo (All y AID)	128
Figura 3-68 Mapa de isófonas periodo diurno hábil (All y AID)	129
Figura 3-69 Mapa de isófonas periodo nocturno festivo (All y AID).....	130
Figura 3-70 Mapa de isófonas periodo nocturno hábil (All y AID).....	131
Figura 3-71 Actividades con potencial de generación de ruido	134
Figura 3-72 Simulación del nivel de presión acústica en los alrededores de la Subestación Terminal	135
Figura 3-73 Mapa de zonificación geotécnica (All y AID)	141
Figura 3-74 Mapa de las zonas geotécnicas (All y AID)	143
Figura 3-75 Factores formadores del paisaje y sus interrelaciones	147
Figura 3-76 Elementos estructurales del paisaje.....	149
Figura 3-77 Unidades de paisaje (All y AID)	151
Figura 3-78 Calidad visual del paisaje (All y AID)	154

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3-1 Formación Chía (Qch)	13
Fotografía 3-2 Material de relleno de excavación (Qr).....	13
Fotografía 3-3 Paisaje de planicie antropogénica	30
Fotografía 3-4 Fotografías de las placas mineralógicas de la fracción arena [1]	49
Fotografía 3-5 Fotografías de las placas mineralógicas de la fracción arena [2]	50
Fotografía 3-6 Fotografías de las placas mineralógicas de la fracción arena [3]	50
Fotografía 3-7 Fuente de emisión “Avenida Centenario”	84
Fotografía 3-8 Fuente de emisión - estación de servicio ESSO.....	84
Fotografía 3-9 Fuente de emisión – Chimenea Industrial.....	84
Fotografía 3-10 Fuente de emisión - Construcción de unidades residenciales.....	84
Fotografía 3-11 Estación de monitoreo E1	87
Fotografía 3-12 Estación de monitoreo E2	87
Fotografía 3-13 Receptores barrio Paraíso Bavaria.....	132
Fotografía 3-14 Receptores estación de servicio ESSO.....	133
Fotografía 3-15 Receptores Chaneme Comercial S.A.....	133
Fotografía 3-16 Otras zonas verdes aledañas a la Avenida Centenario-Cil 17.....	152
Fotografía 3-17 Zonas de disposición de residuos dentro del predio destinado para la construcción de la subestación	152
Fotografía 3-18 Residuos registrados dentro del predio destinado para la construcción de la subestación....	152
Fotografía 3-19 Ronda del río Fucha	153
Fotografía 3-20 Especies de flora ubicadas en el AID del proyecto	155

LISTA DE ANEXOS

Anexo Cartográfico, 1002-EA-9-402 -H01-R0, Mapa Geología
Anexo Cartográfico - 2.MXD - Mapas PDF - 1002-EA-9-403 -H01-R0
Anexo Cap. 3, 3.2: Abiótico, Atmosfera, Clima, Estaciones IDEAM
Anexo Cap. 3, 3.2: Abiótico, Atmosfera, Aire, CIAN_Aire
Anexo Cap. 3, 3.2: Anexo 3.2 Abiótico, Geosférico, Estudio geotécnico y suelos
Anexo Cap. 3, 3.2: Abiótico – Suelos
Anexo Cap. 2: UNAL_Modelamiento_ruido

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

3.2 Medio abiótico

El acápite de medio abiótico contiene información de aquellos elementos que no albergan ninguna forma de vida, es decir, los factores inertes que hacen parte de los ecosistemas, como el clima, la geología y la geografía; comprende todos los fenómenos físicos como precipitación, temperatura, condiciones atmosféricas suelo y químicos, como geoformas, recurso hídrico superficial y subterráneo, entre otros, que afectan a los organismos.

3.2.1 Geología

Las áreas de influencia indirecta y directa se enmarcan en una misma unidad geológica, de tal manera, que la descripción geológica aplica para las dos áreas. Para el desarrollo del componente geológico se ha tomado como base la información a escala 1:40.000 de los mapas elaborados para la microzonificación sísmica de Bogotá y adicionalmente la plancha 227, “La mesa” y memoria explicativa elaborados por el Servicio Geológico Colombiano. Ver **Anexo Cartográfico, 2.MXD, Mapas PDF, 1002-EA-9-402-H01-R0, Mapa Geología**.

3.2.1.1 Evolución geológica

La historia geológica de la Sabana de Bogotá, hace parte de la evolución de la cuenca sedimentaria y posterior levantamiento de la actual Cordillera Oriental; el registro sedimentario de esta cuenca comienza cuando aún la actual Cordillera Oriental estaba en una etapa sinrift (Cooper, *et al.*, 1995; Acosta, 2002; Sarmiento, 2002; Branquet, *et al.* 2002) con fallas normales que controlaban la sedimentación y que posteriormente fueron reactivadas por inversión tectónica, durante la fase de la orogenia andina en el Mioceno- Plioceno (Colletta *et al.*, 1990; Branquet, *et al.*, 2002) y por último el levantamiento de la cordillera durante el plioceno (Van der Hammen, 2003).

La Cordillera Oriental se formó en el Neógeno, como respuesta a los esfuerzos compresivos que involucran la convergencia de las placas de Suramérica, Nazca y Caribe. Esta interacción dio lugar a una deformación intensa y un acortamiento en dirección ENE- WSW, perpendicular a las estructuras regionales. Sarmiento (2002) plantea que hubo una deformación por movimientos transcurrentes dextrales en el flanco suroriental de la subcuenca del Cocuy y la subcuenca de Cundinamarca, que involucra el área de este estudio.

El registro sedimentario más antiguo en la sabana es del Turoniano (formaciones Simijaca y Frontera), el cual reposa sobre depósitos de edad Albiano-Cenomaniano con ambientes intermareales y barras litorales en el oriente del área representados en la Formación Une, mientras que al occidente la cuenca debió ser menos somera y se da ambientes de plataforma media y se genera el depósito de la Formación Churuvita.

En el Turoniano, existe un levantamiento global del nivel del mar (Cooper, *et al.*, 1995), depositándose lodolitas y chert de las Formaciones Simijaca, La Frontera y la parte inferior de la Formación Chipaque. El ascenso en el nivel del mar fue acompañado por vulcanismo que aportó material silíceo y corrientes de surgencia que enriquecieron de materia orgánica el ambiente favoreciendo el desarrollo de fauna.

Después del evento de máxima deformación del Mioceno, se generaron cuencas intracordillera en las cuales a partir de la parte alta del Mioceno y durante el Plioceno, se deposita la Formación Tilatá que marca el levantamiento de la Sabana de Bogotá desde 600 hasta los 2.600 m.s.n.m., registrado por la flora encontrada y estudiada en las secciones del Salto de Tequendama y Chocontá (Hooghiemstra, 1984; en Copper, *et al.*, 1995). El mayor levantamiento de la cordillera debió haberse producido entre los 5,3 y 2,6 Ma, a una tasa

promedio de 0,66 mm/año, con este levantamiento, a finales del plioceno comienza a formarse la cuenca de la Sabana y la sedimentación de ésta empezó aproximadamente hace 3 Ma. (Van der Hammen, 2003). En el cuaternario la sedimentación fue lacustre, en la parte plana y depósitos fluvioglaciares hacia sus bordes (Torres, 2005).

La Sabana de Bogotá es un antiguo lago en el que se han acumulado alrededor de 20,1 m de sedimentos cuaternarios. Los grandes ríos forman varios conos que enlazan entre sí en el fondo del valle; una espesa serie lacustre formada por arcillas blancas, arenas, turbas y niveles de cantos, y que se manifiesta morfológicamente por una terraza situada entre 5-15 m. sobre los ríos de la Sabana (terrazza alta), esta serie lacustre constituye la formación Tilatá: un complejo de limos que en los bordes de la Sabana son rojos y marrones y en el techo negros y que pueden alcanzar grandes alturas sobre la Sabana, este conjunto hacia el interior de la Sabana enlaza con unos limos marrones que forman una terraza entre 0 y 3 m sobre la Sabana (terrazza baja), este complejo de limos que en el borde contienen faunas de mamíferos constituye la formación Sabana (JULIVERT, 2014).

3.2.1.2 Unidades litológicas

Dentro del área de influencia de la Subestación Terminal y sus líneas asociadas, se encuentran cartografiadas 2 unidades litológicas (Tabla 3-1 y Figura 3-1), las cuales se describen con base en la información de referencia y datos litológicos tomados en campo, teniendo como base los rasgos litológicos y texturales que permitan definir la caracterización de los materiales (formaciones geológicas) y la geología estructural como insumo para la identificación del área.

A continuación, se presenta una breve descripción de dichas unidades, partiendo de las memorias explicativas de los mapas geológicos 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano (plancha 227) y datos adquiridos en campo.

Tabla 3-1 Marco geológico del área de influencia del proyecto

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	ERA	EDAD
Qch	Depósitos aluviales	Cenozoico	Cuaternario
Qr	Rellenos de excavación	-	-

Fuente: Cartografía geológica plancha 227 tomado del SGC, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.1.2.1 Depósitos cuaternarios

- **Formación Chía (Qch)**

Llamada Formación Chía por Helmens (1990), esta unidad corresponde a depósitos originados por los ríos Bogotá, Tunjuelo, Juan amarillo y Fucha. Presenta geoformas planas a ligeramente onduladas, muy poco disectadas, las cuales se elevan unos 5 m en promedio sobre las llanuras aluviales. Su composición es predominantemente limo arcilloso y el ambiente de depositación se considera fluvial.

Fotografía 3-1 Formación Chía (Qch)


Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

- **Material relleno de excavación (Qr)**

Se extiende sobre casi toda la zona debido a la intensa antropización del sector. Su naturaleza, así como su espesor, es muy variable, aunque en general no supera los 5 m con un espesor típico del orden de 2 m, y que suele aumentar en las zonas de terraplén de estructuras viarias (Torres, 2005).

Fotografía 3-2 Material de relleno de excavación (Qr)


Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

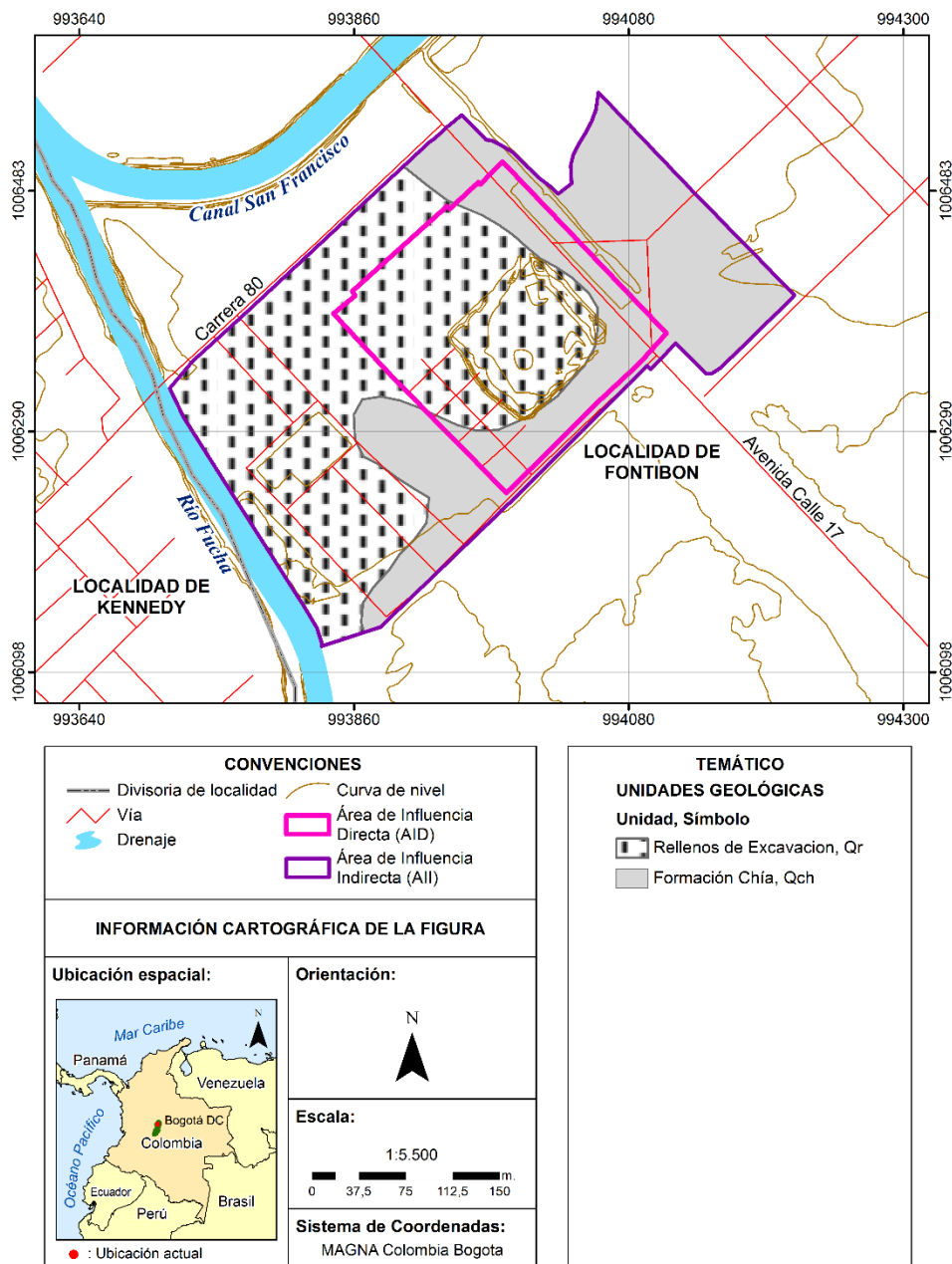
Tabla 3-2 Unidades geológicas en el área de influencia del proyecto

NOMBRE	NOMENCLATURA	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
		Área (Ha)	(%)	Área (Ha)	(%)
Formación Chía	Qch	1,18	32,99	3,43	47,73
Rellenos de Excavación	Qr	2,40	67,01	3,75	52,27
Total general		3,581	100	7,177	100

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

En la Tabla 3-2 se presenta la extensión de la formación Chía y rellenos de excavación para las áreas de influencia del proyecto subestación terminal y línea asociada.

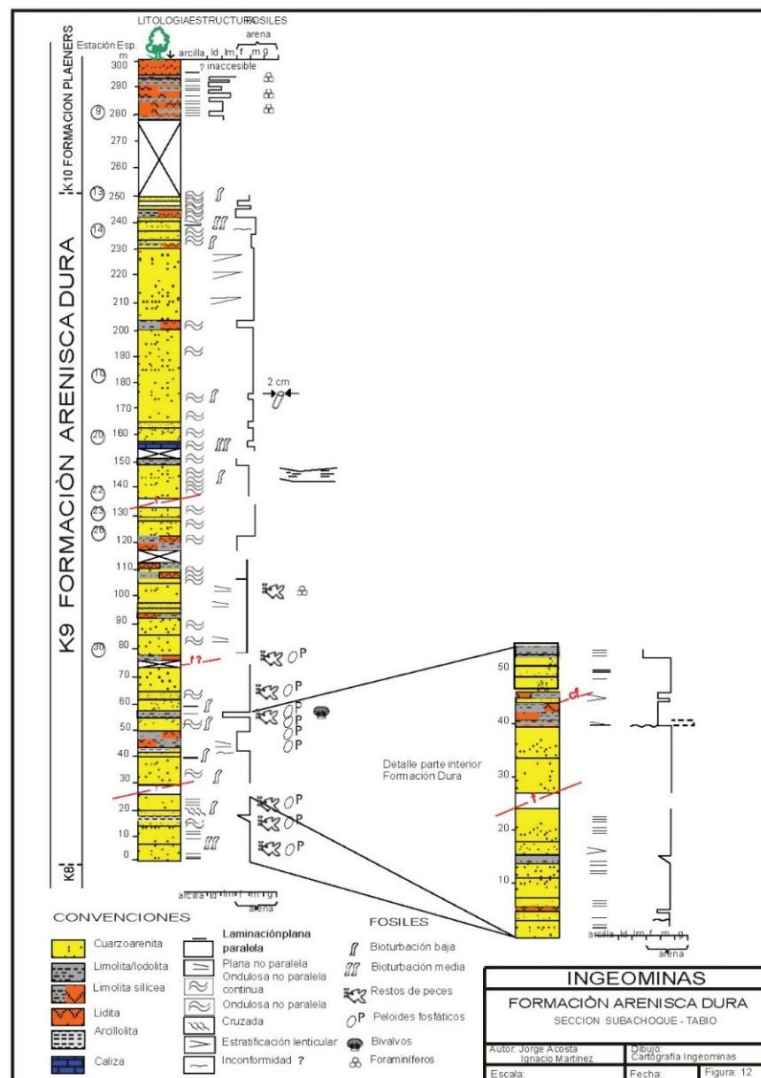
Figura 3-1 Geología del área de influencia del proyecto (AID y AII)



Fuente: Cartografía geológica detallada, Sistema de información para la gestión del riesgo y cambio climático (SIRE), modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

En la Figura 3-2 se presenta la columna estratigráfica generalizada para el área de influencia (AID y AII) del proyecto.

Figura 3-2 Columna estratigráfica generalizada



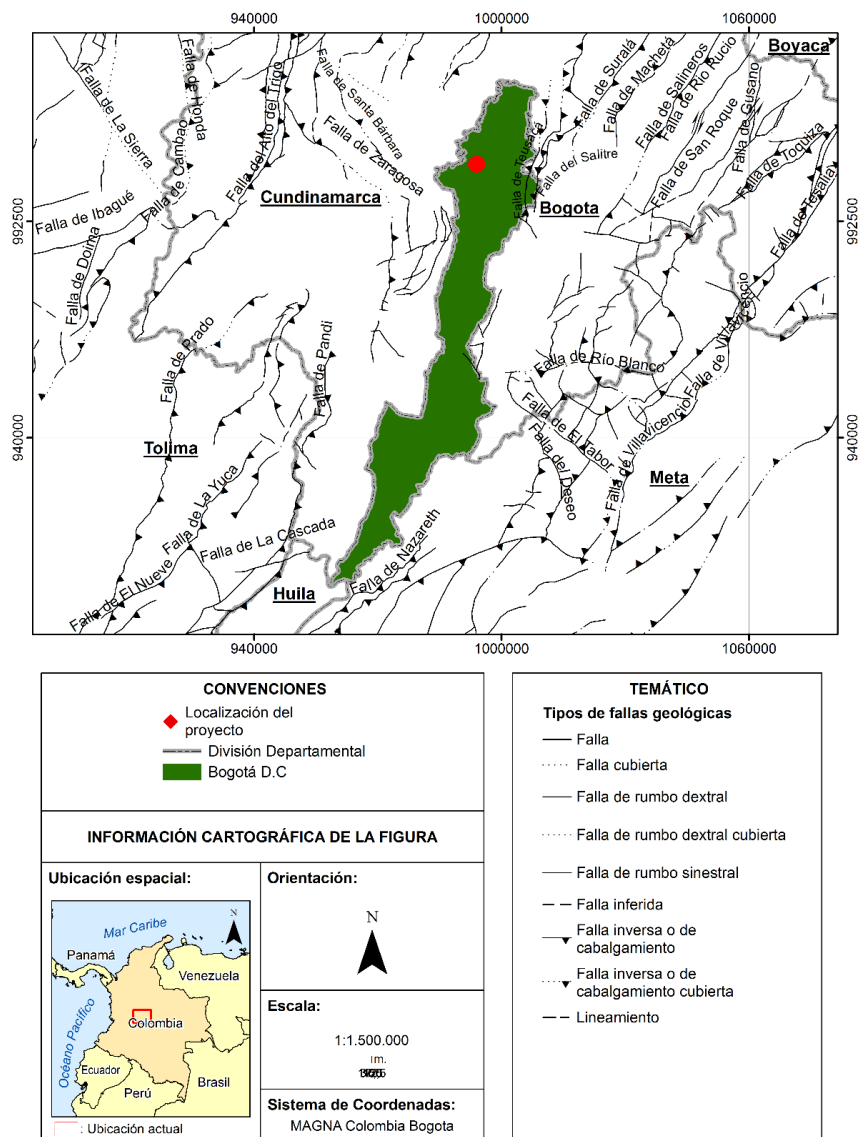
Fuente: Memoria geológica plancha 227 tomado del SGC, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.1.3 Rasgos estructurales

A nivel regional dentro del área de la Sabana de Bogotá se pueden establecer dos estilos estructurales: el primero, localizado en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, al oriente del sinclinal de Checua, con fallas de cabalgamiento convergencia al Oriente y las otras de menor importancia se comportan como retrocabalgamiento convergencia hacia el Occidente. El segundo estilo estructural se presenta al occidente, está caracterizado por fallas de cabalgamiento, de convergencias al occidente como sistemas imbricados que nacen y son controlados por fallas de dirección noroeste que sirven como rampas laterales. (Ver Figura 3-3).

Dentro de las fallas fácilmente reconocibles en el área de Bogotá se encuentra la Falla de Teusacá, la cual se extiende bordeando el flanco oriental del valle del río Teusacá, desde el sector del Salitre hasta el límite suroriente del área de la Sabana de Bogotá. Su trazo presenta muchas variaciones; al Sur es N10°E, cerca de la localidad de La Calera cambia hasta casi E-W y en el tramo Norte varía de 10°E a N10°W (INGEOMINAS¹).

Figura 3-3 Principales rasgos estructurales a nivel regional



Fuente: Servicio geológico colombiano SGC, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

¹ MINMINAS e INGEOMINAS. Geología de la sabana de Bogotá [en línea] <https://choconta.files.wordpress.com/2007/12/informe_geologia_sabana_bta.pdf> [citado en 11 de abril de 2018].

En el área de ubicación de la Subestación terminal y líneas de transmisión asociadas, no se evidencia comportamiento neotectónico o rasgos estructurales de fallamiento que afecte los depósitos cuaternarios que conforman el área de influencia directa del proyecto.

3.2.1.4 Amenazas naturales

Las amenazas naturales se caracterizan como aquellos elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él. Este diagnóstico se refiere a fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos, específicamente sísmicos y elementos morfodinámicos, que, por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades. A continuación, se describen las amenazas naturales identificadas en el área de influencia de la Subestación Terminal y su línea asociada.

3.2.1.4.1 Amenazas sísmicas

De acuerdo con el decreto 523 de 2010, la ciudad de Bogotá cuenta con una microzonificación sísmica, en la cual la zona de estudio se encuentra en un área conocida como lacustre aluvial 300, la cual presenta las siguientes características.

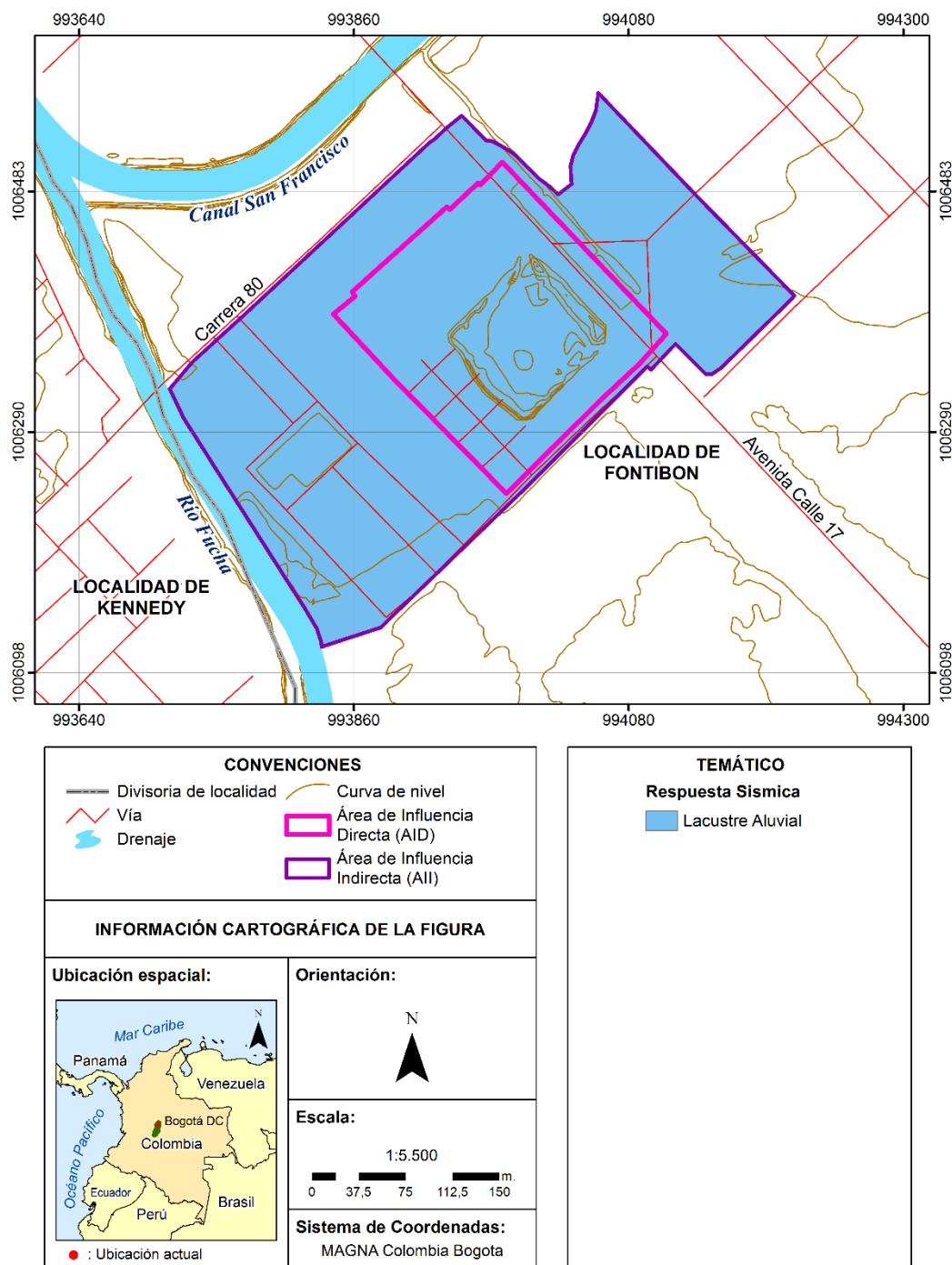
Tabla 3-3 Microzonificación sísmica

ZONA	ESPEJOR (m)	CLASIFICACIÓN	PERIODO FUNDAMENTAL	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD DE ONDA PROMEDIO VS (m/s)	EFFECTOS DE SITIO RELACIONADO
Lacustre Aluvial 300	200-300	Intermedia	3,0-4,0	Suelo lacustre con intercalaciones de aluvial; Arcillas limosas o limos arcillosos con lentes de turba y capas de arena compactas	<200	Amplificación

Fuente: Decreto 523 de 2010, (Alcaldía Mayor de Bogotá), modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Las zonas de amenaza se clasifican como bajas, intermedias y altas. El área de influencia del proyecto se ubica en zona de amenaza sísmica intermedia, que corresponde a regiones donde existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración pico efectivas mayores de 0,10 g y menores o iguales de 0,20 g. El área de influencia (AID y AII) del proyecto Subestación Terminal y su Línea asociada a 115 kV se clasifica en este rango según la microzonificación sísmica de la Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010, tal como se aprecia en la Figura 3-4.

Figura 3-4 Amenaza sísmica intermedia para el área de influencia del proyecto (AID y AII)

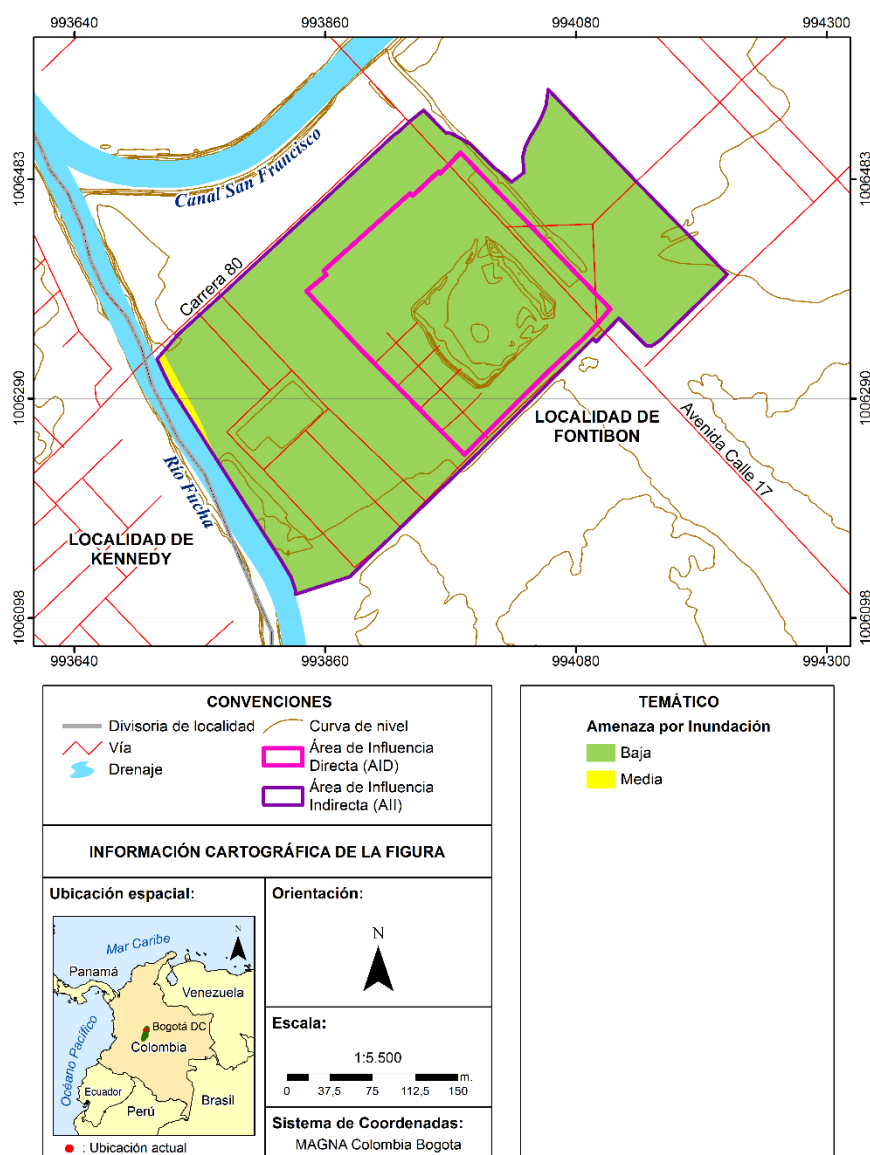


Fuente: Cartografía Decreto 523 de 2010, (Alcaldía Mayor de Bogotá-Idiger), modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.1.4.2 Amenazas por inundación

La amenaza por inundación en el área de influencia del proyecto (AID y AI) se asocia al canal San Francisco y al río Fucha, los cuales se encuentran completamente canalizados a lo largo del recorrido cercano a la zona. Con base a dichas características y a la información registrada en la cartografía geológica detallada del sistema de información para la gestión del riesgo y cambio climático (SIRE), se consideró una amenaza por inundación baja en el 99,2% del área de influencia del proyecto, y como amenaza media en el 0,02%, tal como se aprecia en la Figura 3-5 y Tabla 3-4.

Figura 3-5 Amenaza por inundación



Fuente: Cartografía geológica detallada, Sistema de información para la gestión del riesgo y cambio climático (SIRE), modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Tabla 3-4 Amenaza por inundación

AMENAZA POR INUNDACIÓN	AREA DE INFLUENCIA DIRECTA		AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
	Área (Ha)	(%)	Área (Ha)	(%)
Amenaza baja	3,581	100,00	7,16	99,72
Amenaza media	-	0,00	0,017	0,28
Total general	3,581	100	7,177	100

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.1.4.3 Amenaza por licuefacción

De acuerdo con los sondeos realizados en la zona del proyecto el subsuelo está conformado suelos arcillo - limosos de consistencia media a blanda hasta la profundidad investigada. El contenido de material tipo arena es prácticamente nulo, dado que el material arcillo - limoso presenta en general contenido de finos (Pasa tamiz No. 200) mayores del 90%. Ver **Anexo 3.2 Abiotico, Geoesferico, Estudio geotécnico y suelos**.

Teniendo en cuenta las características anteriores y teniendo en cuenta el nivel freático, se clasificó la amenaza por licuefacción como baja, dado que la probabilidad de que se presenten las condiciones de los suelos potencialmente licuables es muy baja, como son un contenido de arenas finas alto, en estado relativamente suelto y con presencia de nivel freático alto.

3.2.2 Geomorfología

La identificación, clasificación y descripción de las unidades geomorfológicas se realizó con base en la recopilación de información del Servicio Geológico Colombiano SGC en el mapa 1:100.000, complementando y ajustando estos análisis con la verificación y ajuste de las geoformas más pequeñas a partir del procesamiento de la información de campo, para generar el Mapa de Geomorfología del área de influencia del proyecto a escala 1:25.000. Ver **Anexo Cartográfico, 2.MXD, Mapas PDF, 1002-EA-9-403 -H01-R0**.

El análisis geomorfológico permite un pleno conocimiento de las diferentes expresiones del relieve y la correspondiente caracterización superficial en función de: la morfogénesis, morfografía, morfodinámica y morfoestructura. Cada una de estas variables permite conocer los distintos procesos a los cuales está sometida la superficie terrestre y las implicaciones del modelamiento del relieve a nivel local.

Las áreas de influencia indirecta y directa se enmarcan en las mismas unidades geomorfológicas, de tal manera, que la descripción geomorfológica aplica para las dos áreas.

3.2.2.1 Morfogénesis

Para determinar el origen de las unidades geomorfológicas del área de influencia del proyecto siguió la metodología propuesta por INGEOMINAS (2011), y la información suministrada por el servicio Geológico Colombiano SGC, tal como se aprecia en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5 Unidades geomorfológicas predominantes en el área de influencia del proyecto

GEOMORFO-ESTRUCTURA	PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SÍMBOLO	COLOR
Cordillera, Orógeno	Cordillera Oriental	Ambiente Fluvial	Albardones o dique natural	Fa	
			Plano o llanura de inundación	Fpi	
		Ambiente Antropogénico	Planos y campos de llenos antrópicos	Ar	

Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2018

La Sabana de Bogotá donde se encuentra la capital de la República, era un extenso lago durante el Plioceno superior y el Pleistoceno, en el cual se depositaron las formaciones Subachoque y Sabana. Estos depósitos fluvio-lacustres y lacustres, se localizan debajo de la cota de 2600 m, en la superficie plana de la sabana (IDEAM, 2008).

Durante el Pleistoceno y el Holoceno, el clima era más frío que el actual y en las regiones aledañas al gran lago hubo glaciaciones de montaña, de lo cual hay abundantes evidencias en los valles del río Tunjuelo, San Cristóbal, San Francisco, y también en muchos de los valles transversales de la serranía de Bogotá (IDEAM, 2008).

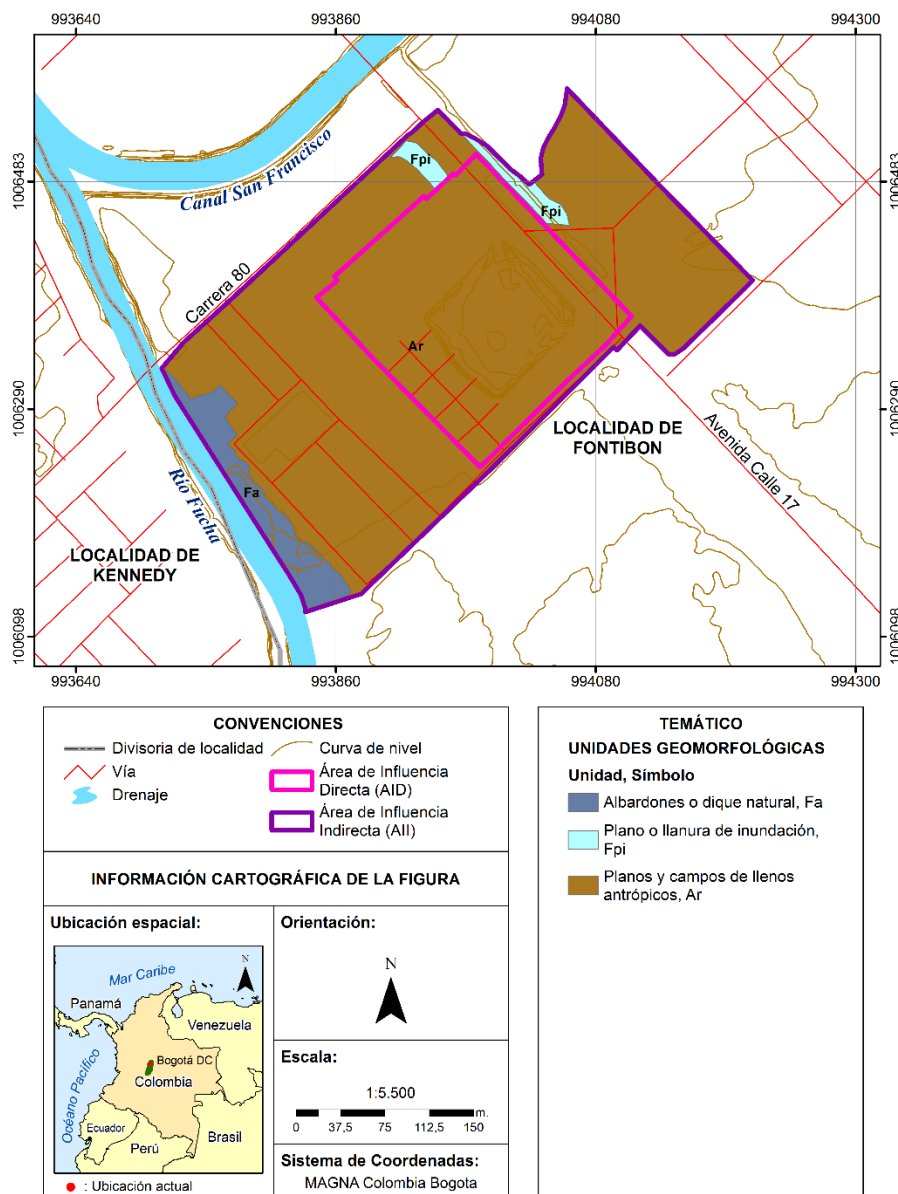
En la Tabla 3-6 se presentan las áreas y porcentajes de las unidades geomorfológicas identificadas para el área de influencia directa e indirecta del proyecto.

Tabla 3-6 Geomorfología del área de influencia del proyecto (AID y AI)

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	ID	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
		Área (Ha)	(%)	Área (Ha)	(%)
Albardones o dique natural	Fa	-	0,00	0,580	8,08
Plano o llanura de inundación	Fpi	0,0004	0,01	0,211	2,93
Planos y campos de llenos antrópicos	Ar	3,581	99,99	6,39	88,99
Total general		3,581	100	7,177	100

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Figura 3-6 Geomorfología del área de influencia del proyecto (AID y AI)



Fuente: A partir de información suministrada por el Sistema Geológico Colombiano -SGC-, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.2.1.1 Geoformas de origen fluvial

Este ambiente antes de estar urbanizado estuvo dominado por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre. El río Fucha se encarga de transportar su carga líquida y sólida a lo largo del sistema fluvial generando procesos erosivos y de acumulación. Estos procesos conllevan a la formación de las geoformas características del sistema fluvial, principalmente los abanicos de piedemonte, las

llanuras aluviales de inundación, las terrazas aluviales, los conos torrenciales, y las ciénagas fluviales (IDEAM, 2013).

- **Llanura de inundación (Fpi)**

Superficie de morfología plana, baja a ondulada. Se localiza bordeando el cauce fluvial, donde es limitado localmente por la canalización artificial. Sistemas de antiguos que ya no se encuentran asociados a la dinámica aluvial del cauce activo o actual.

- **Albardones o dique natural (Fa)**

Obedece a la sedimentación y acumulación de materiales finos en ambientes lacustres. Es un sistema antiguo que ya no se encuentran asociados a la dinámica aluvial del cauce activo o actual.

3.2.2.1.2 Geoformas de origen antrópico

Este ambiente se caracteriza por presentar geoformas generadas por la alteración significativa de la superficie terrestre por la acción del hombre. En esta zona urbana representa una modificación notable de la superficie terrestre, en especial la permeabilidad del suelo urbano, que se puede considerar como una alteración secundaria de la morfología básica del terreno (IDEAM, 2013).

- **Rellenos artificiales (Ar)**

Superficie de morfología plana a baja, con posible presencia de escombros y de espesor variable.

3.2.2.2 Morfografía

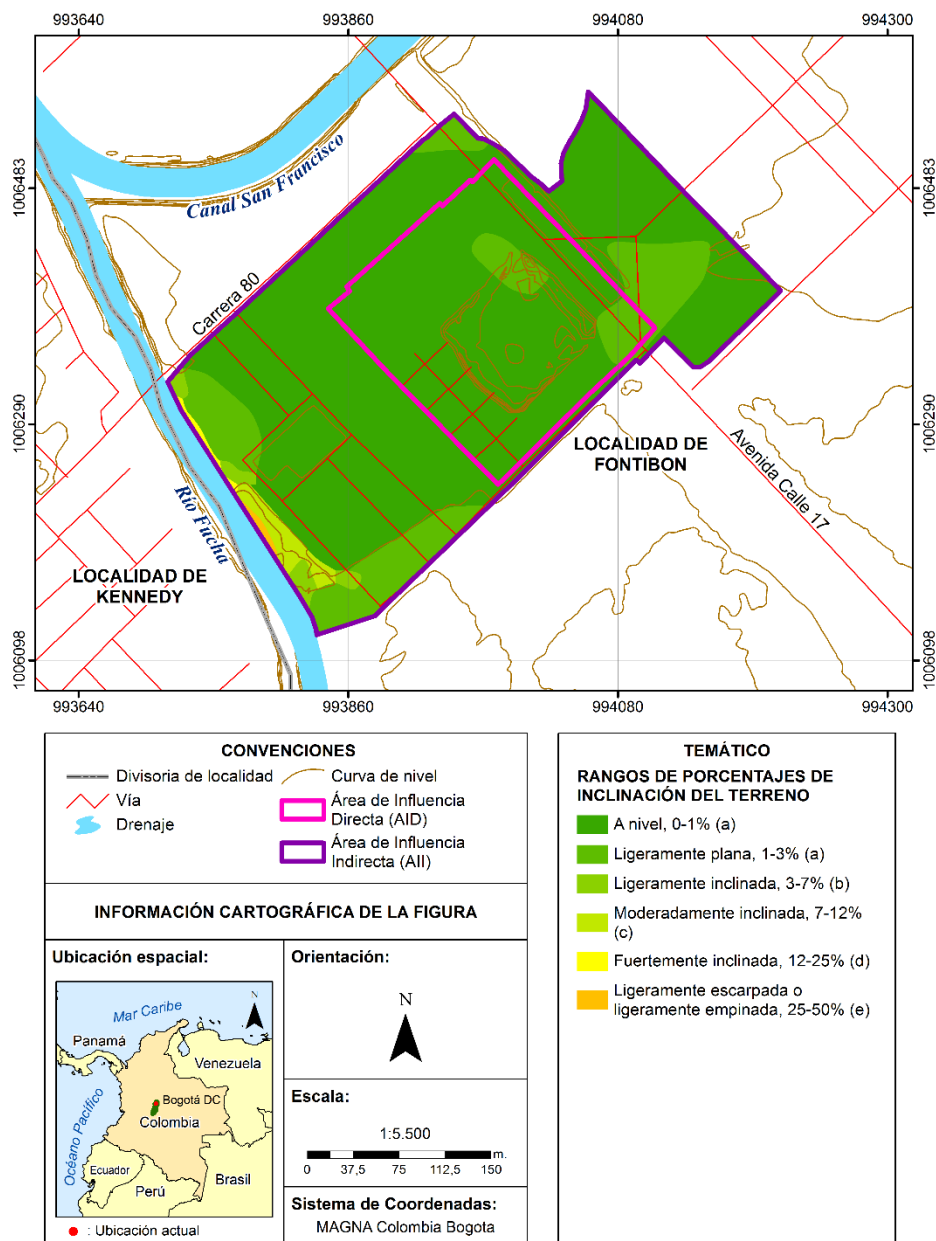
La morfografía es el análisis de las formas de las laderas, en este caso hace referencia a la pendiente, que se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor se expresa en grados de 0° a 90° o en porcentaje, se relaciona con los movimientos en masa de manera que; a mayor el grado de pendiente es una variable cuantitativa y continua, derivada del modelo digital de elevaciones (DEM), obtenido de la base de datos del IDECA. En la Tabla 3-7 se presentan los rangos de pendiente del área de influencia del proyecto, donde se evidencia que predomina una pendiente de 0-1%.

Tabla 3-7 Pendientes pertenecientes al área de influencia del proyecto (AID y AI)

RANGOS DE PENDIENTES	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
	Área (Ha)	(%)	Área (Ha)	(%)
A nivel, 0-1% (a)	3,256	90,91	5,468	76,19
Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	-	-	0,039	0,55
Ligeramente escarpada o ligeramente empinada, 25-50% (e)	-	-	0,030	0,42
Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	-	-	0,137	1,92
Ligeramente plana, 1-3% (a)	0,326	9,09	1,331	18,55
Moderadamente inclinada, 7-12% (c)	-	-	0,171	2,38
Total general	3,581	100	7,177	100

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Figura 3-7 Pendientes del área de influencia del proyecto (AII y AID)



Fuente: A partir de información suministrada por IDECA, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.2.3 Morfodinámica

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

Hace referencia a los diversos procesos naturales que modifican la morfología actual del paisaje, tales como erosión hídrica, socavación lateral y procesos de sedimentación y acumulación (generación de aluviones, planicie de inundación, etc.).

Actualmente, debido a la urbanización del área de estudio no se presentan procesos activos o que puedan llegar a ocurrir, debido a la canalización del río Fucha y las coberturas existentes del suelo.

3.2.2.4 Morfoestructuras

Tiene que ver con la disposición, composición y dinámica interna de la tierra. Es pasiva cuando trata de las características de los materiales involucrados y su disposición estructural, y activa cuando está relacionada con la dinámica endógena (volcanismo, plegamientos, tectonismo fallado). En el área de estudio no se presentan morfoestructuras ni evidencias de actividad neotectónica que afecte la superficie del terreno.

3.2.3 Suelos

El suelo es un cuerpo natural independiente con morfología propia, resultado de las interacciones entre el material geológico o material madre del suelo con un conjunto de factores que actúan durante su desarrollo como el clima, la biota, el relieve local y el tiempo (Jenny, 1941); sin embargo, con el paso del tiempo dicho concepto se ha ampliado y complementado, focalizado como un componente esencial de la "Tierra" y de los ecosistemas que comprenden la vegetación, el agua y el clima en el caso de la tierra, así como las consideraciones sociales y económicas en el caso de los ecosistemas (FAO, 1976; FAO, 2009).

Por ello, resulta necesario introducir los conceptos de vegetación, usos y potencialidades al momento de evaluar las condiciones del área del proyecto antes de ejecutar el proyecto y así, poder visualizar su manejo e impactos frente a las obras del mismo, bajo el tenor de las especificaciones técnicas requeridas por la autoridad ambiental.

A continuación, se describe y caracteriza los resultados de los análisis de suelos del área de influencia directa e indirecta del proyecto, la cual se realizó a partir de la revisión cartográfica básica y temática, la recolección de información primaria tomada en campo y, la recopilación de información secundaria relevante para el componente de suelos, en instituciones como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo, Instituto de Estudios Ambientales- IDEAM, Alcaldía de Bogotá, Alcaldía Local de Fontibón, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá-EAAB y, documentos de regulación territorial como el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá. En el Capítulo 1 Numeral 1.5.2.3 se puede consultar de manera detallada el marco metodológico empleado para el desarrollo del componente suelos.

Con el fin de apreciar los diferentes elementos del medio, y considerando la dimensión puntual del proyecto, es importante aclarar que la caracterización del área de influencia directa e indirecta y los mapas temáticos correspondientes, se presentan en un mismo numeral y una misma escala cartográfica (1:25.000 o menor), empleando una escala de visualización de 1:1000 en los mapas presentados en el **Anexo Cartográfico, 2.MXD, Mapas PDF**.

3.2.3.1 Suelos de las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto

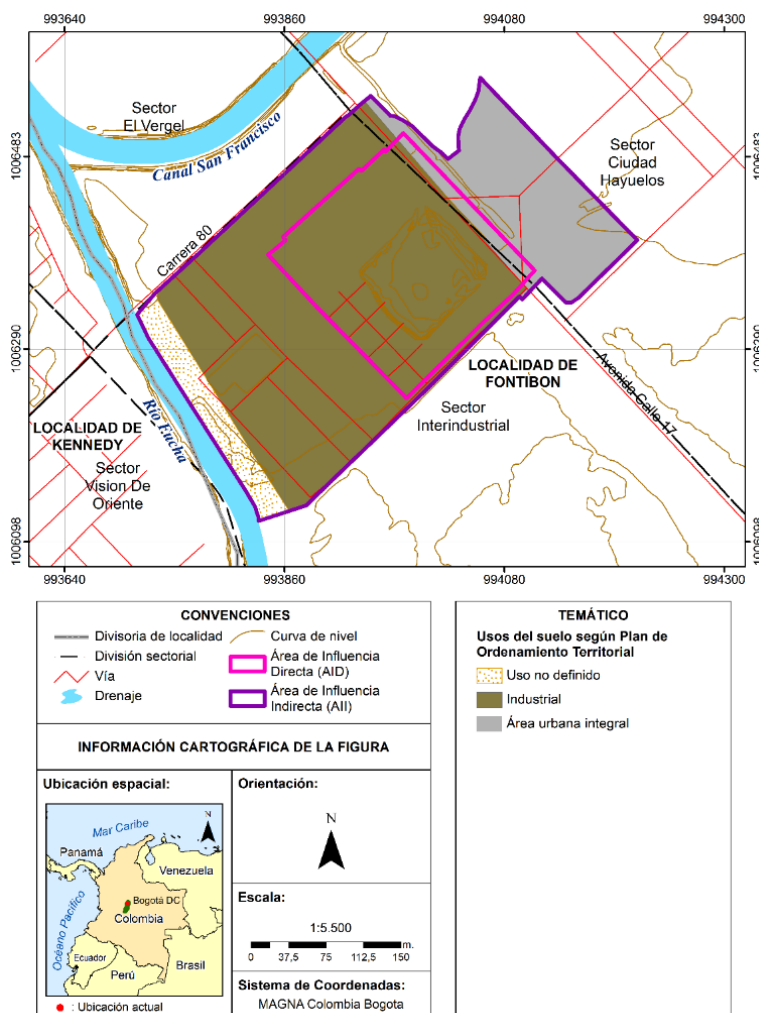
La localidad de Fontibón se subdivide en 8 unidades de planeamiento zonal o (UPZ's), en la que se basa el análisis de la distribución del uso del suelo; cabe anotar, que solamente se encuentran reglamentadas 3, siendo

la UPZ 110 – Salitre, UPZ 112 – Granjas de Techo y UPZ 114 – Modelia (*Conociendo la localidad de Fontibón: Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos. 2009*).

Fontibón tiene una extensión de 477 ha, de las cuales 24 ha corresponden a suelo protegido. Esta UPZ limita por el norte con la avenida Ferrocarril de Occidente; por el oriente con la avenida Congreso Eucarístico (carrera 68); por el sur, con el río Fucha y la calle 13 o avenida Centenario y, por el occidente con la avenida Longitudinal de Occidente (ALO).

El AIi corresponde a 7,177 ha, es decir, solo ocupa el 2,26% de la localidad de Fontibón, se encuentra en su totalidad en la UPZ Granjas de Techo y con relación a los usos del plan de ordenamiento territorial de Bogotá D.C., se encuentra dominando el uso industrial, seguido por el área urbana integral y una franja pequeña como uso no definido, apreciable en la Figura 3-8.

Figura 3-8 Distribución del uso del suelo en las áreas de influencia según POT de Bogotá D.C



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Los cambios en la estructura de uso del suelo resultan evidentes en estas áreas, considerando las nuevas construcciones que emergen en el sector sur oriental de la localidad de Fontibón, y colindan con la zona seleccionada para la subestación eléctrica Terminal y su línea asociada a 115 kV.

3.2.3.1.1 Clasificación de suelos

La geomorfoestructura a la que pertenecen es el sistema orogénico andino de la región central, donde según Dimaté et al. (2002) los andes colombianos son una amplia zona de deformación continental que vincula 3 dominios tectónicos: (1) el cratón suramericano en el oriente, (2) el complejo caribeño en el norte y (3) las placas de Cocos y Nazca. A nivel regional hace parte del dominio Central (que incluye la sabana de Bogotá), localizado entre Tunja y el Páramo de Sumapáz, posee pliegues apretados y fallas con dirección NS y NNE en el flanco occidental y por cabalgamientos escalonados en el flanco oriental; los cuales hacen parte de los bordes de la denominada Sabana de Bogotá.

El área de influencia (AI y AID) abarca una colección de suelos, agrupados en torno a consociaciones que comparten características relacionadas con su génesis, reflejada en su taxonomía. Se encontraron suelos de origen fluvio lacustre, por sedimentación y disección del material durante el accionar de las corrientes hídricas a través del tiempo. De otro lado, están los suelos antropogénicos formados por la interacción e intervención directa con el hombre, siendo estos depósitos de material transportado y artificial.

En la planicie fluvio lacustre del río Bogotá se encuentran superficies como albardones o diques y napas de desborde, interactuando directamente con terrazas de rellenos transportados por el hombre o planicies antropogénicas, cuyos aplanamientos artificiales y bancas de caminos poseen una litología en base arcillosa con estratos de geotextiles, arcilla, arena y cementos.

En el marco de las obras a aplicar con la ejecución del presente proyecto, se enfatizó en las condiciones pedogenéticas intrínsecas que prevalecen en la zona, así como la consideración de los agentes modeladores del paisaje tales como, las corrientes fluvio lacustres y las actividades antrópicas que se ejercen.

Con relación a los aspectos climáticos, cabe mencionar, que la pluviosidad es baja a muy baja, siendo un elemento que condiciona la productividad de los suelos, asimismo, la intervención antrópica en el área de influencia indirecta es evidente, predominando el sellamiento del suelo por infraestructura vial y construcciones, rellenos de lotes, y en las áreas conexas al río Fucha y canal de San Francisco, se encontró que los procesos formadores del suelo se relacionan directamente con los aportes mineralógicos de origen fluvio lacustre, formando capas de arcillas variables en espesor, según la posición en la que se encuentre dentro del paisaje.

El suelo se caracterizó considerando el sistema de clasificación geomorfológica de Alfred Zinck, según últimas actualizaciones del IGAC, aquí se describe en general la leyenda con énfasis en la pedogénesis (ZINCK, A. 2012). En la identificación cartográfica de las unidades fisiográficas, se utiliza la metodología IGAC para el mapa de suelos, los símbolos de las unidades se representan por tres letras mayúsculas respectivamente, paisaje clima, contenido pedológico y, un subíndice alfanumérico indicando grado de la pendiente con otras observaciones como erosión o pedregosidad cuando aplica.

Tabla 3-8 Nomenclatura aplicada en la unidad fisiográfica (paisaje, clima y suelos)

PAISAJE	SÍMBOLO
PLANICIE	R
ANTROPOGÉNICOS	A

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Tabla 3-9 Nomenclatura aplicada en la zonificación climática

ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA	SÍMBOLO
FRÍO SECO	M

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Tabla 3-10 Nomenclatura aplicada al conjunto taxonómico

TAXÓN	SÍMBOLO
Typic Ustorthents	E
Aquic Fluvaquents E	D
Anthrodentic Ustorthents, fragmentos líticos 40 al 60%	C
Suelos sellados y artificializados con infraestructura vial	B
Suelos sellados y rellenados con viviendas, industria y comercio	A

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

En lo relacionado con las clases de unidades cartográficas, se clasificó como consociación por estar constituidos al menos en un 75% por un solo suelo, un área miscelánea y suelos similares; siguiendo los lineamientos definidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC. El sistema de clasificación de suelos aplicado está circunscrito a la metodología denominada USDA Taxonomy-United States Department of Agriculture, USDA.

Con base a la metodología y nomenclatura empleada, se encontró que los suelos del presente estudio, hacen parte de la planicie aluvial del río Fucha y el canal San Francisco y la planicie antropogénica del área urbana en la UPZ Granjas de Techo de la localidad de Fontibón en Bogotá, con letra para la unidad cartográfica de R y A respectivamente, se ubica a una altitud promedio de 2545 msnm, con temperaturas que oscilan entre los 12 y 18 °C, y una relación de evapotranspiración potencial y precipitación de 2-1; su clasificación es frío seco, con asignación de la letra “M”, para su nomenclatura. Ver Tabla 3-11 y Tabla 3-11.

Tabla 3-11 Nomenclatura asociada a paisaje y clima empleada en la UCS

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA		UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELOS		CLASE HIDROLÓGICA Y AGROLÓGICA		AII		AID	
TIPO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	H	A	Área (Ha)	(%)	Área (Ha)	(%)
Planicie antropogénica	Planicie antropogénica de soporte a la infraestructura y los asentamientos urbanos	Viviendas de uso residencial, comercial e industrial	AMAA	TIPO D	NA	3,18	44,26	1,52	42,40
			AMAB	TIPO D	NA	0,03	0,40	-	-
			AMAC	TIPO D	NA	0,01	0,16	-	-
	Banca de caminos de la planicie antropogénica con terrazas de rellenos	Infraestructura vial y conexos	AMBa	TIPO D	NA	1,88	26,21	0,99	27,73
	Suelos sellados y cementados para red vial		AMBb	TIPO D	NA	0,02	0,29	-	-
	Aplanamiento artificial de la planicie antropogénica con terrazas de rellenos	Suelos con presencia de escombros de construcción y residuos sólidos, de fertilidad media a alta no relacionada con su pedogénesis	AMCa	TIPO C	CLASE 6	1,27	17,67	1,07	29,87
Planicie fluvio lacustre	Lóbulos de la planicie fluvio lacustre que forman la napa de desborde	Suelos mal drenados, sujetos a inundaciones y proclives al encharcamiento	RMDa	TIPO D	CLASE 5	0,21	2,93	0,0005	0,01
	Suelos inceptisoles moderadamente profundos, con residuos antrópicos menores al 2%	Suelos bien drenados, sin infraestructura y/o viviendas en su superficie	RMEa	TIPO B	CLASE 5	0,26	3,67	-	-
			RMEb	TIPO B	CLASE 5	0,00	0,04	-	-
			RMEc	TIPO B	CLASE 5	0,08	1,18	-	-
			RMEd	TIPO B	CLASE 5	0,16	2,22	-	-
			RMEe	TIPO B	CLASE 5	0,00	0,02	-	-
ÁREA TOTAL						7,177	100%	3,581	100%

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

En la leyenda geopedológica de la Tabla 3-12 se observan las unidades geomorfológicas correlacionadas con los edafotaxones respectivos y su taxonomía. Posteriormente, se encuentra su descripción respectiva.

Hacen parte de la planicie antropogénica y sus pendientes no superan el 3%, la topografía es plana e irregular como se aprecia en la Fotografía 3-3.

Fotografía 3-3 Paisaje de planicie antropogénica



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

- **Suelos de la llanura fluvio lacustre del río Bogotá - en clima frío seco**

El principal paisaje es una terraza agradacional ubicada en la localidad de Fontibón, producto de la sedimentación fluvio lacustre del río Bogotá y sus afluentes, los cuales, con el cambio de uso del suelo, que pasó de rural a urbano en dicha zona, fue perdiendo los drenajes originales que tributaban al río Bogotá, pequeñas corrientes hídricas conectando espacios húmedos hasta el cauce del río principal.

Los suelos que son de origen lacustre hacen parte de las terrazas fluvio lacustre del río Bogotá, con presencia de gravillas en el perfil y textura franca a franco arcillo arenosa, el nivel freático varía de superficial a muy profundo, según la posición que se ocupa en el paisaje. Conciérne a materiales litológicos compuestos por arcillas lacustres y arenosas intercalados con depósitos orgánicos, pertenecientes a la formación Chía (Qch), la topografía es plano-cóncava, con pendientes que no superan el 7% de inclinación. Se identificaron dos subpaisajes que son albordon y napa de desborde.

- **Consociación Typic Ustorthents (RME)**

Unidad que se ubica en el albordon de la llanura fluvial del río Bogotá, hace referencia a barras laterales alargadas compuesta por la consociación Typic Ustorthents, con suelos superficiales un horizonte A de color pardo a pardo oscuro, con textura franco arcillo arenosa en el horizonte e incluye fragmentos líticos hasta un 40% , descansando sobre un horizonte C arcilloso. Son bien drenados, de texturas finas, reacción fuerte a ligeramente ácida, baja saturación de aluminio y fertilidad moderada a baja.

Fases por pendientes: *RMEa, RMEb, RMEc, RMEd, RMEe.*

Tabla 3-12 Leyenda geopedológica (ZINCK, 2012)

GEOMORFO ESTRUCTURA	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	PAISAJE GEOMORFOLÓGICO	RELIEVE	LITOLOGÍA	FORMA DEL TERRENO	SÍMBOLO	TAXONOMÍA
Sistema	Fluvio Lacustre	Planicie Fluvio Lacustre	Albordon	Arcillas de origen lacustre	Barras laterales alargadas	RMEa, RMEb, RMEc, RMEd, RMEe	Consociación Aquic Fluvaquents
			Napa de desborde		Lóbulos aluviales	RMDa	Consociación Typic Ustortepts
	Antropogénico	Planicies Antropogénicas	Terrazas de rellenos	Matriz arcillosa con residuos de escombros y vegetación en proceso de descomposición	Aplanamiento artificial	AMCa	Consociación Anthrodensic Ustorthents, fragmentos líticos 40 al 60%
				Base arcillosa con estratos de geotextiles, arcilla, arena y cementos	Banca de caminos	AMBa, AMBb	Suelos sellados artificializados (No aplica)
				Infraestructura urbana		AMA	No Aplica

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

- **Consociación Aquic Ustorthents - familia arcilloso fino (RMD)**

Lo integran los suelos del plano de inundación y la cubeta de decantación; pertenecen al orden de los entisoles y se caracterizan por la presencia de moteos rojos en intercalación con arcillas gleyzadas, con evidencias de óxido reducción, problemas de aireación del suelo y, por ende, del drenaje presente. La superficie es de topografía plana a ligeramente plana.

Fases por pendientes: *RMDa*.

- **Suelos de la planicie antropogénica - en clima frío seco**

Las unidades fisiográficas que integran dichos suelos conciernen a las geoformas creadas por el hombre o que en su estructura presentan un grado de alteración muy alto, del sustrato rocoso original y por tanto, se encuentran artefactos antrópicos, sin que esto guarde relación con su pedogénesis. El paisaje fisiográfico dominante corresponde a terrazas de rellenos, gravas y lodos, de ambiente morfogenético antrópico.

Se identifican por tener un epipedón antrópico, los suelos incluyen objetos o materiales que han sido creados o modificados por los seres humanos, generalmente para un propósito práctico, propio de acciones de fabricación, de la excavación, o de la construcción (USDA, 2014)². Se encontraron gravas, escombros de construcción, lodos en intercalación de escombros y, algunos residuos sólidos como plásticos.

- **Consociación Anthroptic Ustorthent (AMC)**

Se identifican por tener como mínimo el 50% de material transportado por el hombre en el perfil, régimen de temperatura del suelo es ústico y de grado de evolución muy baja en la escala de desarrollo pedogenético. Está referido a los suelos del aplanamiento artificial, constituido por una base de arcillas que en estratos superiores se muestran como relleno de gravas, rocas y arcillas, sobre el cual aflora un epipedón antrópico, la secuencia es un ^AA que reposa sobre C.

Fases por pendientes: *AMCa*

- **Banca de caminos (AMB)**

Corresponde a suelos artificializados y sellados de la banca de caminos, compuestos por una base arcillosa con estratos de geotextiles, arcilla, arena, cemento y alquitrán, siendo parte de las terrazas de rellenos de la planicie antropogénica.

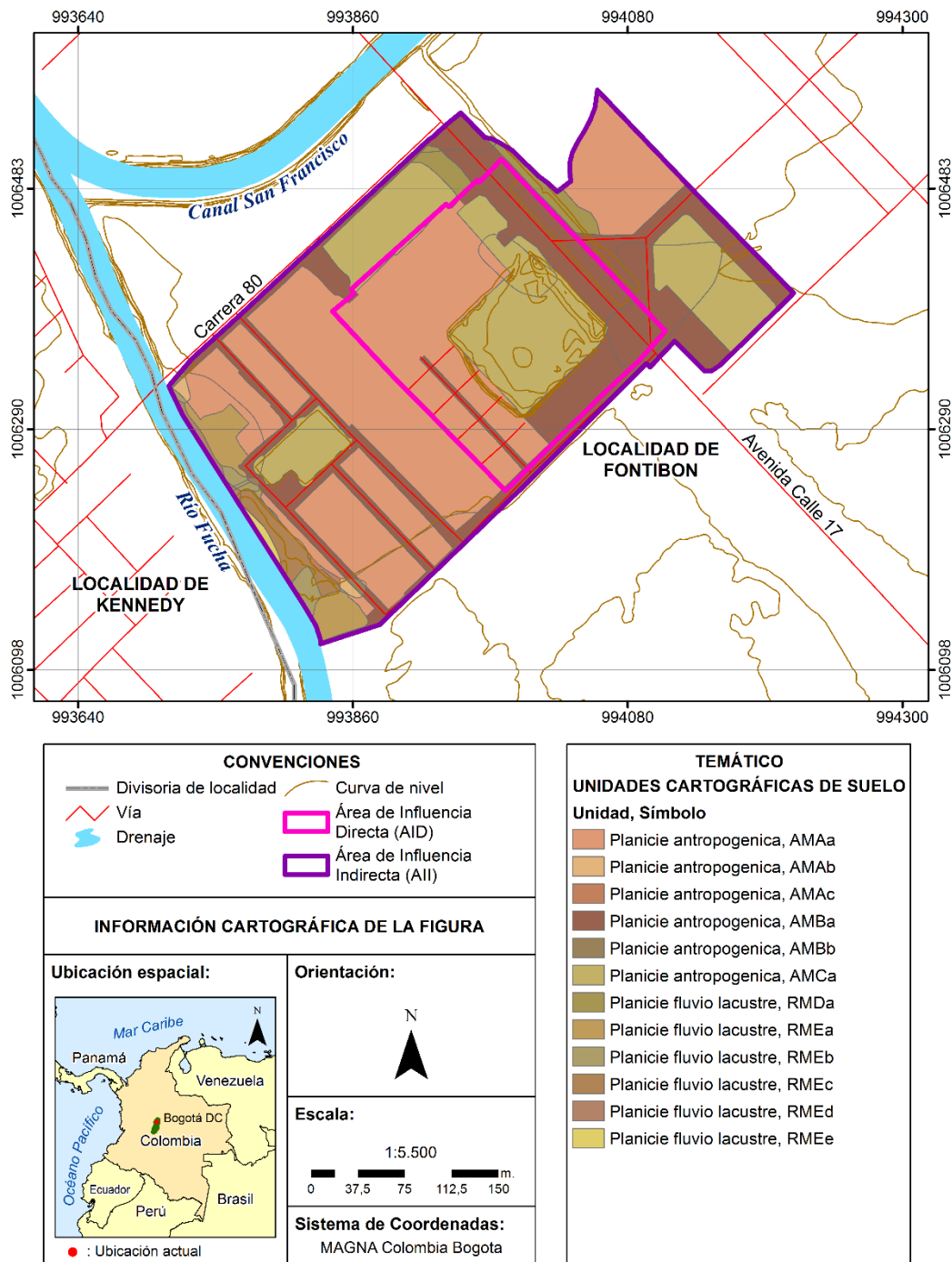
Fases por pendientes: *AMBa, AMBb*

- **Infraestructura urbana (AMA)**

Se refiere al conjunto de infraestructura asociada con el mobiliario urbano, así como las viviendas de uso residencial y comercial que hacen parte del área. En estos espacios los suelos naturales han sido reemplazados por capas de gravas, arcillas, cemento y concreto, que brindan soporte a la infraestructura descrita. No admiten examen alguno, dada su condición de sellamiento y artificialidad.

² Soil Taxonomy, USDA, 2014

Figura 3-9 Unidades cartográficas de suelos (All y AID)



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.3.1.2 Uso actual de los suelos

El uso de la tierra se puede definir como el conjunto de actividades provenientes de la intervención humana, de manera cíclica o permanente, sobre los recursos que hacen parte de la misma, con el fin de satisfacer sus necesidades.

Metodológicamente se aplicó la base de datos de CORINE Land Cover Colombia (CLC), establecida por el IDEAM³, la cual permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a escala 1:100.000.

Determinar el uso actual del suelo permite inferir los grados de intervención del hombre en diversos ecosistemas, cuál es su estado de conservación, además de establecer las relaciones de uso actual y potencial e identificar los principales conflictos de uso.

El uso actual del área de influencia está dado en territorios artificializados; estos comprenden las áreas de las ciudades, las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos. En este caso sobresalen: zonas industriales o comerciales (121), red vial y terrenos asociados (1221), y otras zonas verdes urbanas (1411).

Según el actual POT de Bogotá su denominación cabe dentro de un uso INDUSTRIAL que se refiere a las “Zonas para centros de negocios, oficinas de escala metropolitana, e industrias con baja ocupación (industria jardín).”⁴, tal como lo estipula el artículo 232 del decreto 469 de 2003.

Tabla 3-13 Uso actual del área de estudio (All y AID)

USO ACTUAL	ID	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
		Área (Ha)	(%)	Área (Ha)	(%)
Industrial	ZIC	1,00	27,85	3,03	42,16
Recreacional	ZVR	0,03	0,89	0,63	8,74
Residencial	ZU	0,52	14,54	0,19	2,65
Zona Urbana sin Construcción	ZUSC	-	0	0,94	13,12
Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	CRH	-	0	0,49	6,76
Transporte	RVU	0,99	27,73	1,91	26,57
Materiales de Construcción (disposición)	MCONS	1,04	28,99	-	-
Total		3,581	100%	7,177	100%

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

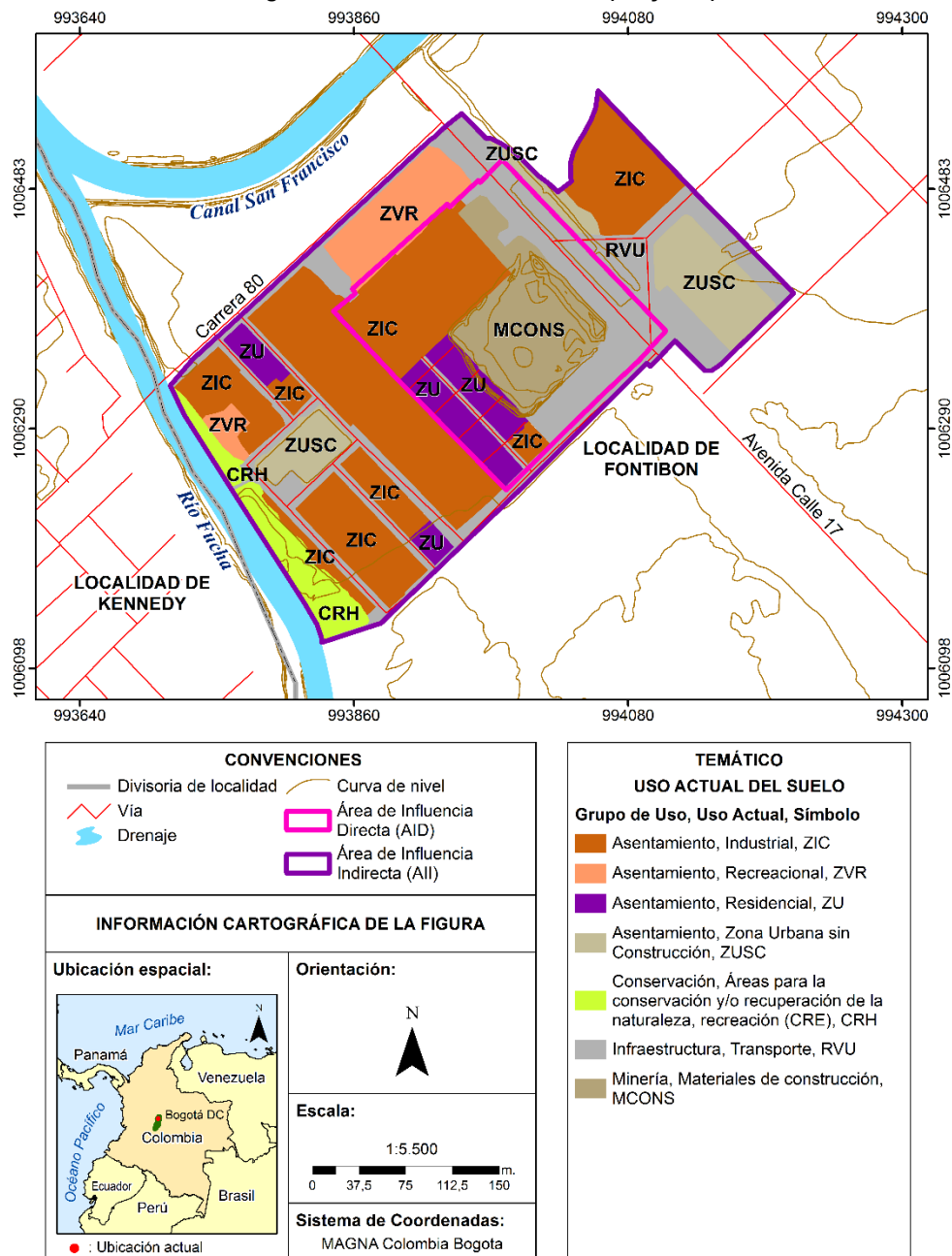
El uso de territorios artificializados es preponderante en el área de influencia indirecta All, con zona industrial en 42,16%, seguido por zona de transporte con un 26.57%, zona urbana sin construcción con 13,12%, zona

³ Tomado de: “Leyenda Nacional de Cobertura de la Tierra, Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia Escala 1:100000” Documento generado por MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL E INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM (junio de 2010)

⁴ Tomado del Decreto 469 de 2003 de La Alcaldía Mayor de Bogotá, Por el cual se revisa el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.

residencial en 2,65%, zona recreacional en 8,74% y zona CRE en 6,76%; en el área de influencia directa AID, con zona industrial en 27,85%, seguido por zona de transporte con un 27,73%, zona residencial en 14,54%, zona recreacional en 0,89%, y zona de materiales de construcción en 28,99%, tal como se aprecia en la Tabla 3-13, y Figura 3-10.

Figura 3-10 Uso actual del suelo (All y AID)



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.3.1.3 Capacidad de uso de la tierra

Para identificar la capacidad de uso de la tierra, se aplicó inicialmente la clasificación de uso de las tierras propuesta por la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), ya que se evalúa en general la capacidad de la tierra frente a una actividad productiva, sin referirse a cultivos específicos, priorizando la agricultura como el uso preferencial y con énfasis en la conservación de suelos (erosión, drenaje, limitaciones de enraizamiento y limitaciones climáticas) (Klingebiel & Montgomery, 1961), información disponible para el desarrollo del uso potencial de la tierra. Adicionalmente, es necesario recordar que este sistema de clasificación denominado PROCLAS, concuerda con lo indicado en la metodología general para la presentación de estudios ambientales, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial /2010).

La evaluación inicial se realizó con base en las propiedades de los suelos, relieve, drenaje, erosión y clima de cada una, de las diferentes unidades cartográficas. Se toman aquellas características que por su importancia determinan la capacidad y vulnerabilidad del suelo frente a las principales actividades humanas que en él se ejecutan. El esquema básico de agrupación comprende los siguientes niveles o categorías sistemáticas: a) divisiones o grupos de capacidad; b) clases de capacidad de uso; y c) subclases de capacidad de uso.

En el marco de lo solicitado en los Términos de Referencia (TDR), se complementa con el análisis desde la perspectiva del ordenamiento territorial y los usos del suelo que le corresponde al área de influencia de la SE Terminal, máximo cuando hace parte de un área netamente urbana donde los criterios de potencialidad agrícola quedan desvirtuados para el análisis.

Las categorías aplicables para clasificar el uso potencial son agrícolas, ganadero, agroforestal, forestal y de conservación. Los tipos de datos aplicados para determinar el uso potencial de los suelos se muestran en la Tabla 3-14.

Tabla 3-14 Tipo de datos aplicados para determinar uso potencial del suelo

UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELOS	AMCa
TAXONOMÍA	Anthrodensic Ustortepts
CLIMA	Frío Seco
PAISAJE	Planicie Antropogénica
CLASE AGROLÓGICA	VI
LIMITANTE	Suelos y clima
GRUPO DE MANEJO	3
RESTRICCIÓN	Media
CATEGORÍA	Apto
ACTIVIDAD	Ampliación infraestructura
TIPO USO	Urbano

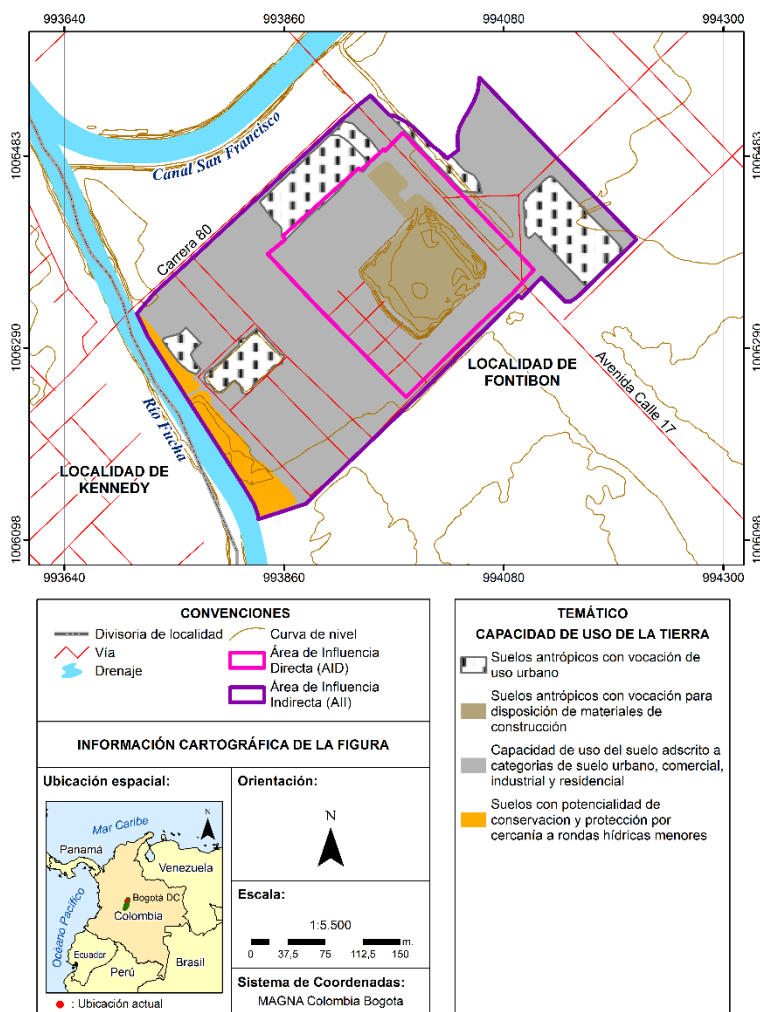
Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

A partir de la aplicación de la metodología antes mencionada, se identificó un suelo con capacidad de uso del suelo adscrito a categorías de suelo urbano, comercial, industrial y residencial en un 71,38% en el AII, y para el AID suelos antrópicos con vocación de uso urbano en un 70,12% y se identificó un suelo con capacidad de uso del suelo adscrito a categorías de suelo urbano, comercial, industrial y residencial en un 21,86% del AII y de 0,89% para el AID, así como suelos antrópicos con vocación para disposición de materiales de construcción en un 28,99% para el AID. Ver Tabla 3-15 y Figura 3-11.

Tabla 3-15 Uso potencial de las tierras (All y AID)

USO POTENCIAL	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
	Área (Ha)	(%)	Área (Ha)	(%)
Capacidad de uso del suelo adscrito a categorías de suelo urbano, comercial, industrial y residencial	2,51	70,12	5,12	71,38
Suelos antrópicos con vocación para disposición de materiales de construcción.	1,04	28,99	-	-
Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	-	-	0,49	6,76
Suelos Antrópicos con Potencialidad Agropecuaria Limitados y de Vocación Urbana	0,03	0,89	1,57	21,86
Total general	3,581	100%	7,177	100%

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Figura 3-11 Uso potencial (All y AID)


Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.3.1.4 Conflictos de uso

Los conflictos deben ser analizados desde dos (2) perspectivas; un enfoque que contempla el uso del territorio para las actividades productivas agropecuarias y forestales y de conservación de los recursos naturales, el otro se direcciona en el uso del suelo correspondiente con la reglamentación del territorio expedido por los planes de ordenamiento a nivel municipal, en donde la agrupación de las unidades obedece a las necesidades de expansión del área urbana y conservación del área rural para suelos clase I, II y III.

En la Tabla 3-16 se observan las fuentes de información para establecer el mapa de conflictos, para posteriormente aplicar la matriz de decisión (IGAC, CORPOICA, 2002) la cual se muestra en la Tabla 3-17 y se obtiene el mapa resultado con las siete categorías de conflicto de uso.

Los tipos de conflicto de uso de la tierra se establecen en categorías que van desde tierras sin conflicto de uso, conflictos por subutilización y conflictos por sobreutilización, en diversos grados; ligeros, moderados hasta severos, los cuales se presentan en la Tabla 3-18. Para el caso concreto del proyecto se realizó la inclusión del concepto de zona urbana definido por el POT de Bogotá D.C: vigente.

Tabla 3-16 Insumos para desarrollar el conflicto de uso

INSUMOS DE ENTRADA	SALIDA	PRODUCTO FINAL
Coberturas	Mapa de uso actual	Conflictos de uso
Recursos Hídricos		
Suelos	Mapa de uso potencial	
Capacidad de Uso		
Plan de Ordenamiento		

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Tabla 3-17 Matriz de decisión para calificación de conflictos de uso

MATRIZ CONFLICTO DE USO			USO ACTUAL														ZONA URBANA	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
			AGRÍCOLA		AGROFORESTAL		GANADERÍA		FORESTAL		CONSERVACIÓN							
			CT I	CT S	CS I	CSS	SA G	SA P	SP A	PS I	PE X	FP R	FP P	FP T	CR H	CR E	ZU	MCONS
USO POTENCIAL	AGRÍCOLA	CTI	A	A	S2	S2	S2	S3	S3	S1	S3	S3	S3	S3	S3	S3		
		CTS	A	A	S1	S1	S2	S3	S3	S1	S3	S3	S3	S3	S3	S3		
		CSS	O1	O1	A	A	A	S2	S2	O1	S2	S1	S3	S2	S3	S3		
	AGRO-FORESTAL	SAG	O3	O1	O2	O1	A	S2	S2	O2	S1	A	S2	S3	S3	S3		
		SAP	O3	O1	O2	O1	A	A	A	O2	A	A	S2	S3	S2	S3		
		SPA	O3	O2	O3	O2	O2	A	A	O2	A	A	S2	S2	S2	S3		
	GANADERÍA	PSI	O1	O1	O1	O1	O1	S1	S1	A	S2	A	S3	S2	S2	S3		
		PEX	O3	O3	O3	O2	O2	S1	S1	O1	A	A	S2	S3	S3	S3		
	FORESTAL	FPR	O3	O2	O3	O3	S1	O1	O1	O3	S2	A	S2	S2	S2	S3		
		FPP	O3	O3	O3	O3	O2	O2	O2	O3	S2	A	A	S1	S1	A		
		FPT	O3	O3	O3	O3	O2	O3	O3	O3	O2	A	A	A	A	A		
	CONSERVACIÓN	CRH	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	A	A	A	A	A		
CRE		O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	A	A	A	A	A			
ZONA URBANA		ZU															A	
DISPOSICIÓN MATERIALES CONSTRUCCIÓN		MCONS																A

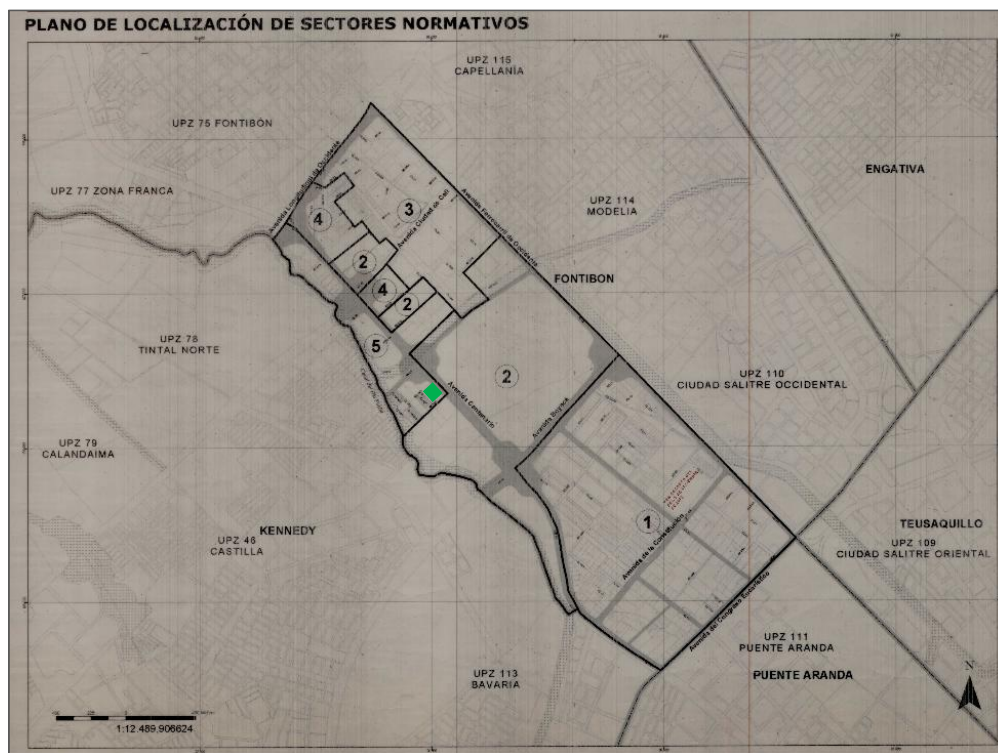
Fuente: A partir de información de IGAC-CORPOICA 2002, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Tabla 3-18 Tipos de conflictos de uso de la tierra

SIMBOLO	TIPO DE CONFLICTO
A	Sin conflicto
S1	Subutilización Ligera
S2	Subutilización Moderada
S3	Subutilización Severa
O1	Sobreutilización Ligera
O2	Sobreutilización Moderada
O3	Sobreutilización Severa

Fuente: A partir de información de IGAC-CORPOICA 2002, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Para la ciudad de Bogotá, los objetivos, políticas y estrategias a largo plazo fueron adoptadas por el Decreto 469 de 2003 y el componente general del POT de Bogotá, quedó con vigencia hasta el 31 de diciembre de 2019. Dando continuidad al marco normativo que rige al área del proyecto, se cita el Decreto No 622 del 29 de Diciembre de 2006, por el cual se reglamenta la UPZ No 112, GRANJAS DE TECHO, ubicada en la localidad de Fontibón; donde corresponde al sector normativo 5 (ver Tabla 3-19 y Figura 3-12), zona y área de actividad industrial con tratamiento de consolidación de sectores urbanos especiales, e incluye desarrollos de vivienda como son Visión Semiindustrial (Resolución 117 de 1991) y Paraíso Bavaria (Resolución 335 de 1999) que están demarcados como se aprecia en la Figura 3-13. En el **Anexo Cap 3, 3.2 Abiótico, Suelos, Uso Suelo**, se puede consultar el Decreto 622 y sus planchas anexas.

Figura 3-12 Localización de sectores normativos UPZ 112 Granjas de Techo


■ Localización Predio Subestación Terminal

Fuente: A partir de la Plancha 1 de 3 Planeación Distrital –Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá. Decreto 622 de 2006

Tabla 3-19 Sectores Normativos UPZ Granjas de Techo

SECTOR	ÁREA DE ACTIVIDAD	ZONA	TRATAMIENTO
1	Industrial	Industrial	Consolidación Sectores Urbanos Especiales
2	Área Urbana Integral	Múltiple	Desarrollo
3	Residencial	Residencial con Comercio y Servicios	Consolidación Urbanística
4	Industrial	Industrial	Consolidación de Sectores urbanos Especiales
5	Industrial	Industrial	Consolidación Sectores Urbanos Especiales

Fuente: Plancha 1 de 3 Planeación Distrital – Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá. Decreto 622 de 2006

Figura 3-13 Plano de edificabilidad permitida en la UPZ-112 – Sector 5


Localización Predio Subestación Terminal

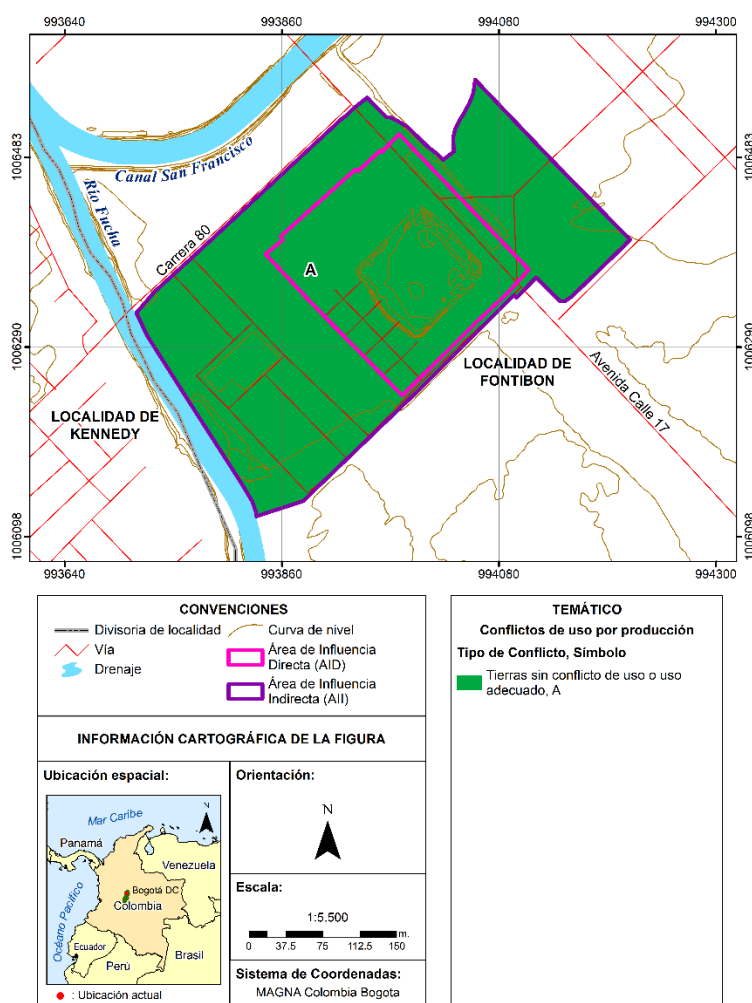
Nota estipulada en el Cuadro de Consolidación Urbanística: “En el sector Normativo 5 se encuentran los desarrollos legalizados de vivienda Visión Semiindustrial Resolución 117 del 4 de Marzo de 1991 y Paraíso Bavaria Resolución 335 del 11 de Octubre de 1999.”

Fuente: A partir de la Plancha 3 de 3 Planeación Distrital –Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá. Decreto 622 de 2006

El desarrollo de la subestación eléctrica Terminal y Línea asociada a 115kV, se encuentra dentro de la clasificación de uso Dotacional (servicios públicos) de escala urbana⁵, la cual puede llevarse a cabo sin conflicto de uso del suelo en áreas de uso industrial, bajo condiciones específicas señaladas mediante plan parcial, plan de implantación o plan de regularización y manejo⁶.

Considerando el concepto de producción y conservación, las tierras sin conflicto de uso adecuado corresponden al 100%. Ver Tabla 3-20 y Figura 3-14.

Figura 3-14 Conflictos de uso por producción (All y AID)



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

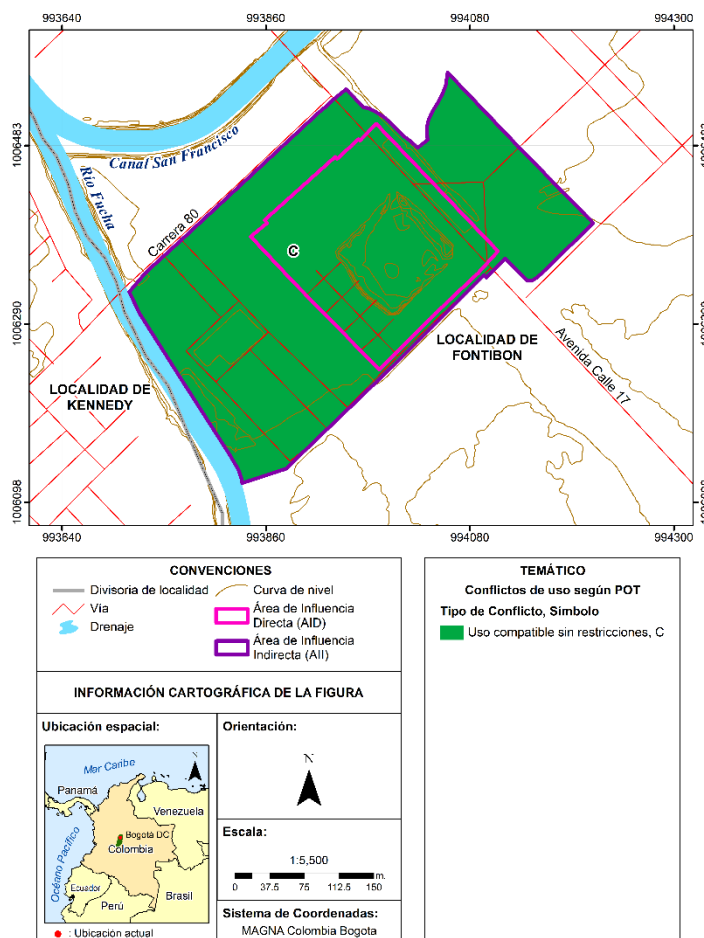
⁵ Decreto Distrital 469 de 2003, Artículo 255 Anexo 2: Cuadro indicativo de clasificación de usos del suelo.

⁶ Decreto Distrital 469 de 2003, Artículo 254 Anexo 1: Cuadro indicativo de usos permitidos y localización según área de actividad establecido.

Tabla 3-20 Conflictos de uso del suelo

Según criterios IGAC-CORPOICA					
TIPO DE CONFLICTO	SÍMBOLO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
		Área (Ha)	(%)	Área (Ha)	(%)
Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	A	3,581	100	7,177	100
Según reglamentación POT: UPZ 112					
TIPO DE CONFLICTO	SÍMBOLO	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
		Área (Ha)	(%)	Área (Ha)	(%)
Uso compatible sin restricciones	C	3,581	100	7,177	100

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Figura 3-15 Conflictos de uso según POT (All y AID)


Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.3.2 Características físicas, químicas, mineralógicas del suelo en el AID

Con el fin de conocer e inferir las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, como son tipo de arcilla, profundidad del nivel freático, presencia de carbonatos y materia orgánica, macro y meso fauna edáfica, porosidad, ceniza volcánica, entre otros, se recolectó la información del medio edáfico mediante técnicas de muestreo, aplicadas de acuerdo con los estándares vigentes para obtención, procesamiento y presentación de información de campo establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC⁷, así como todo lo relacionado con el monitoreo para la caracterización de suelos, dando cumplimiento a las normas establecidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Normalización -ICONTEC NTC 4113-1, NTC 4113-2, así como las especificaciones de los TDR de la autoridad ambiental para el objeto del presente proyecto.

En el **Anexo Cap. 3, 3.2 Abiótico, Suelos, Análisis Suelo** se puede consultar en detalle los resultados de los análisis físicos, químicos y mineralógicos realizados por el IGAC. Los puntos de muestreo se seleccionaron con fundamento en el área de influencia directa (AID) (ver Tabla 3-21 y Tabla 3-22), es decir, los cambios en las geoformas o en la cobertura, ya que el lote permite visualizar y verificar los condicionantes que inciden sobre la formación del suelo; tipo de relieve y topografía, clima y humedad ambiental (frío seco), el material parental y cronología de la estratigrafía así como el tipo de cobertura actual.

Tabla 3-21 Puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	TIPO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS BOGOTÁ		
		Este	Norte	ALTURA (msnm)
SET-1-CJ	Cajuela descripción	993993,5928	1006370,907	2558
SET-2-CJ	Cajuela verificación	993957,5326	1006373,367	2558
SET-1-PZ	Piezómetro	993984,9623	1006362,307	2558

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018







Los tipos de muestreo aplicados fueron dos cajuelas, una de verificación y otra de descripción, en razón a las condiciones de penetración actuales, que presentan limitantes físicos por presencia de materiales antrópicos, como residuos de construcción y desechos de consumo humano como bolsas plásticas y recipientes. Asimismo, el barreno no penetraba y dejó de ser funcional por las condiciones descritas. La calicata no se logró hacer porque la profundidad máxima de penetración alcanzada fue de 35 cm, sin cumplir los principios de sección mínima recomendada a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes.

En los primeros 35 cm, edáficamente se encontró unos suelos con elementos antrópicos y saturación de bases altas, textura franco arenosa y gravillosa en un 11.3%, con espacios porosos medios a finos, suelos bien drenados y estructura que varía de migajosa a bloques subangulares y angulares medios a finos. Se encontraron residuos de construcción (baldosas, ladrillos), residuos sólidos (bolsas, costales, etc.) inmersos en un suelo de color 10YR2/1 con abundantes raíces y reacción positiva al HCl y al H₂O₂. A medida que se profundiza en el perfil hasta los 40 cm, la reacción al NaF es positiva, la muestra SET-01-A, presenta una conductividad eléctrica de 0,47, densidad aparente de 1,08 y pH de 6,4.

Para el análisis de la estructura se aplicó un sondeo a 6 metros, encontrándose hasta los 3.5 m una arcilla arenosa con trazas de grava, de humedad baja y plasticidad media. A continuación, y hasta los 6 m, predomina una arcilla areno gravosa, color café claro, humedad baja y plasticidad alta. Resalta que no se encontró nivel freático a dicha profundidad.

⁷ Metodología de Levantamientos Agrológicos M40100-01/11 (2011).

Tabla 3-22 Registro del suelo muestreado en campo

MUESTRA	UCS	TAXONOMÍA	COORDENADA MAGNA SIRGAS BOGOTÁ		FOTOGRAFÍAS	
			Este	Norte		
SET-1-CJ	AMCa	Consociación Anthrodentic Ustorthents 80%	993993,5928	1006370,907		
SET-2-CJ			993957,5326	1006373,367		
SET-1-PZ			993984,9623	1006362,307		

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

- **Resultados análisis químico**

Se realizaron las pruebas de elementos mayores (Ca, MG, K y Na), saturación y bases totales, P, C.O., pH, CIC y N total, con dichos resultados se calculó la materia orgánica.

Tabla 3-23 Resultados de los análisis químicos

ELEMENTOS	UNIDADES	Ap	VALORACIÓN
Calcio	Cmol*Kg	16,75	Muy alta
Magnesio	Cmol*Kg	2,43	Baja
Potasio	Cmol*Kg	1,79	Muy alta
Sodio	Cmol*Kg	0,030	Normal
Bases Totales	Cmol*Kg	21,00	Normal
Saturación de Bases	%	92,97	Alta
Fosforo	Ppm	186,40	Alta
Carbono Orgánico	%	4,0307	Óptimo
Materia Orgánica	%	7,658	Alta
Nitrógeno Total	%	0,3829	Alta
pH		6,4	Débilmente ácido
CIC	Cmol*Kg	22,58	Óptimo

Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

- **Resultados análisis físico**

Las pruebas físicas son textura, conductividad eléctrica y densidad aparente reflejadas en las Tabla 3-24 y Tabla 3-25. Para la prueba de densidad aparente se aplicó el del método del cilindro.

Tabla 3-24 Resultados de los análisis físicos

ELEMENTOS	UNIDADES	RESULTADO
Textura	N/A	FA
C.E.	dS/m	0,47

Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018.

Tabla 3-25 Resultados de la densidad aparente

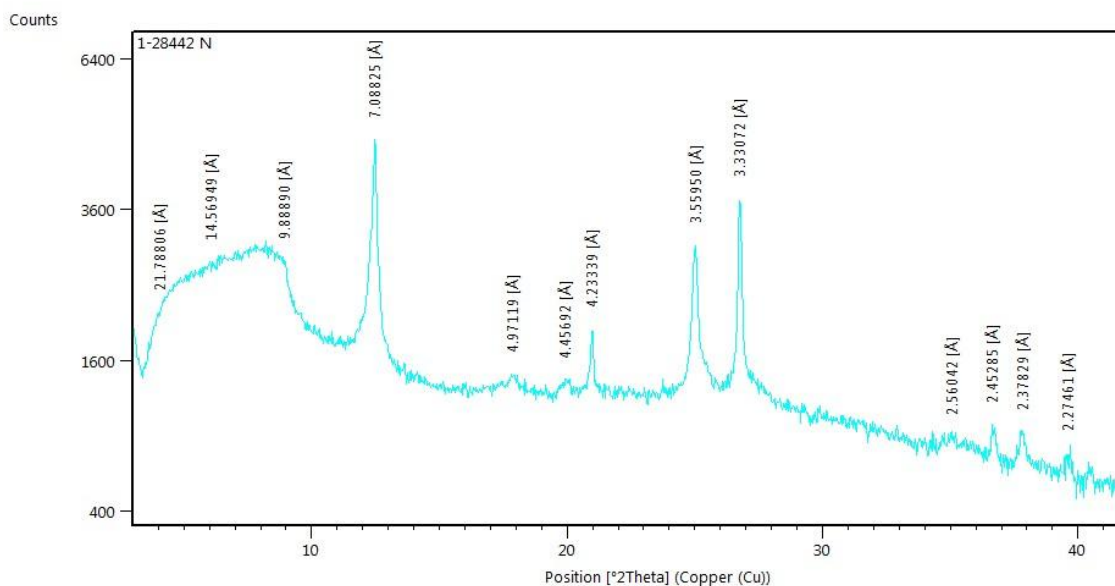
Muestra	Peso Recipiente (Gr)	Peso Recipiente (Gr) + Muestra Seca (M) 105°C	Peso Muestra Seca (M) 105°C	Volumen (Cm³)	Densidad Aparente (Db) Gr/Cm³
128442	275,11	327,12	52,01	48,09	1,08

Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

- **Análisis mineralógico**

La prueba mineralógica utilizada son los difractogramas de rayos x por método Thorez, aplicado en la fracción arena y la fracción arcilla, con tres tratamientos (natural, etilenglicol y natural calentado a 550°C) y polvo total.

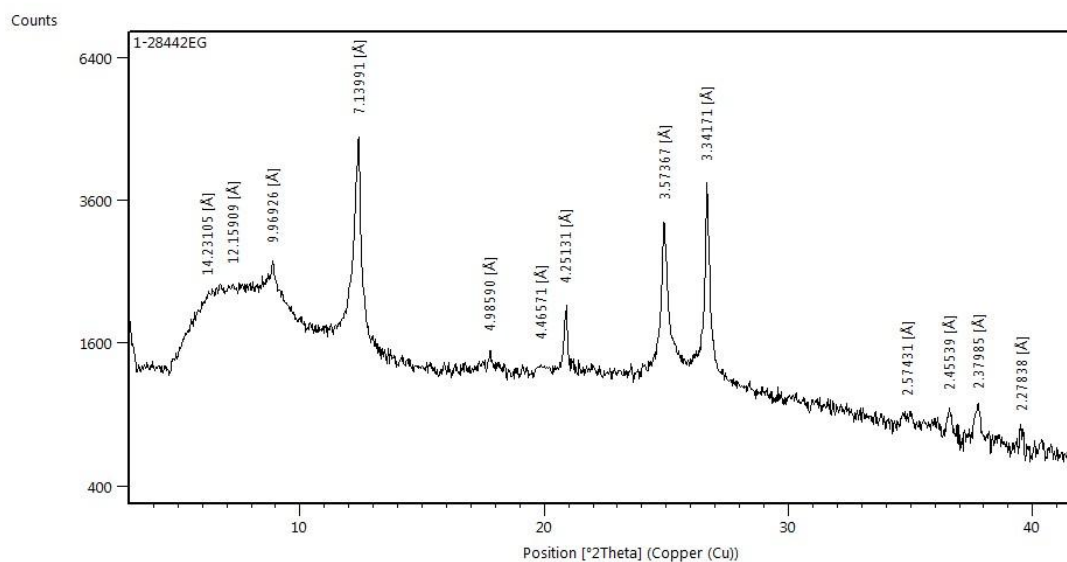
Figura 3-16 Difractograma de rayos X (método Thorez tratamiento natural) - horizonte A



Alta presencia de Caolinita y Cuarzo, Interestratificados, Intergrados 2:1-2:2 y Micas

Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

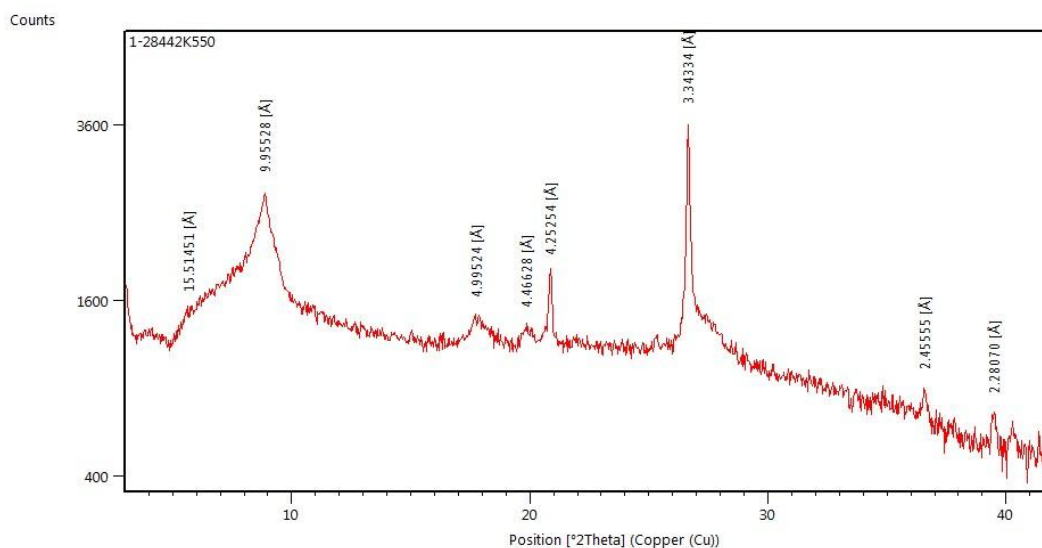
Figura 3-17 Difractograma de rayos X (tratamiento con etilenglicol) - horizonte A



(Alta presencia de Caolinita y Cuarzo, Intergrados 2:1-2:2 y Micas)

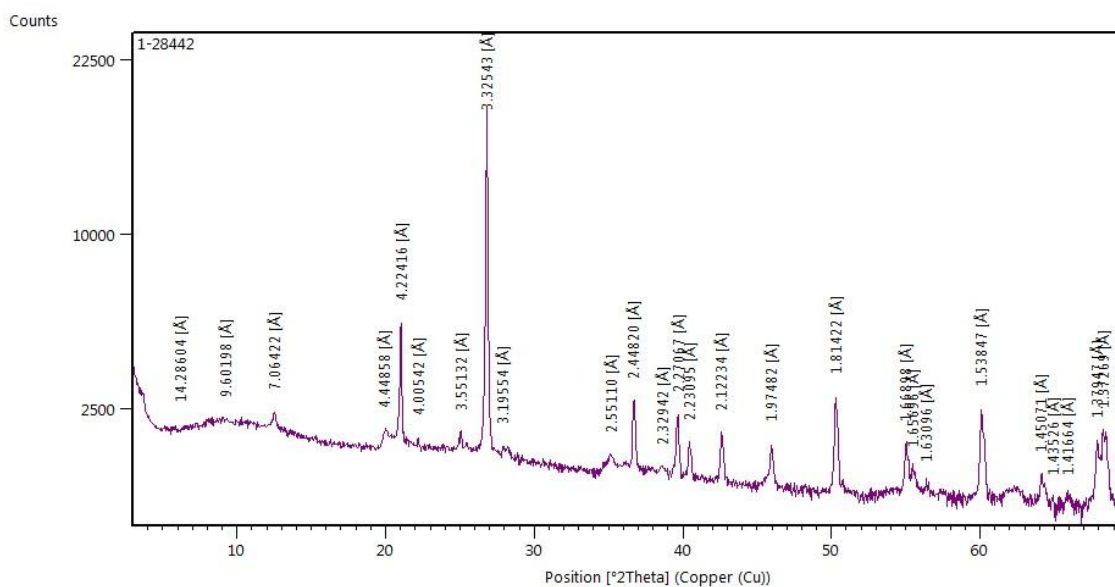
Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

Figura 3-18 Difractograma de rayos X (tratamiento natural calentado a 550°C) - horizonte A



(Destrucción de Caolinita y presencia de Cuarzo)
Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

Figura 3-19 Difractograma de rayos X (muestra de polvo total) - horizonte A



(Alta presencia de Cuarzo)
Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

Tabla 3-26 Interpretación de difractograma para análisis de la fracción arena

MINERAL	Ap
Cuarzo	89%
Feldespato	Trazas
Granos Alterados	4%
Opacos	3%
Turmalina	Trazas
Cloritas	Trazas
Anfíboles	1%
Fragmentos de Roca	Trazas
Piroxenos	Trazas
Circón	Trazas

Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

Tabla 3-27 Interpretación de difractograma para análisis de la fracción arcilla

MINERAL	Ap	
Interestratificados (1)	Trazas	3,44%
Integrados 2:1-2:2 (2)	Trazas	0,76%
Micas	+	6,94%
Caolinita	++++	50,86%
Cuarzo	+++	38,00%

Convenciones: ++++ DOMINANTE, +++ ABUNDANTE, + PRESENTE

Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

(1) INTERESTRATIFICADOS: Corresponden a dos a más minerales filosilicatos que se disponen alternadamente, ya sea regular o irregularmente, a lo largo del eje C cristalográfico del paquete arcilloso que conforman y que resultan a través del proceso meteorizante químico en las micas. Parecen ser del tipo lito-vermiculítico.

(2) INTEGRADOS 2:1-2:2: Corresponden a arcillas 2:1 (vermiculita o montmorillonita) con pequeñas y aisladas capas octaédricas (pilares) de hidroxialúmina en el espacio interlaminar.

Tabla 3-28 Interpretación de difractograma para análisis de muestra total

MINERAL	Ap	
Cloritas	Trazas	0,60%
Micas	Trazas	0,35%
Caolinita	Trazas	1,91%
Cristobalita	Trazas	1,20%
Cuarzo	++++	95,03%
Feldespatos	Trazas	0,91%

Convenciones: ++++ DOMINANTE

Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

• Conclusiones

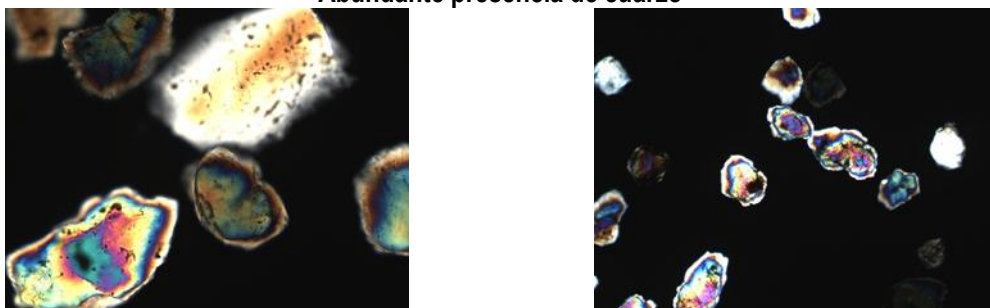
Al observar los resultados químicos se puede determinar que las bases intercambiables calcio y potasio son muy altas, magnesio bajo y sodio normal. Su saturación de bases es alta o sobresaturados, lo mismo que el fósforo disponible. La conductividad eléctrica es normal mientras que los contenidos de carbono orgánico, material orgánico y nitrógeno total es óptima a alta. Su pH es débilmente ácido, por consiguiente, no existe la presencia de aluminio intercambiable. Las relaciones de sus elementos son óptimas a diferencia del magnesio que presenta deficiencia. La capacidad de intercambio catiónica es óptima. Es decir, que desde el punto químico la fertilidad actual es alta, debido a la acumulación de material orgánico y residuos de construcción, que son los componentes básicos de este horizonte antrópico (suelos+M.O.+RSI) que favorece estas condiciones.

En lo pertinente a los resultados físicos, se puede observar que la densidad aparente de la muestra del suelo no es alta 1,08 g/cc, lo que indica que son suelos livianos, con un grado de compactación bajo; favoreciendo el crecimiento de la vegetación en los primeros 25 cm, por ser ésta su máxima capacidad real de profundidad radicular, la textura es franco arenoso, y la conductividad eléctrica es baja, sin indicios de salinización y/o sodicidad en el suelo.

A nivel mineralógico, se encontró que en la fracción arena el mineral predominante es el cuarzo, y considerando su nivel de cristalización se evidencia, desde el punto de vista químico, un aporte extremadamente bajo al suelo. El resto de minerales como piroxenos, anfíboles, opacos, circón, granos alterados, turmalina y cloritas se hallan en porcentajes mínimos o trazas. En la fracción arcilla se encontraron evidencias de muy pocas caolinitas con propiedades expansivas y bastante presencia de cuarzo (no filosilicato), lo que indica que son suelos que pueden ser manejados en cualquier actividad constructiva, pero con restricciones en producción agropecuaria. En la muestra de polvo total, el mineral que más predominó fue el cuarzo, seguido de cloritas, micas, caolinita, cristobalita y feldespatos. La fertilidad potencial de estos suelos es muy baja y no se evidenciaron procesos de óxido-reducción. (Ver Fotografía 3-4, Fotografía 3-5 y Fotografía 3-6)

Fotografía 3-4 Fotografías de las placas mineralógicas de la fracción arena [1]

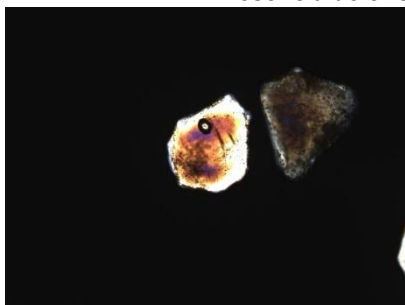
Abundante presencia de cuarzo



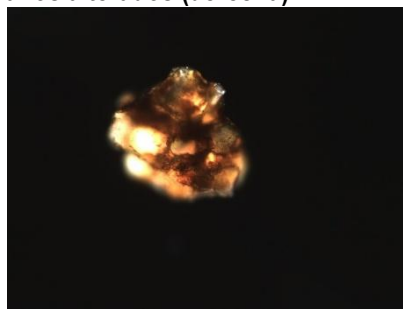
Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

Fotografía 3-5 Fotografías de las placas mineralógicas de la fracción arena [2]

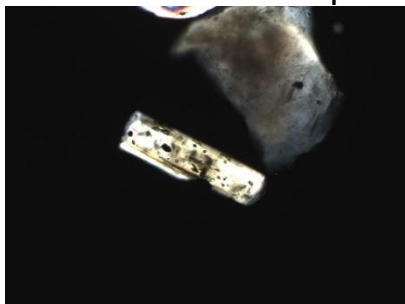
Presencia de circón (izquierda) y anfíbol (derecha)



Presencia de feldspatos (izquierda) y granos alterados (derecha)



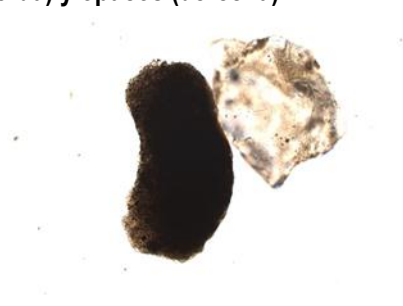
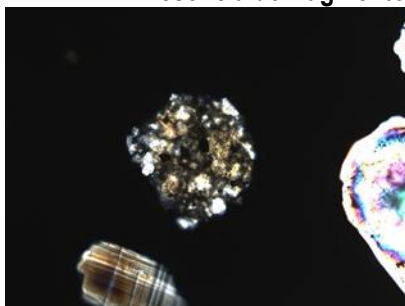
Presencia de piroxenos (izquierda) y turmalina (derecha)



Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

Fotografía 3-6 Fotografías de las placas mineralógicas de la fracción arena [3]

Presencia de fragmentos de roca (izquierda) y opacos (derecha)



Fuente: Laboratorio Nacional de Suelos IGAC, 2018

De lo anteriormente mencionado, se puede concluir, que la alta fertilidad encontrada en los primeros 25 a 35 cm del suelo, no es pedogenético, es una fertilidad actual creada por la interacción del suelo con los residuos sólidos domésticos (costal, papel, plásticos) y de construcción (fragmentos de ladrillos y cerámica), los cuales con el tiempo se van descomponiendo y al no tener disturbación, se incorporan y producen efectos basicantes. Adicionalmente la cobertura actual de pastos naturales no es lo suficientemente extractiva para agotar la reserva de elementos minerales disponibles en el horizonte A.

3.2.3.3 Resistividad

Con el fin de determinar el tipo de cimentación requerida en el área de ubicación del poste que soportará la conexión de la línea actual transmisión Noroeste – Techo con la línea que se conectará con la SE terminal, se realizó la medida de resistividad del terreno. En la Tabla 3-29 se presenta la ubicación de las mediciones de resistividad del terreno, las cuales se pueden consultar en el **Anexo Cap. 3, 3.2 Abiótico, Suelos, Resistividad Poste**.

Tabla 3-29 Puntos de ubicación medida de resistividad

ID - PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS BOGOTÁ		
	Este	Norte	ALTURA (msnm)
PN-1792	94037,16	106421,61	2544,44

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Para abordar el tema de la resistividad en el suelo, es obligatorio considerar que éste último es un complejo sistema constituido por componentes sólidos de tipo mineral y orgánico, que se asocian en un patrón geométrico intrincado e integrado por una fase líquida y gaseosa (Montenegro, H., Malagón, D., 1990).

Contemplando su heterogeneidad, es necesario tener en cuenta, que los factores que inciden en la resistividad del suelo son diversos, unos son intrínsecos y otros están relacionados con las condiciones ambientales. En los primeros prevalecen las condiciones de humedad, temperatura edáfica, composición química, concentraciones de sales disueltas, compactación y presión entre otras. En los segundos, inciden las condiciones climáticas como la precipitación, calidad de las aguas lluvias y concentraciones de masas de aire (Moreno. G., Valencia J.A., Cárdenas C.A., Villa W.M, 2007).

Ahora bien, la resistividad eléctrica (ρ) de un material describe la dificultad que encuentra la corriente a su paso por él. De igual manera, se puede definir la conductividad (σ) como la facilidad que encuentra la corriente eléctrica al atravesar el material. La resistencia eléctrica que presenta un conductor homogéneo viene determinada por la resistividad del material que lo constituye y la geometría del conductor. En síntesis, la resistividad del suelo es el electrolito contenido en el mismo.

Se puede indicar, que las mediciones de resistividad del terreno se realizaron de acuerdo con los principios y metodología expuestos en la norma IEEE-81 “Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground System”. Así como lo mencionado en el numeral 15.5 “Mediciones para sistemas de puesta a tierra” del RETIE y la Norma Codensa LA400 Norma Técnica para el sistema de puesta a tierra.

Las mediciones se hicieron con el telurómetro METREL referencia MI2088, aplicando el método de los cuatro electrodos de Wenner; haciendo la instalación de cuatro varillas alineadas e igualmente espaciadas a una distancia (D). Los bornes de los extremos del aparato marcados como C1 y C2 son los terminales de corriente y los bornes centrales P1 y P2 son los terminales de tensión. El método radica en inyectar corriente que pasa por los electrodos C1 y C2. Entre los electrodos de prueba P1 y P2 se mide la tensión resultante del paso de la

corriente. Con estos datos se calcula la resistencia y el valor de la resistividad del terreno a una profundidad (b), profundidad no mayor al 10% de la distancia entre varillas.

Mediante un análisis potenciométrico realizado por parte del laboratorio del IGAC Se obtuvo un pH de 6,4 débilmente ácido a causa de los suelos caracterizados con elementos antrópicos y saturación de bases altas; a causa de su textura franco arenosa y gravillosa con espacios porosos medios a finos, y gracias a que son suelos bien drenados de estructura que varía de migajosa a bloques subangulares y angulares medios a finos no se obtuvo un mayor grado de acidez.

Al revisar algunas fuentes bibliográficas en busca de los valores típicos para la resistividad de un terreno específico, se encuentra que la mayoría de ellas no coinciden en los valores, por lo tanto se puede deducir que las condiciones de las pruebas son distintas para cada proyecto, como se ve en las Tabla 3-30 y Tabla 3-31.

Tabla 3-30 Resistividades en distintos tipos de terreno

TIPO DE TERRENO	RESISTIVIDAD P (Ω -m)
Terrenos vegetales húmedos	10-50 Arcilla, gredas
Limos	20-60
Arenas arcillosas	80 – 120
Fangos, turbas	150 – 300
Arenas	250 – 500
Suelos pedregosos	300 – 400
Rocas	1.000 - 10.000
Concreto húmedo	100 – 240
Concreto seco	10.000 - 50.000
pH	6.4 (Débilmente ácido)

Fuente: Scientia et Technica Año XVI, No 44, Abril de 2010. Universidad Tecnológica de Pereira

Tabla 3-31 Resistividades en distintos tipos de naturaleza

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD P (Ω -m)
Terrenos pantanosos	0 a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50 a 100
Marga y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 500
Calizas compactas	1000 a 300
Calizas agrietadas	500 a 5000
Pizarras	50 a 1000
Granito y gres procedentes de alteraciones	1500 a 300
Roza ígnea	5000 a 15000

Fuente: Scientia et Technica Año XVI, No 44, Abril de 2010. Universidad Tecnológica de Pereira

En cuanto a los resultados de las mediciones de resistividad y resistencia estructural, se obtuvieron a nivel de dos capas o perfiles, con una separación en metros de 1 m, 3 m, 5 m y 7 m, referenciado en el informe de resistividad como el punto PN-1792 (ver Tabla 3-32). Ver **Anexo Cap. 3, 3.2 Abiótico, Suelos, Resistividad Poste**.

En la Tabla 3-30 se encuentran los datos de la resistividad y acidez, relacionados con edafotaxones que se describieron con detalle anteriormente; complementando y profundizando, se cuenta con el diseño de puesta a tierra, donde se analizan los factores de seguridad y garantiza el cumplimiento de los requisitos técnicos.

Tabla 3-32 Resistividad, resistencia y pH

ESTRUCTURA DE MUESTREO PN-1792		SEPARACIÓN (m)			
		1	3	5	7
PERFIL 1	*Resistencia Ω	26,60	4,67	1,62	0,76
	Resistividad $\Omega.m$	167,20	88,00	50,90	33,60
	**pH	6,4	5,8	4,9	4,3
PERFIL 2	*Resistencia Ω	40,10	1,95	1,19	0,58
	Resistividad $\Omega.m$	252,00	36,60	37,50	26,40
	**pH	6,8	6,0	5,6	5,2
PROMEDIO (en cada separación)	*Resistencia Ω	33,35	3,31	1,41	0,67
	Resistividad $\Omega.m$	209,60	62,30	44,20	30,00
	**pH	6,6	5,9	5,2	4,7

Fuente: *Informe LLTT Noroeste-techo 115 kV Subestación Terminal OT17-184, medición in-situ INGEDISA.

3.2.4 Hidrología

El presente numeral describe y caracteriza los resultados del análisis hidrológico de los sistemas loticos y lenticos del **área de influencia directa e indirecta** del proyecto, a partir de la información de los principales organismos consultados como el IDEAM, IGAC, CAR y SDA. La caracterización del área se realizó a partir de la base cartográfica suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) 1:25000, con información del Estudio Nacional del Agua –ENA- 2014 y del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá -POMCA- 2013, así como de información primaria recolectada en campo.

Es de anotar, que no se requiere realizar captación de agua, ni se realizará descarga de vertimientos, ya que se solicitará el servicio a terceros autorizados durante la etapa de construcción de la subestación. Durante la etapa operativa el abastecimiento hídrico y la disposición de las aguas residuales se realizarán mediante la conexión al acueducto y alcantarillado de Bogotá, previa autorización de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). E.S.P (Ver Capítulo 4).

De esta manera no existe ninguna fuente susceptible de intervención por parte de las actividades a realizar por el proyecto.

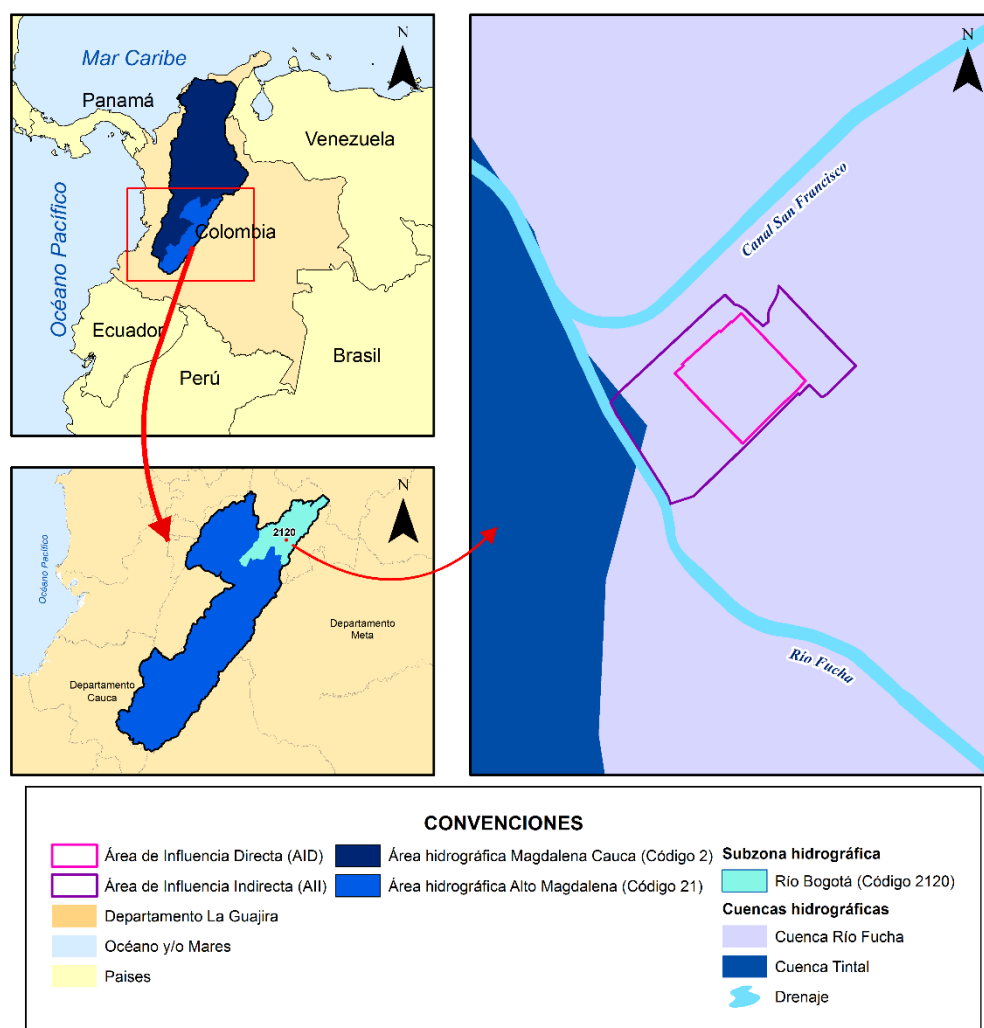
3.2.4.1 Sistemas lénticos

En las áreas de influencia indirecta y directa no se ubican cuerpos de agua lenticos.

3.2.4.2 Sistemas lóticos

No se encuentran cuerpos de agua lóticos dentro de las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto, no obstante, a continuación, se relaciona información del área donde se localiza hidrográficamente el proyecto. En la Figura 3-20 se aprecia la localización hidrográfica del área de influencia del proyecto.

Figura 3-20 Localización hidrográfica del área de influencia del proyecto



NOTA: salida gráfica sin escala definida

Nota: Los códigos reportados corresponden a los presentados en el Decreto 1640 (MADS, 2012) y al ENA, 2014

Fuente: A partir de información del SIAC y del IDECA, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Tabla 3-33 Localización hidrográfica del área de influencia del proyecto (AII y AID)

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUB-ZONA HIDROGRÁFICA	SECTOR Tibitoc – Soacha	AII		AID	
Cuenca Orden 1	Cuenca Orden 2	Cuenca Orden 3	Cuenca Orden 4	ÁREA (Ha)	(%)	ÁREA (Ha)	(%)
(2) Magdalena – Cauca	(21) Alto Magdalena	(2120) Río Bogotá	Río Fucha	6,809	94,87	3,581	100
			Tintal	0,368	5,13	0	0

Fuente: A partir de información del estudio nacional del agua -ENA-, 2014 y del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá -POMCA- 2013, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

– Cuenca río Fucha

“Río Fucha (Río San Cristóbal): En lengua muisca significa mujer, nace en los cerros orientales con el nombre de río San Cristóbal, en cercanías de los cerros del Páramo de Cruz Verde a una altura aproximada de 3.500 msnm. Como afluentes principales tiene en la cuenca alta, al Río Palo Blanco y las quebradas La Mirla, Fotoga, La Upata, La Plazuela, La Colorada, El Carral y El Soche, en su parte media recibe las aguas del río San Francisco y en su recorrido drena todo el sector central de la ciudad, parte del suroriente y la zona industrial de occidente antes de desembocar en el río Bogotá, al sur de Fontibón. Las aguas de este río y sus tributarios presentan un alto nivel de contaminación, especialmente luego de recibir las descargas de los principales interceptores de aguas negras e industriales. Su tramo inferior es también una alcantarilla abierta. Sobre el río San Cristóbal, en la cuenca alta y a la salida de los cerros orientales, se encuentra instalada la estación limnimétrica El Delirio, con un área de drenaje de 21,3 Km²” (POMCA, 2013⁸).

“El río San Francisco, que como se mencionó anteriormente, es el principal tributario del río Fucha, nace en los cerros orientales de la ciudad y su cuenca limita hacia el sur con la cuenca del río San Cristóbal, en lo que se conoce con el nombre del Cerro Aguanoso, y drena en dirección este-oeste hasta alcanzar el Chorro de Padilla, a la altura de la Avenida Circunvalar. Hasta este sitio el río drena un área de 10,1 Km², tiene una longitud de 5,0 Km y una pendiente media del cauce del 19%. Los principales afluentes del río San Francisco son Las Quebradas El Salitre y Cadillal. No existe estación hidrométrica sobre la cuenca del río San Francisco” (POMCA, 2013⁹).

– Cuenca Tintal

La cuenca Tintal está compuesta por tres humedales, a saber;

Humedal de Techo, “aun cuando el área del límite legal es de 11 ha, según lo reporta EEI/HIDROMECHANICAS (1998), su extensión real (cuerpo del humedal) se ha reducido a 2 ha, convirtiéndolo actualmente en uno de los más pequeños de la Sabana de Bogotá (...)

Este humedal hace parte de la cuenca central del antiguo Lago del Tintal, perteneciente al sistema de drenaje del Río Fucha. Actualmente está atravesado por el interceptor Kennedy y recibe las aguas negras del conjunto de barrios de la zona de Castilla.

Hoy en día este humedal es alimentado principalmente por aguas superficiales de escorrentía, además de aguas subterráneas y flujos ocasionales de desborde de aguas negras provenientes del canal vecino. Su

⁸ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. (2013). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca hidrográfica del Río Bogotá [en línea]. < <http://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=43316> > [citado en 13 de abril de 2018].

⁹ Ibid.

proximidad al Río Fucha y su geología permiten suponer que ha participado en la dinámica hidráulica natural de este afluente del Río Bogotá y muy seguramente regulaba sus crecientes invernales, junto con los humedales del Burro y Capellanía” (Instituto de Estudios Urbanos – IEU de la Universidad Nacional, 2018¹⁰).

Humedal La Vaca, “en la década de los 70 ocupó alrededor de 45 hectáreas que paulatinamente fueron invadidas por urbanizaciones piratas, perdiendo una considerable extensión que lo ha reducido a solo 8 ha en sus dos fracciones que se encuentran ampliamente separadas por zonas urbanas. La totalidad del remanente de este ecosistema está rodeado por 13 barrios y el área perdida está bajo 4748 viviendas que comprenden estratos socioeconómicos de 1 a 2 (Eei/Hidromecánicas 1998) (...)

Con sus vecinos, los humedales de Tibanica, Techo y El Burro, conformaba el cuerpo de agua que se denominó como “Laguna del Tintal”, perteneció al sistema hidrológico de los Ríos Fucha y Tunjuelo. Las aguas de esta cuenca son drenadas en sentido SE-NW y sus condiciones hidrológicas han sido afectadas por procesos de urbanización. Esto ha ocasionado la reducción substancial de la capacidad de almacenamiento en las crecientes. Según los cálculos de probabilidad para las tormentas con periodos de retorno de 100 años, existe sólo una reducción del 34% en la atenuación de la inundación.

Posee un canal de salida de aguas sin revestir, por lo que tiene problemas significativos de sedimentación y necesita ser frecuentemente dragado para mantener su capacidad hidráulica en cuanto a la atenuación de inundaciones” (Instituto de Estudios Urbanos – IEU de la Universidad Nacional, 2018¹¹).

Humedal El Burro, “presenta forma alargada y en la actualidad ocupa 26 ha de área legal, siete de las cuales corresponden al humedal propiamente dicho. Actualmente su sector norte y nororiental se encuentra rodeado de urbanizaciones, bodegas y un depósito de maquinaria pesada.

Este humedal pertenece a la cuenca del Río Fucha, pero actualmente está muy desligado de la influencia que ejercían en él las crecientes naturales, tanto de su cuenca como del Río Bogotá; formó parte de la ya desaparecida Laguna del Tintal. La Avenida ciudad de Cali, que lo fracciona en dos partes, actúa como un dique que represa el agua en la parte nororiental, atenuando las inundaciones del sector más bajo y permitiendo que exista un mayor tiempo de retención de las aguas en la porción más grande del ecosistema. Los cálculos de probabilidad hechos para las tormentas con periodos de retorno mayores de 20 años reportan que una eventualidad de este tipo produciría un rebose sobre la Avenida (EEI/HIDROMECÁNICAS, 1998) disminuyendo el efecto de atenuación de manera similar a como ocurre en la Autopista del Norte, a la altura de la fracción media del humedal de Torca-Guaymaral ubicada sobre el separador” (Instituto de Estudios Urbanos – IEU de la Universidad Nacional, 2018¹²).

3.2.4.3 Patrones de drenaje

El sector de la cuenca del río Fucha, aledaño al área de influencia del proyecto, presenta un patrón de drenaje dendrítico. Este drenaje tiene forma similar a pequeñas hebras o hilos, se desarrolla en materiales aproximadamente homogéneos en composición, en los que no existe control estructural. Las corrientes de agua

¹⁰ INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS. (2018). Humedal Techo [en línea]. <
<https://www.institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/0112144.htm>> [citado en 12 de julio de 2018].

¹¹ INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS. (2018). Humedal La Vaca [en línea]. <
<https://www.institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/0112146.htm>> [citado en 12 de julio de 2018].

¹² INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS. (2018). Humedal La Vaca [en línea]. <
<https://www.institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/0112148.htm>> [citado en 12 de julio de 2018].

son cortas e irregulares y tienen la posibilidad de moverse en todas las direcciones y desembocar en una corriente principal con cualquier ángulo.

3.2.4.4 Usos del agua a nivel regional

Tal como se estableció con anterioridad, regionalmente en el área hidrográfica del proyecto se ubica el río Fucha y uno de sus afluentes principales el canal San Francisco, los cuales presentan cierta contaminación, debido a conexiones erradas y vertimientos industriales aportados directamente a estos cuerpos de agua¹³, lo que impide que éste sea utilizado por los habitantes de la zona e industrias aledañas.

3.2.5 Calidad del agua

Tal como se aprecia en la Figura 3-20, se evidencia que en el área de influencia directa **no se encuentra ningún cuerpo de agua que pudiera ser afectado por la ejecución del proyecto**, adicionalmente, es de aclarar, que no se realizará ocupación de cauce, captación de agua ni descarga de vertimientos, por lo que no se requiere realizar inventario de fuentes contaminantes, ni caracterización de cuerpos de agua.

3.2.6 Usos del agua

En el área de influencia directa e indirecta del proyecto no se localizan fuentes de aguas superficiales y/o subterráneas, y no se identificó existencia alguna de concesiones o vertimientos de ningún tipo. Los habitantes del área de influencia del proyecto (AID y AI) realizan el abastecimiento del recurso hídrico para el uso residencial e industrial mediante la conexión a la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá (EAAB). E.S.P.

Es de importancia mencionar que de acuerdo con lo expuesto en numerales 3.2.4 y 3.2.5, **el proyecto no requiere la intervención de ningún cuerpo de agua**. El recurso hídrico que se requiere para el proyecto se comprará a un tercero autorizado, tal como se describe en el Capítulo 4.

3.2.7 Hidrogeología

La altiplanicie de la Sabana de Bogotá se localiza en la parte central de la Cordillera Oriental, siendo un amplio sinclinorio con orientación SSW-NNE, en rocas sedimentarias del Cretáceo Medio hasta el Cuaternario (HUBACH, E., 1927)¹⁴.

Las rocas del Grupo Villeta y las Formaciones Guadalupe, Guaduas, Cacho y Bogotá, actualmente se encuentran fuertemente plegadas, falladas y diaclasadas (Cretáceo Medio a Terciario Inferior). Estas fueron peneplanadas y recubiertas, en el borde oriental de la cuenca, por las Formaciones Regadera y Usme en el Terciario Inferior. Durante los procesos orogénicos Protoandina y Andina (Mioceno Inferior a Plioceno Medio; 16,5 a 3,0 millones de años), los pliegues y fallas del Cretáceo y del Terciario Inferior se acentuaron y el continente, que ya contenía valles y montañas con un clima tropical húmedo a poca elevación sobre el nivel del mar, sufrió procesos de erosión subaérea y paulatinamente se elevó a 3.000 m para constituir la que actualmente conocemos como la Cordillera Oriental.

¹³ Plan Ambiental Local de Fontibón (2012), Alcaldía Mayor de Bogotá, Alcaldía Local de Fontibón, Bogotá.

¹⁴ HUBACH, E. (1927): Reconocimiento del Área de La Calera-Sopo-Guatavita-Guasca, Cundinamarca, Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, T. VIII, p. 85-118, SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL, Bogotá.

Las Formaciones Tilatá, Sabana y Tunjuelo son depósitos sedimentarios localizados en el centro y los bordes de grandes lagos interandinos cerca de la cumbre de la Cordillera, a los cuales llegaban los materiales fluviales y fluvioglaciares del Plioceno y Pleistoceno. Durante los últimos 10.000 años de vida geológica los lagos de la Sabana se colmataron, se produjo un proceso de desecación, la integración de la red hidrográfica actual del río Bogotá y la erosión de la altiplanicie. En los últimos 50 años las actividades antrópicas han provocado cambios, por la explotación de materiales pétreos, los cambios en la cobertura vegetal, los cambios climáticos, la expansión urbana, el desgaste en masa relacionado con los asentamientos humanos de ladera, los cambios en el uso del agua superficial y la sobreexplotación de aguas subterráneas (Lobo-Guerrero, 1992)¹⁵.

El subsuelo de la ciudad antigua está constituido por la Formación Tunjuelo, y dentro de esta las capas de arena, grava y limo son acuíferos. Algunos son libres, semiconfinados o confinados por capas de arcillas. La recarga a dichos acuíferos está genéticamente relacionada con los ríos y quebradas del piedemonte, era directa, a partir de la infiltración en las partes altas de los abanicos. No obstante, con la acelerada urbanización y el recubrimiento de materiales impermeables, la recarga se hizo cada vez más reducida.

La información más antigua sobre pozos profundos en la sabana se encuentra contenida en la "carta geográfica de los estados unidos de Colombia", publicada por Manuel Ponce de León y Manuel María Paz en 1864, donde aparece dibujado "el corte geológico de la formación lacustre de la sabana de Bogotá, obtenida por la perforación hecha para abrir un pozo artesiano al norte de la ciudad por el doctor Manuel Zaldúa". Se trataba de un pozo de 93 m de profundidad (Lobo-Guerrero, 1992).

Actualmente Bogotá cuenta con miles de pozos perforados dentro de la Sabana de Bogotá y numerosos en el casco urbano. El nivel potenciométrico del agua subterránea de esta cuenca artesiana ha descendido a causa de una mayor extracción comparado con la recarga natural. Los niveles de presión causan los fenómenos de compactación y hundimiento que se observan en las capas superficiales. Parte de la recarga a los acuíferos profundos de las Formaciones Sabana y Tilatá viene por lento goteo a través de las capas semiconfinantes y por el enorme caudal extraído de estas capas se han venido desecando. Muchas de ellas son limos arcillosos con algo de materia orgánica, de carácter expansivo, no consolidado. Al perder la humedad se contraen, consolidan y agrietan, provocando asentamientos diferenciales en superficie (Maldonado, R., 1983)¹⁶.

3.2.7.1 Explotación de aguas subterráneas de la localidad de Fontibón

La localidad de Fontibón cuenta con una alta reserva de aguas subterráneas con altos índices de explotación. De acuerdo con la información presentada en el Diagnóstico Ambiental de la localidad, hasta el año 2006 se registraron 56 pozos, de los cuales 6 presentaban sellado definitivo, 26 sellado temporal, 16 con concesión vigente, 2 con concesión vencida, 2 inactivos, 3 sin permisos y 1 que no permite la revisión. No se cuenta con información de usos para el 43% de los pozos, el 30,4% registra uso industrial, el 16% uso para el lavado de autos, el 3,5% uso industrial o doméstico y el 1,8% uso pecuario. No se dispone de datos sobre el caudal y profundidad del bombeo¹⁷.

¹⁵ LOBO-GUERRERO, ALBERTO (1992). Geología e Hidrogeología de Santafé de Bogotá y su Sabana. VII Jornadas Geotécnicas de la ingeniería de Colombia. Sociedad Colombiana de Ingenieros – Sociedad Colombiana de Geotecnia. Santafé de Bogotá, D.C.

¹⁶ MALDONADO, R. (1983). Informe Preliminar y Estudio de Deformaciones en Cuatro Edificios de la Ciudad del Niño y La Niña (Madrid, Cundinamarca), Informe inédito presentado al R.P. Alfonso Henao, Ciudad del Niño y de la Niña.

¹⁷ ALCALDÍA LOCAL DE FONTIBÓN (2012). Plan ambiental local de Fontibón "Bogotá humana – Fontibón, dialogo social y concertación hacia una localidad más humana" BOGOTÁ 2012.

Se cuenta con información de las provincias hidrogeológicas para la sabana de Bogotá que ha sido descrito por el IDEAM y el Ministerio Nacional de Ambiente, quienes emitieron el estudio nacional del agua y se describe en detalle la hidrogeología de Colombia (ver Tabla 3-34).

Tabla 3-34 Distribución de sistemas acuíferos por áreas hidrográficas, provincias hidrogeológicas y sistemas acuíferos

PROVINCIA HIDROGEOLÓGICA	CÓDIGO	SISTEMA ACUÍFERO	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	TIPO DE ACUÍFEROS	PARÁMETROS HIDRÁULICOS		ÁREA SUPERFICIAL (Km ²)
PM4 Cordillera Oriental	SAM 4.6	Sábana de Bogotá	Acuífero Sabana, Acuífero Guadalupe, Acuífero formación Tilatá	Libres, semiconfinados a confinados	B=>1000 m K=4.4 ^a 750m/d	T= 4 a 4802/d S=2,4 x 10-5 a 2.2 x 10-3 Ss=0,04 a 1,94 l/s/m	3839

Fuente: Estudio Nacional del Agua, 2015

3.2.7.2 Unidad hidrogeológica del área de influencia directa e indirecta

Conforme a lo expuesto en el mapa hidrogeológico de la Secretaría Distrital de Ambiente, el total de las áreas de influencia directa e indirecta, harían parte de la formación Chía (Qch)¹⁸, que presenta como unidad hidrogeológica el acuitardo Chía (ver Tabla 3-35).

Tabla 3-35 Descripción de la hidrogeología del área de influencia directa e indirecta

FORMACIÓN GEOLÓGICA	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN	COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO
Formación Chía (Qch)	Acuitardo Chía (Aqch)	No se comporta como un acuífero sino como un acuitardo, debido a su composición arcillosa la cual posee bajas permeabilidades y por ende, pobres características hidráulicas. Corresponden a depósitos lacustres compuestos de arcillas	Tipo C1 (Rocas y sedimentos con limitados recursos de agua subterránea)

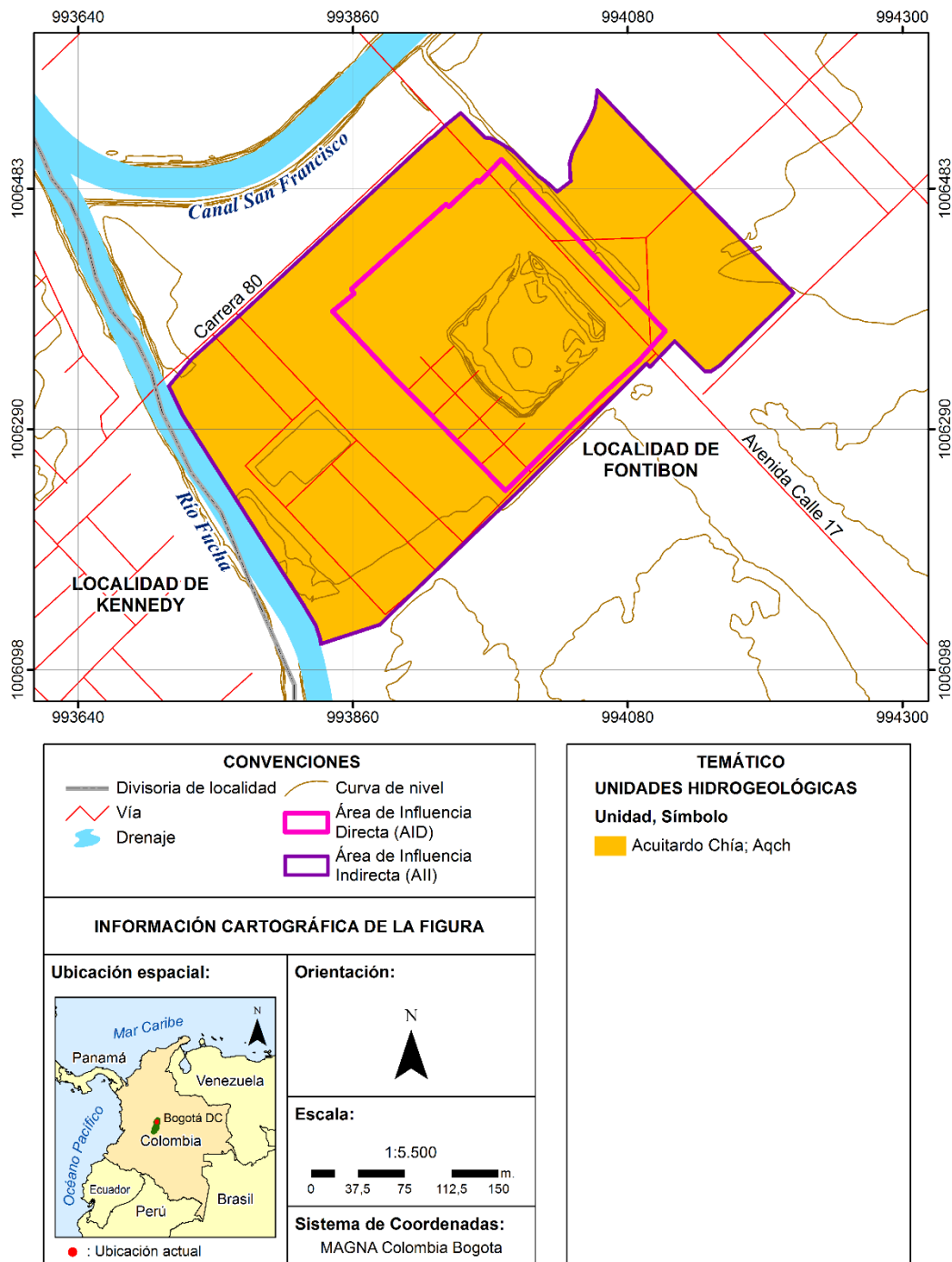
Fuente: A partir de información suministrada por el Ministerio de Minas y Energía e INGEOMINAS ahora SGC de geología de la sabana de Bogotá, 2005¹⁹, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

En la Figura 3-21 se presenta la unidad hidrogeológica identificada en las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto.

¹⁸ VELOZA F. JAIRO A. 2013. Sistema de modelamiento hidrogeológico del distrito capital, Bogotá. Secretaría Distrital de Ambiente-subdirección del recurso hídrico y del suelo.

¹⁹ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA & INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (INGEOMINAS). 2005. Geología de la Sabana de Bogotá.

Figura 3-21 Unidades hidrogeológicas (AII y AID)



Fuente: A partir de datos suministrados por la Secretaría Distrital de Ambiente -SDA-, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.7.2.1 Formación Chía

Corresponden a los depósitos conformados por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los ríos principales ubicados por debajo de las llanuras de inundación de los ríos. En términos de litología, cuenta con un espesor máximo es de 5 m, está constituido por arcillas, en ocasiones pueden ser moteadas (grises y naranja) como se observa en el sector de Chía y localmente pueden contener limos y en áreas fangosas, arcillas orgánicas diatomíticas²⁰.

Para Carvajal et al. (2005), estos depósitos forman terrazas fluviales por erosión, son planas, de suave pendiente y son talladas por la acción de las corrientes fluviales actuales²¹.

En lo referente a la posición estratigráfica y edad se tiene que la formación Chía presenta sedimentos de la formación Río Tunjuelito o formación Sabana; los datos de carbono 14 (C14), arrojan edades del holoceno y hasta de 16000 años²².

3.2.7.3 Inventario de puntos de agua y unidades hidrogeológicas a intervenir

El proyecto **no requiere la explotación de ningún tipo de acuífero** (Ver Capítulo 4), asimismo, es de mencionar, que en las áreas de influencia directa e indirecta se ubica el acuitardo Chía, que presenta pobres características hidráulicas.

3.2.7.4 Vulnerabilidad a la contaminación

La vulnerabilidad de las aguas subterráneas se debe a la contaminación de aguas superficiales, los vertimientos contaminantes están en función de la naturaleza de los suelos suprayacentes a la tabla de agua, la naturaleza de los estratos geológicos que conforman el acuífero y la profundidad de la zona insaturada o el espesor de los depósitos confinados (Hiscock, 2005²³). Actualmente existen diversas metodologías para determinar y evaluar la contaminación de las aguas subterráneas (ver Tabla 3-36) en esencia la mayoría coincide en determinar la vulnerabilidad en función de las características intrínsecas del medio, así pues, la vulnerabilidad intrínseca es definida como la sensibilidad del acuífero para ser adversamente afectado por una carga contaminante expuesta (Foster & Hirata, 1991 en Auge 2004²⁴).

Para la estimación de la vulnerabilidad del acuífero del área de estudio se utilizará la metodología GOD, esta al igual que DRASTIC son las más difundidas en Latinoamérica, pero la escasa densidad de mediciones y el procesamiento de los datos en función de menor cantidad de variables hace de GOD el método más sencillo y sistemático para establecer prioridades de actuación a la vista de resultados.

²⁰ HELMENS, K. & VAN der HAMMEN, T. 1995. Memoria explicativa de los mapas del Neógeno y Cuaternario de la Sabana de Bogotá-cuenca alta del río Bogotá. IGAG. Análisis Geográficos. 24:91-142 p. Bogotá.

²¹ CARVAJAL, H et al. 2004. Mapa geomorfológico de la Sabana de Bogotá. Versión 1.0. Escala 1:25.000. INGEOMINAS. Bogotá.

²² VAN der HAMMEN, T. 2003. La estratigrafía e historia del Neógeno y Cuaternario de la cuenca alta del río Bogotá: una evaluación después de completar el mapeo. IGAG. Análisis Geográficos. 26:101-122 p. Bogotá.

²³ HISCOCK, K. 2005. Hydrogeology. Principles and Practice. XVI + 389 pp. Malden, Oxford, Carlton: Blackwell Publishing. ISBN 0 632 05763 7. Geological Magazine - Volume 144 Issue 1

²⁴ AUJE, Miguel. Vulnerabilidad de acuíferos, conceptos y métodos. Buenos Aires, 2004, 38 h. Investigación. Universidad de Buenos Aires. Disponible en el catálogo en línea de la Biblioteca de la Universidad de Buenos Aires: < http://www.filo.uba.ar/contenidos/investigacion/institutos/geo_bkp/geocritica2010/gaye/archivos_pdf/VulnerabilidadConceptos.pdf > [citado en 20 de abril de 2018]

Tabla 3-36 Métodos para evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos

MÉTODOS PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS											
DRASTIC		GOD		SINTACS		EPIK		EKv		ΔHT'	
D	Profundidad de la tabla freática	G	Tipo de acuífero	S	Profundidad del agua	E	Características del epikarst	E	Espesor de la sección subsaturada	ΔH	Diferencia de potencial hidráulico
R	Recarga Neta			I	Infiltración	P	Cobertura edáfica				
A	Litología			N	Zona subsaturada						
S	Suelo	O	Litología	T	Tipo de suelo	I	Infiltración				
T	Topografía			A	Características del acuífero						
I	Impacto en la zona subsaturada	D	Profundidad del acuífero	C	Conductividad hidráulica	K	Red Kárstica	Kv	Permeabilidad vertical de la sección subsaturada	T'	Transmisividad vertical del acuitardo
C	Conductividad hidráulica			S	Topografía						

Fuente: Vulnerabilidad de acuíferos, Conceptos y Métodos²⁵, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

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: Ground water occurrence. Tipo de acuífero o modo de confinamiento u ocurrencia del agua subterránea. O: overall 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 vulnerabilidad de 0 (despreciable) a 1 (extrema), así pues, GOD: $G * O * D$: valor numérico entre 0 y 1.

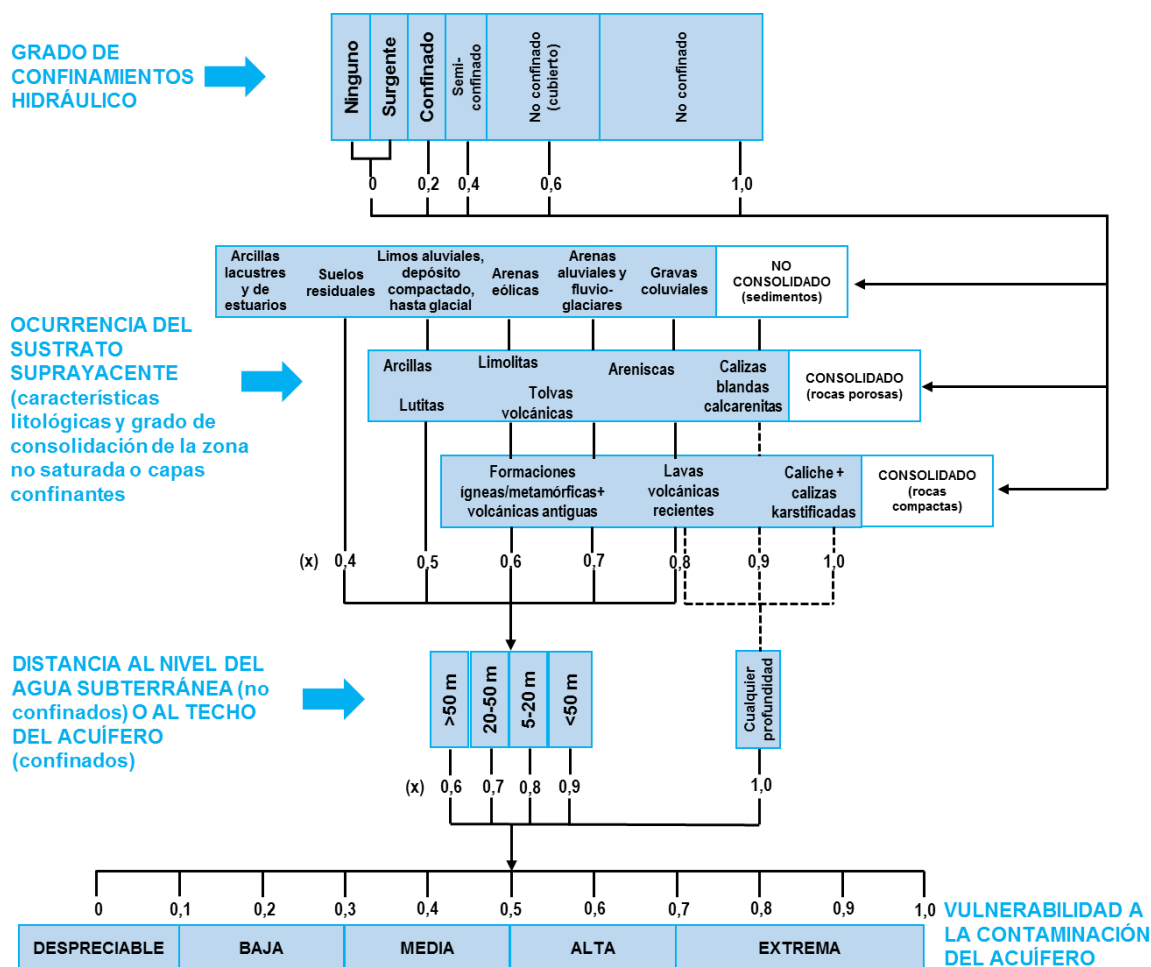
Este método no considera directamente el suelo, como sucede con DRASTIC u otros métodos, pero esa falencia normalmente se corrige añadiéndole sufijos al índice de vulnerabilidad, los cuales consideran la capacidad de atenuación y el grado de fracturación del suelo.

Para la asignación de puntuaciones y los grados de valoración final se trabajan con la comparación de los datos en campo con la Figura 3-22.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de vulnerabilidad del acuífero que se aprecia en la Tabla 3-37 sobre vulnerabilidad de los acuíferos presentes en el AII y AID del proyecto, se evidencia una despreciable vulnerabilidad a la contaminación, por lo que el acuitardo no se verá afectado por la eventual ocurrencia de fugas de combustible, materiales residuales y derrames de sustancias empleadas durante la construcción y operación del proyecto. No obstante, dentro del capítulo 9 de plan de contingencia, se presenta información relativa a las medidas a tomar en caso de derrames.

²⁵ Ibíd.

Figura 3-22 Diagrama de flujo de la estimación de la vulnerabilidad de los acuíferos a través del método GOD



Fuente: Groundwater pollution, aquifer recharge and vulnerability²⁶, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Tabla 3-37 Análisis de la vulnerabilidad de los acuíferos

ACUÍFERO	G	O	D	VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN
Acuitardo Chía	0	0,4	0,9	(0) despreciable	Esta unidad posee una vulnerabilidad despreciable, ya que es un acuitardo, debido a que su transmisividad y permeabilidad es baja, por lo que presenta pobres características hidráulicas.

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

²⁶ ROBINS, N. Groundwater pollution, aquifer recharge and vulnerability. En: Geological Society Special Publication No. 130 (Ene., 1998); p ISBN-10 1897799985

3.2.8 Atmósfera

3.2.8.1 Clima

El análisis climatológico se realizó a partir de la información suministrada por el IDEAM de las estaciones Aeropuerto El Dorado, Tibaitatá, Inem Kenndy y Jardín Botánico (ver Tabla 3-38). Es de mencionar, que no fue posible utilizar ninguna otra estación del IDEAM, ya que los datos suministrados presentan inconformidades, tales como ausencia del observador, ausencia de instrumentos y otros (Ver **Anexo Cap. 3, 3.2 Abiótico, Atmósfera, Clima, Estaciones IDEAM**).

Tabla 3-38 Estaciones climatológicas del área de influencia del proyecto

CÓDIGO	NOMBRE ESTACIÓN	MUNICIPIO	TIPO	ELEVACIÓN (msnm)	COORDENADAS MAGNA SIRGAS BOGOTÁ	
					ESTE	NORTE
21205790	Apto. El Dorado	Bogotá D.C	SP	2547	991883,27	1012096,16
21205420	Tibaitatá	Mosquera	AM	2543	985411,07	1010530,53
21206560	Inem Kennedy	Bogotá D.C	CO	2580	993645,69	1007178,18
21205710	Jardín Botánico	Bogotá D.C	CO	2552	997208,57	1008087,20
21206660	Col. Santiago Pérez	Bogotá D.C	CO	2565	994073,39	997791,00

AM: Agrometeorológica, CO: Convencional, SP: Sinóptica principal

Fuente: IDEAM, 2018

Los datos de la estación se procesaron con los registros mensuales disponibles de precipitación total, número de días con lluvias, temperatura media, brillo solar, evaporación, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento.

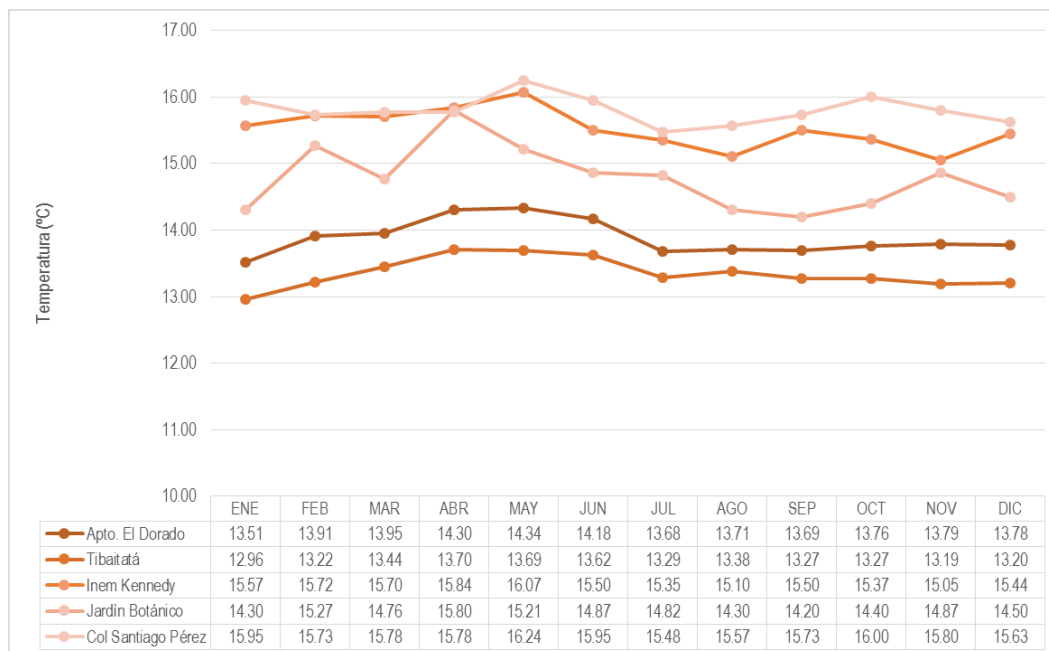
Cabe anotar que, para el análisis, se utilizaron los datos confiables disponibles para cada parámetro, no se realizó el análisis para un mismo periodo de tiempo, de tal manera, que para cada parámetro se relacionan los años con información confiable disponible.

A partir de estos registros se obtuvieron los histogramas medios mensuales multianuales, con el fin de evaluar la variabilidad mensual de los parámetros en la zona del proyecto. El régimen de precipitación en la zona se determina a partir del comportamiento mensual multianual de la lluvia.

Teniendo en cuenta las características y actividades a desarrollar del proyecto, no se considera necesaria la captura de información meteorológica, a través del uso permanente de equipos meteorológicos.

3.2.8.1.1 Temperatura

El promedio general de temperatura media mensual multiestacional es de 14,38°C. Por otro lado, la temperatura media mensual multianual de la estación Apto. El Dorado es de 13,88°C, con una máxima de 15,60°C para el mes de mayo y una mínima de 12,50°C para el mes de enero. El análisis para la estación Apto. El Dorado, se realizó utilizando datos de los años 1989 a 1991, 1994, 1998, 2001, 2002 y 2006.

Figura 3-23 Gráfica de temperatura media mensual multianual


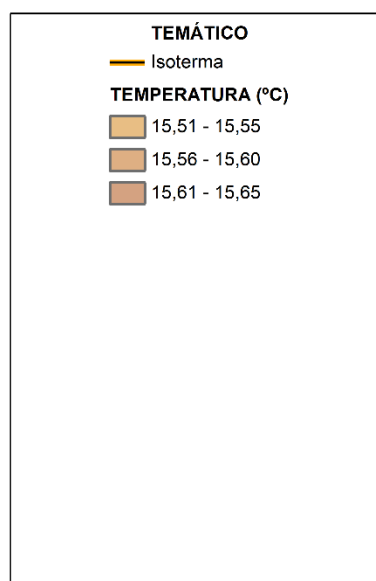
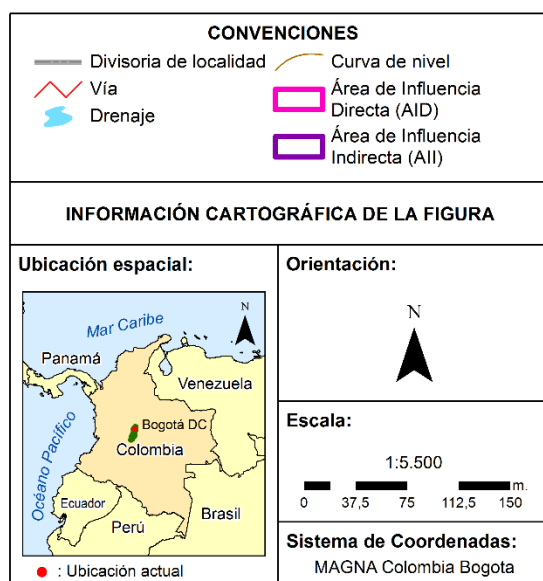
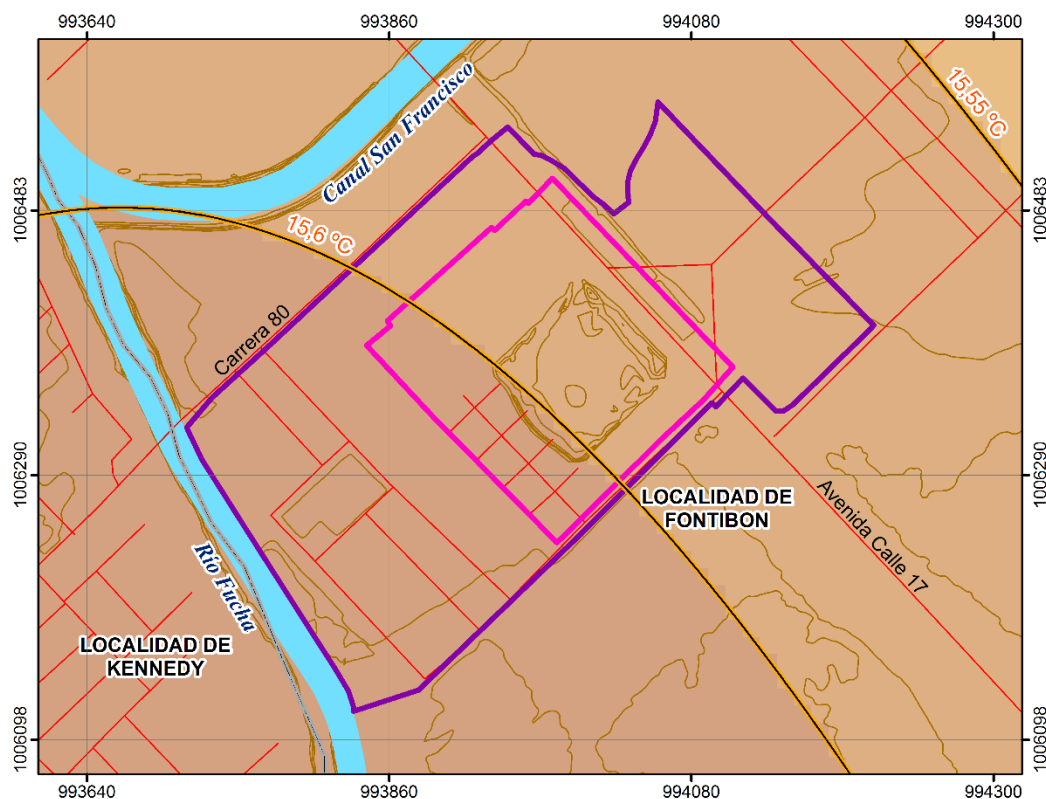
Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

La temperatura media mensual multianual de la estación Tibaitatá es de 13,35°C, con una máxima de 14,30°C para el mes de mayo y una mínima de 12,30°C para el mes de enero. El análisis para la estación Tibaitatá, se realizó utilizando datos de los años 1995 a 1997, 2000 a 2003, 2007 a 2015.

La temperatura media mensual multianual de la estación Inem Kennedy es de 15,52°C, con una máxima de 16,80°C para el mes de mayo y una mínima de 14,40°C para el mes de enero. El análisis para la estación Inem Kennedy, se realizó utilizando datos de los años 2001, 2002, 2009 a 2011, 2013 a 2016.

La temperatura media mensual multianual de la estación Jardín Botánico es de 14,77°C, con una máxima de 16,80°C para el mes de mayo y una mínima de 13,50°C para el mes de enero. El análisis para la estación Jardín Botánico, se realizó utilizando datos de los años 1990 a 1993, 1996, 1999, 2001, 2002, 2009 a 2011.

Figura 3-24 Mapa de isotermas de las temperaturas medias mensuales multianuales del área de influencia del proyecto (AII y AID)



Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

La temperatura media mensual multianual de la estación Col. Santiago Pérez es de 15,80°C, con una máxima de 16,70°C para el mes de mayo y una mínima de 15,20°C para el mes de agosto. El análisis para la estación Col. Santiago Pérez, se realizó utilizando datos de los años 2011 a 2015.

En la Figura 3-24 se aprecia que la temperatura oscila entre 15,55 a 15,65°C en el área de influencia del proyecto y que va en aumento de nororiente a suroccidente.

Por otro lado, a continuación, se presentan en la Tabla 3-39 los valores de las temperaturas máximas y mínimas de las estaciones analizadas.

Tabla 3-39 Valores máximos y mínimos de temperatura

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA (°C)												
Apto, El Dorado	14,60	15,00	15,20	15,60	14,90	14,70	14,30	14,20	14,10	14,20	14,40	14,70
Tibaitatá	13,50	13,90	13,90	14,10	14,30	14,00	13,70	13,90	13,60	13,90	13,80	13,70
Inem Kennedy	16,10	16,60	16,80	16,20	16,40	15,60	15,80	15,40	15,80	15,50	15,70	15,90
Jardín Botánico	15,60	16,80	16,90	16,40	16,30	16,10	16,50	16,30	15,00	15,30	16,50	15,00
TEMPERATURA MÍNIMA (°C)												
Apto, El Dorado	12,50	13,00	12,60	13,50	13,60	13,80	13,00	13,20	13,10	13,20	13,20	12,60
Tibaitatá	12,30	12,90	12,90	13,40	13,10	13,40	12,80	12,60	12,90	12,80	12,70	12,50
Inem Kennedy	14,90	14,80	14,70	14,90	15,80	15,30	14,90	14,80	15,10	15,20	14,50	14,40
Jardín Botánico	13,50	13,70	13,90	15,00	14,00	13,70	13,80	13,70	13,70	13,80	14,00	14,20

Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.8.1.2 Presión atmosférica

La presión atmosférica es la que regula las masas de aire frío y cálido; por ejemplo, una masa de alta presión arrastraría lluvias escasas y distanciadas; su determinación se realiza a partir de una altura determinada en el aire, ésta se calcula en términos del peso del aire, el cambio de presión que corresponde a un pequeño cambio en la altura²⁷. Para determinar la presión atmosférica en cada estación meteorológica, se utiliza el valor por defecto de P0 como 760 mm Hg, que también corresponde a 0 metros sobre el nivel del mar. El valor de temperatura se toma como el promedio de las estaciones que cuentan con este valor. En el capítulo 1 de generalidades se puede consultar la metodología empleada.

Teniendo en cuenta las elevaciones de cada una de las estaciones y el valor promedio de la temperatura, se presentan los valores de presión atmosférica en la Tabla 3-40

Tabla 3-40 Estaciones climatológicas del área de influencia del proyecto

CÓDIGO	NOMBRE ESTACIÓN	ELEVACIÓN (msnm)	TEMPERATURA (°C)	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (KPa)
21205790	Apto. El Dorado	2547	13,88	74,80
21205420	Tibaitatá	2543	13,35	74,79
21206560	Inem Kennedy	2580	15,52	74,63

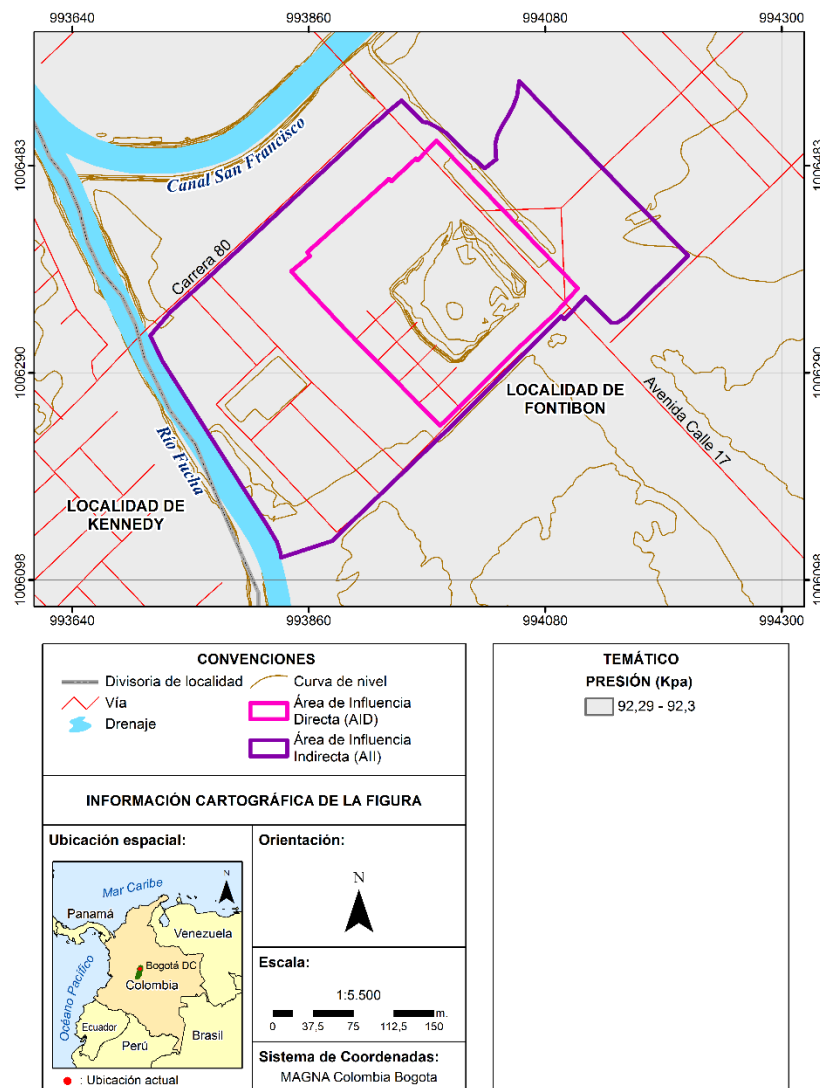
²⁷ HYPERPHYSICS. La Fórmula Barométrica [en línea], <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Kinetic/barfor.htm#c1> [citado en 07 de diciembre de 2017].

CÓDIGO	NOMBRE ESTACIÓN	ELEVACIÓN (msnm)	TEMPERATURA (°C)	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (KPa)
21205710	Jardín Botánico	2552	14,77	74,82
21206660	Col. Santiago Pérez	2565	15,80	74,79

Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

La Figura 3-25 presenta un rango de presión poco representativo, debido a que el área de influencia indirecta es de tan solo 7,177 Ha, lo que se refleja en los valores consignados en la Tabla 3-40.

Figura 3-25 Mapa de isobaras de la presión atmosférica del área de influencia del proyecto (AI y AID)

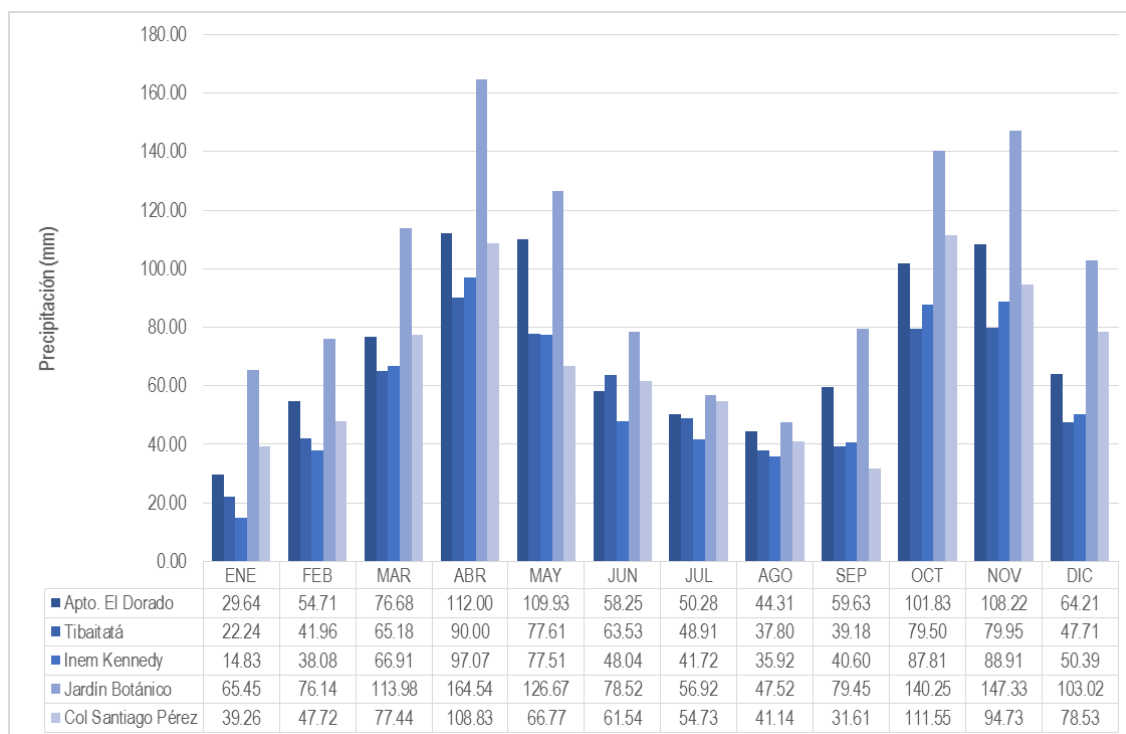


Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.8.1.3 Precipitación

La precipitación del área de influencia del proyecto presenta un régimen bimodal con dos periodos máximos, uno entre abril y mayo y otro entre octubre y noviembre, con las siguientes medias mensuales multianuales: 72,47 mm en Apto. El Dorado, 57,80 mm en Tibaitatá, 57,32 mm Inem Kennedy, y 99,98 mm en Jardín Botánico, y una media anual multianual de 869,68 mm, 693,58 mm, 687,79 mm y 1199,78 mm respectivamente (ver Figura 3-26). El máximo de precipitación para Apto. El Dorado se presenta en el mes de abril con 112 mm y un mínimo en enero con 29,64 mm, y el máximo para 24 horas fue de 242,80 mm, para la estación Tibaitatá la máxima es de 90 mm en el mes de abril y la mínima de 22,24 mm para el mes de enero, y el máximo para 24 horas fue de 198,40 mm, para la estación Inem Kennedy la máxima es de 97,07 mm para el mes de abril y la mínima de 14,83 mm para el mes de enero, y el máximo para 24 horas fue de 214,30 mm, la máxima para la estación Jardín Botánico es de 164,54 mm para el mes de abril y la mínima de 47,52 para el mes de agosto, y el máximo para 24 horas fue de 306,30 mm, finalmente la máxima para la estación Col. Santiago Pérez es de 111,55 mm para el mes de octubre y la mínima de 31,61 para el mes de septiembre, y el máximo para 24 horas fue de 208,10 mm.

Figura 3-26 Gráfica de precipitación media mensual multianual



Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

El análisis climatológico de la estación Apto. El Dorado se realizó con información de los años 1993, 1994, 1996 – 1998, 2000 – 2005, 2007 – 2011 y 2013 – 2015.

El análisis climatológico de la estación Tibaitatá se realizó con información de los años 1995 a 1997, 2000 a 2003 y 2007 a 2015.

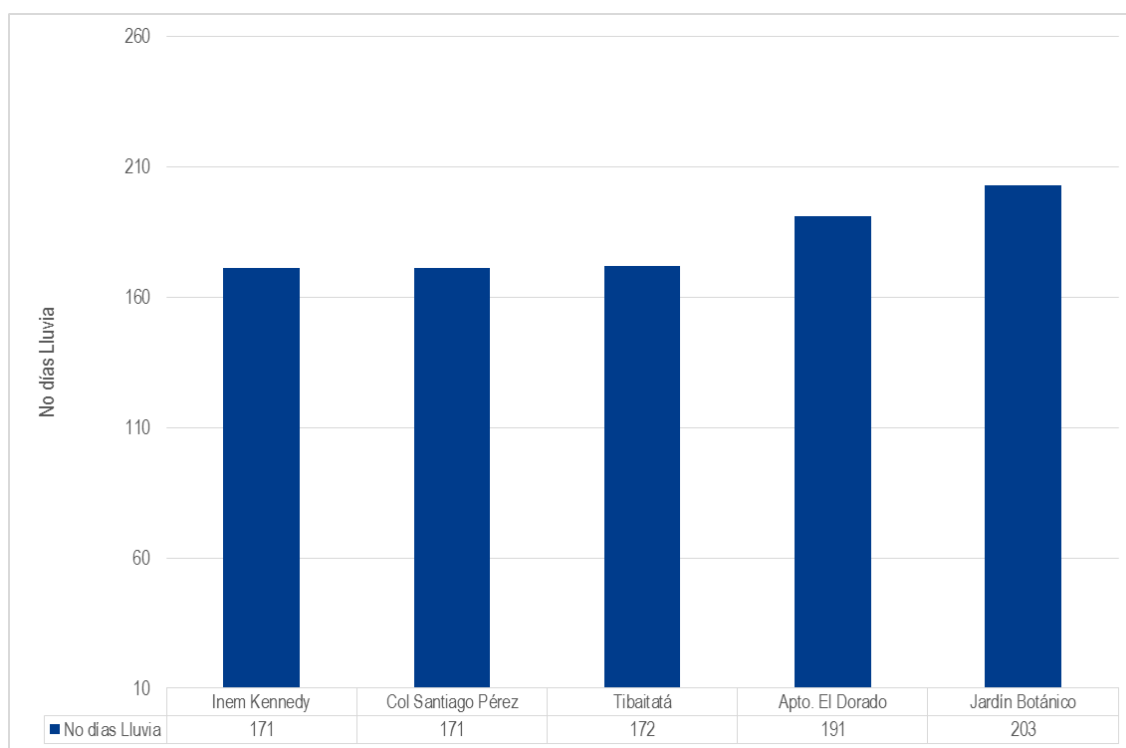
El análisis climatológico de la estación Inem Kennedy se realizó con información de los años 2000 a 2003, 2005, 2006 y 2009 a 2016.

El análisis climatológico de la estación Jardín Botánico se realizó con información de los años 1997 a 2003, 2005 a 2016.

El análisis climatológico de la estación Col. Santiago Pérez El análisis climatológico de la estación 2002, 2005, 2006, 2009 a 2016.

El promedio de precipitación anual, en la estación Inem Kennedy y Col. Santiago Pérez es de 171 días, en Tibaitatá es de 172 días, en Apto. El Dorado es de 191 días y en Jardín Botánico es de 203 días, En la Figura 3-27 se presentan los valores de cantidad de días con lluvia de las estaciones analizadas.

Figura 3-27 Gráfica del número de días con precipitación anual

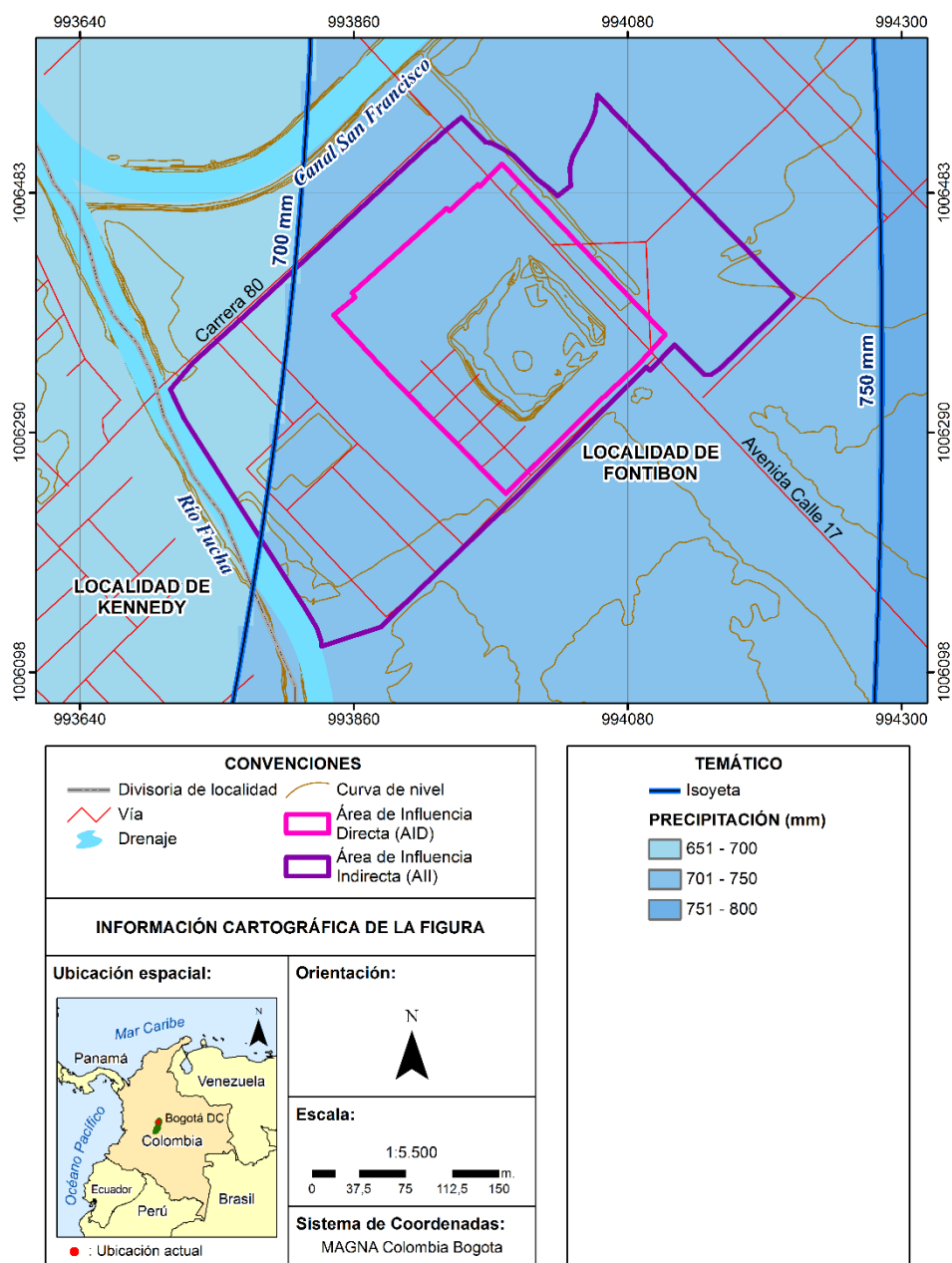


Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

En la Figura 3-28 se presenta el mapa de isoyetas del área de influencia del proyecto, en el que se evidencia que existe una variación de precipitación media anual de 650 a 750 mm; por otro lado, se observa en el mapa que la precipitación va en aumento de occidente a oriente, evento que ocurre debido a que la ciudad Capital se ubica en el costado occidental de la cordillera, pues el calor que se concentra en el valle interandino (al costado oriental de la cordillera) genera mayor evaporación y con el aumento de temperatura el vapor de agua asciende y choca contra los cerros orientales, ocasionando precipitaciones que se van dispersando y disminuyendo de

oriente a occidente de la ciudad por efectos de la dirección del viento y por el agotamiento del agua a lo largo del trayecto por la ciudad Capital.

Figura 3-28 Mapa de isoteyetas de las precipitaciones medias anuales multianuales del área de influencia del proyecto (All y AID)

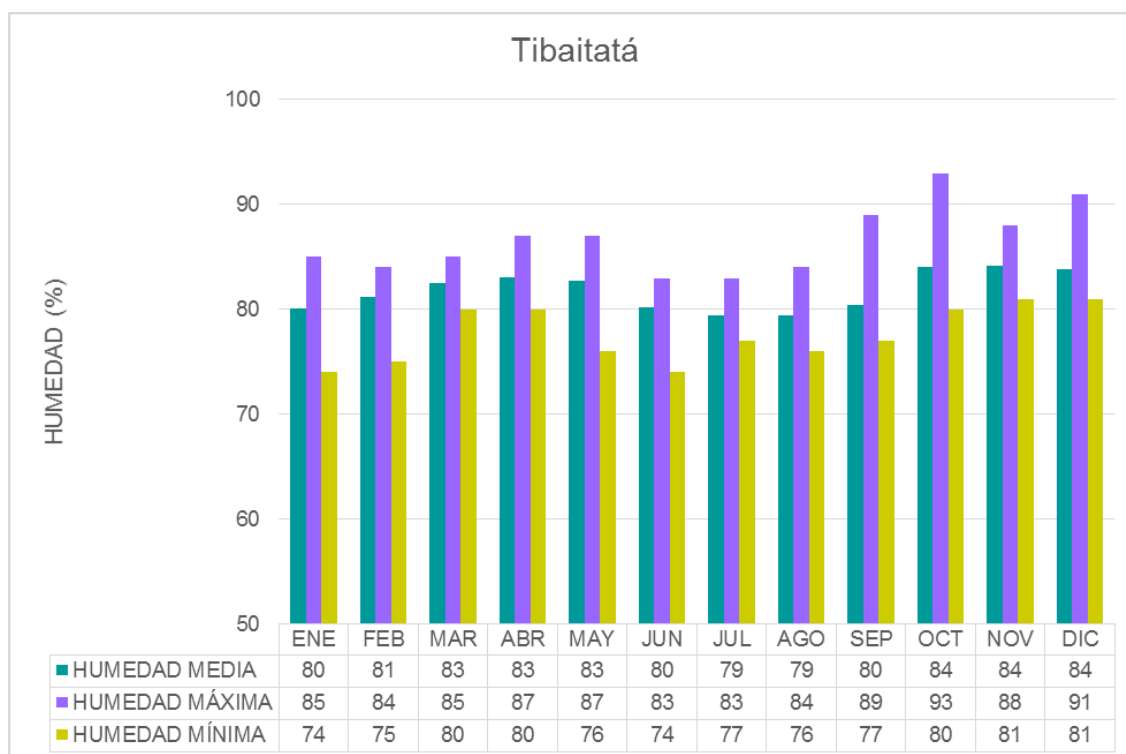


Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.8.1.4 Humedad relativa

Los valores de humedad relativa mensual se basan en registros diarios promediados. Así las cosas, la humedad relativa media mensual multianual en la estación Tibaitatá de los años 1999, 2001 a 2003, 2005, 2007 a 2015, que es la única que cuenta con datos representativos de humedad, es de 82%, la máxima es de 93% para el mes de octubre y la mínima de 74% en junio.

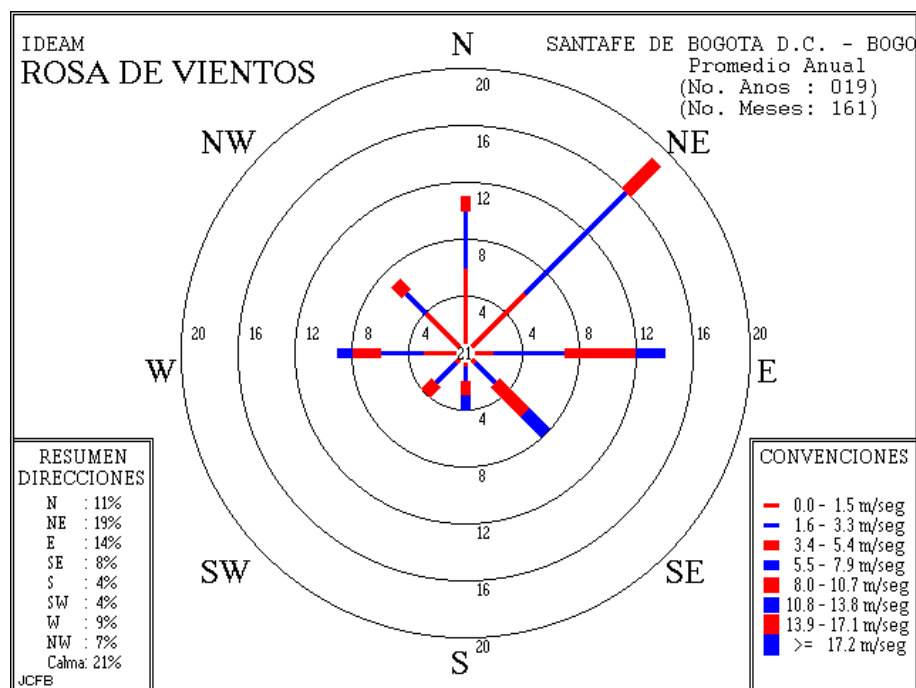
Figura 3-29 Gráfica de humedad relativa media, máxima y mínima estación Tibaitatá



Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.8.1.5 Viento

Los registros que se reportan en el Aeropuerto el Dorado de la ciudad de Bogotá suministrados por el IDEAM muestran vientos predominantes provenientes del Noreste, con una frecuencia de 19% y velocidades que varían entre 0 a 5,4 m/s, para el caso de vientos de 1,6 a 3,3 m/s se observa una mayor frecuencia, seguida de los de 0 a 1,5 m/s. Le siguen la dirección Este con frecuencia de 14% y vientos que varían de 0 a 7,9 m/s, y de 0 a 5,4 m/s en dirección Norte (ver Figura 3-30).

Figura 3-30 Rosa de los vientos Bogotá

 Fuente: IDEAM²⁸, 2018

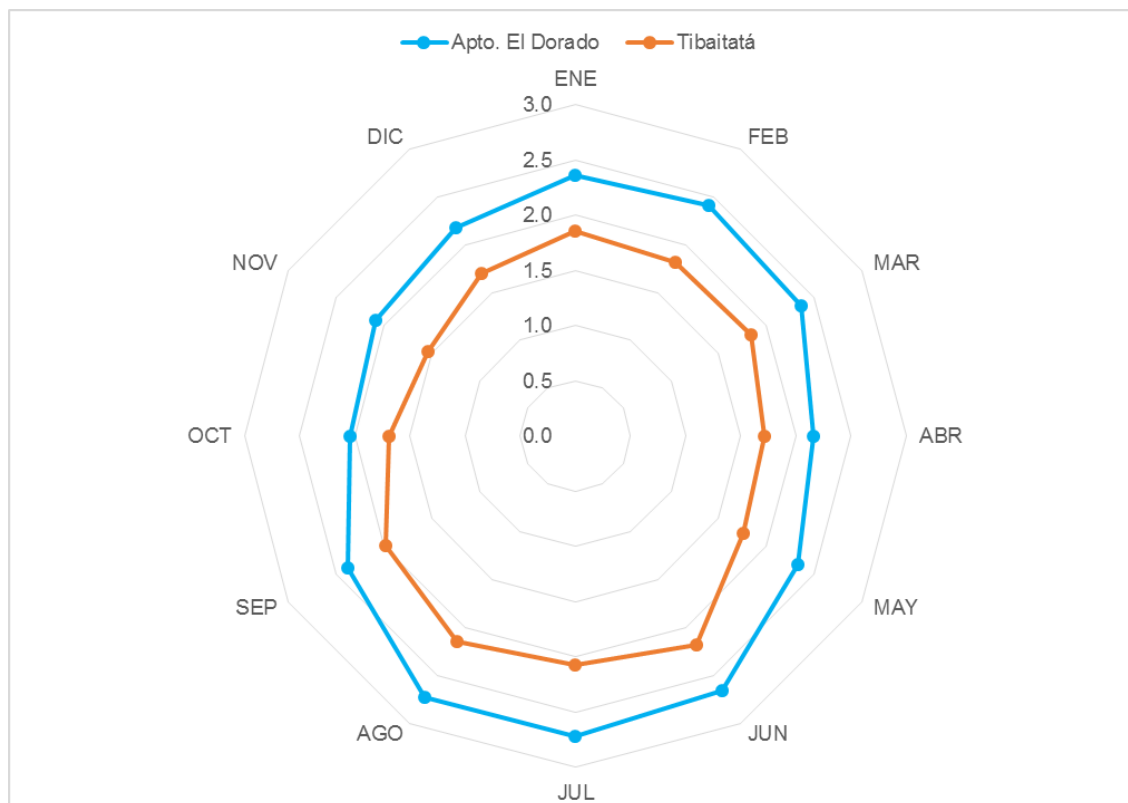
En cuanto a los valores de velocidad de la estación Apto. El Dorado, a continuación, se presentan los registros promedios de los años 1990, 1992, 1995, 1997 – 1999, 2001 – 2003, 2007 y 2011, y para la estación Tibaitatá de los años 1992, 1994, 1996, 2002, 2004, 2010, 2014 y 2015.

Tabla 3-41 Velocidades media, máxima y mínima del viento

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Media (m/s)												
Apto, El Dorado	2,4	2,4	2,4	2,2	2,3	2,7	2,7	2,7	2,4	2,0	2,1	2,2
Tibaitatá	1,9	1,8	1,8	1,7	1,8	2,2	2,1	2,2	2,0	1,7	1,5	1,7
Máxima (m/s)												
Apto, El Dorado	2,8	2,9	2,7	2,7	2,8	3,1	3,3	3,3	3,0	2,6	2,5	2,7
Tibaitatá	2,3	2,1	2,7	2,0	2,4	3,0	2,6	2,6	2,5	2,1	1,9	2,2
Mínima (m/s)												
Apto, El Dorado	1,8	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,4	1,4	1,4	1,4
Tibaitatá	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2	1,4	1,3	1,5	1,3	1,3	1,2	1,3

Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

28 IDEAM. Régimen anual de viento: Santafé de Bogotá [en línea], <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/rosas/viento.htm> [citado en 22 de enero de 2018].

Figura 3-31 Gráfica de la media mensual multianual de vientos


Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.8.1.6 Radiación solar

En relación a la radiación solar, se debe aclarar, que dado que ninguna de las estaciones empleadas para la caracterización de las áreas de Influencia cuentan con mediciones directas de radiación solar, se optó por desarrollar su determinación a partir de los registros de brillo solar, empleando para tal fin, la relación propuesta por Masson (1966) y publicada por el (UPME - IDEAM, 2005) dentro del Atlas de Radiación Solar de Colombia²⁹, quien encontró una relación entre la radiación solar sobre una superficie horizontal (en langleys por día) - H y el número de horas de brillo solar por día (n).

$$H = 60 + (1406,2 \cdot n^2 + 7426,6 \cdot n)^{1/2}$$

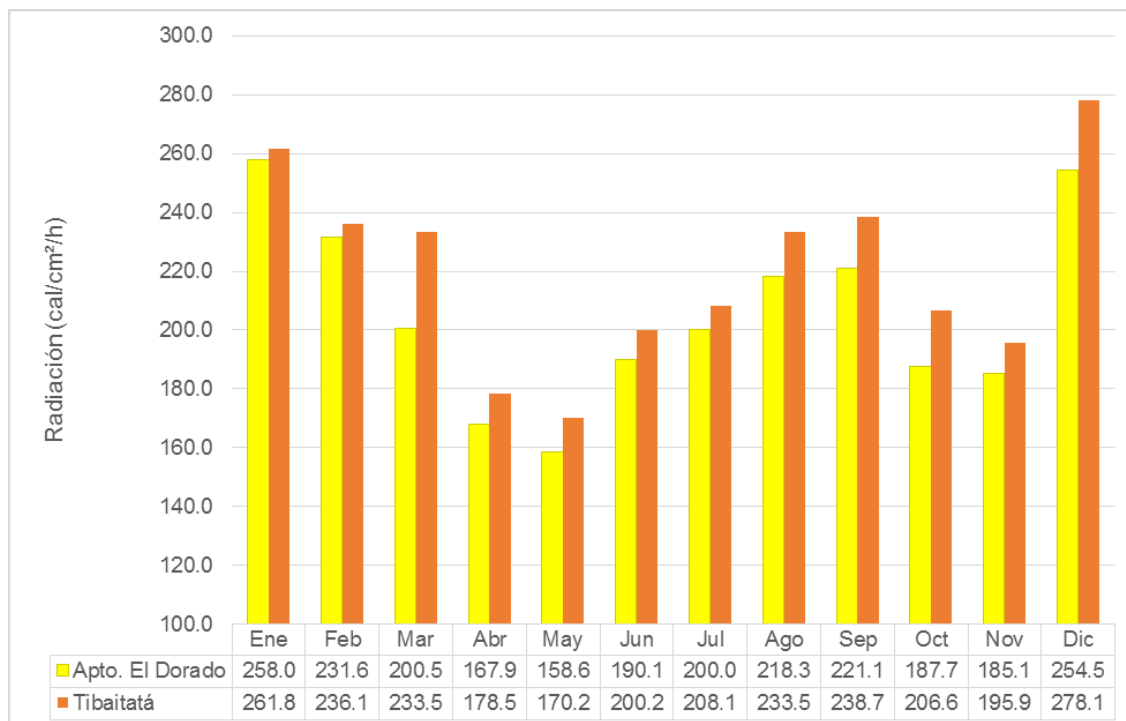
$$\text{Siendo } 1 \text{ langley/d (ly/d)} = 1 \text{ cal/cm}^2/\text{d} = 0,416 \text{ cal/cm}^2/\text{h}$$

De acuerdo con lo que indica la Figura 3-32, en la estación Apto. El Dorado, la radiación solar o conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol, oscila entre 158,6 y 258 cal/cm²/h y la media mensual

29 UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Medición de la radiación solar [en línea], http://www.upme.gov.co/docs/atlas_radiacion_solar/9-apendice_c.pdf [citado en 01 de enero de 2018].

multianual es de 206,1 cal/cm²/h, y en la estación Tibaitatá oscila entre 170,2 y 278,1 cal/cm²/h y la media mensual multianual es de 220,1 cal/cm²/h.

Figura 3-32 Gráfica de la media mensual multianual de radiación solar

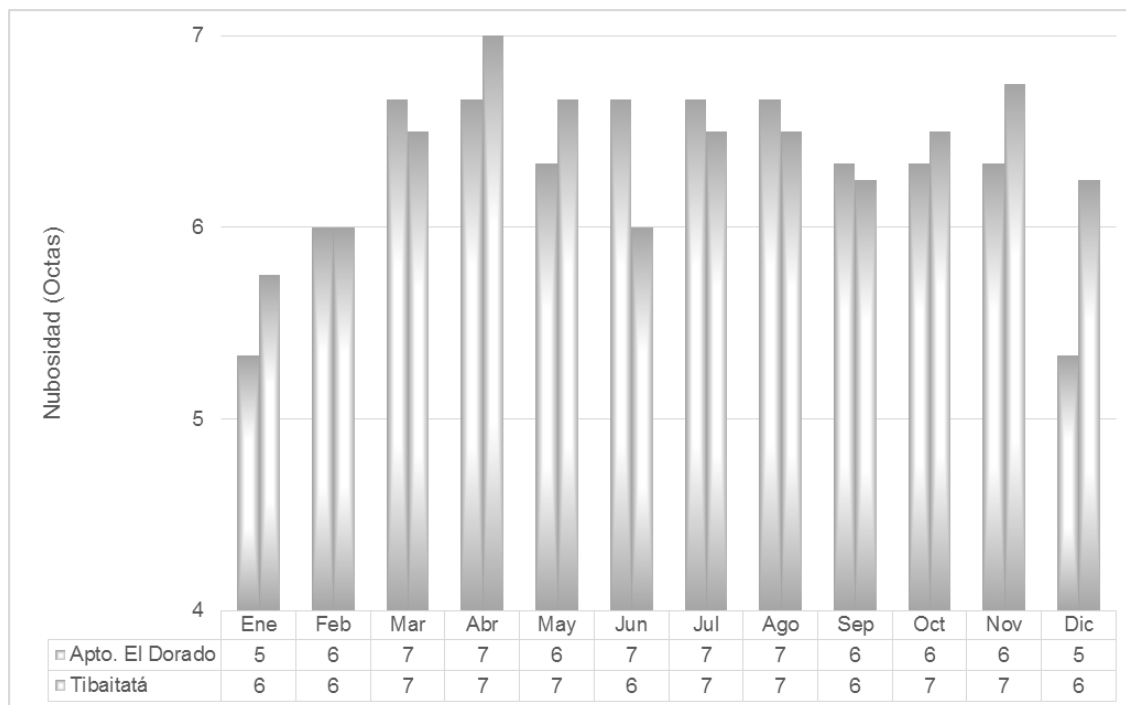


Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Los resultados de radiación solar se obtuvieron a partir de los datos del IDEAM de los años 1990, 1992, 1998, 2006, 2008, 2009 y 2015 para la estación Apto. EL Dorado, y para la estación Tibaitatá, de los años 1990, 1992, 2006, 2008, 2009 y 2015.

3.2.8.1.7 Nubosidad

La nubosidad es un parámetro que en general está ligado con la precipitación, ya que a medida que aumenta la nubosidad, existe un incremento de la precipitación en la zona de estudio. La nubosidad media anual multianual en la estación Apto. El Dorado oscila entre 5 y 7 octas, y una media mensual multianual de 6 octas, y en la estación Tibaitatá entre 6 y 7 octas, y una media mensual multianual de 6 octas (ver Figura 3-33).

Figura 3-33 Gráfica de la nubosidad media mensual multianual


Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Los datos de nubosidad de Apto. El Dorado fueron obtenidos a partir de los datos del IDEAM de los años 2009, 2010 y 2015, y los de Tibaitatá de los años 2009, 2010, 2015 y 2016.

3.2.8.1.8 Estabilidad atmosférica

Teniendo presente que el IDEAM no realiza mediciones de estabildades atmosféricas ni de altura de mezcla, la estabilidad atmosférica fue determinada a partir de la clasificación sugerida por Pasquill-Gifford³⁰ como se muestra en capítulo 1 de Generalidades.

Tabla 3-42 Condiciones de estabilidad atmosférica en el área de influencia del proyecto

ESTACIÓN	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) a 10 m de altura	RADIACIÓN SOLAR (cal/cm ² *h)	ESTABILIDAD DIURNA	NUBOSIDAD (Octas)	ESTABILIDAD NOCTURNA
Apto. El Dorado	2,4	206,1	Inestable a Muy Inestable (A-B)	6	Ligeramente Estable (E)
Tibaitatá	1,9	220,1	Muy Inestable (A)	6	-

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

30 BVSDE. La dispersión de las plumas y el modelado de la calidad del aire [en línea], http://www.bvsde.paho.org/cursoa_meteoro/lecc6/lecc6_4.html [citado en 01 de enero de 2018].

En horas de la mañana, en la estación Apto. El Dorado las condiciones son de inestabilidad (A-B), son de inestables a muy inestables y en la estación Tibaitatá muy inestable, es decir, que la tendencia es que las masas de aire ascienden continuamente.

En horas de la noche, en la estación Apto. El Dorado, las condiciones son de estabilidad ligera (E), es decir, que las masas de aire tienden a mantenerse al mismo nivel. Para el caso de la estación Tibaitatá, es de anotar, que no existe referente en la metodología Pasquill-Gifford.

3.2.8.1.9 Altura de mezcla

La profundidad vertical de la atmósfera donde se produce el mezclado se denomina capa de mezcla. La parte superior de esta capa se conoce como altura de mezcla. Esta determina el alcance vertical del proceso de dispersión de los contaminantes liberados debajo de ella. Se trata de una variable importante para los estudios de calidad del aire ya que limita la dispersión vertical de los contaminantes (BVDSDE³¹).

La altura de mezcla se determinó aplicando el criterio establecido por Trejo y Villagómez en 2011³².

Para el perfil adiabático seco matutino, la ecuación es:

$$T = T_0 9,8 (10^{-3}) Z \quad [1]$$

Donde Z= altura en m

T_0 = Temperatura (en °K) mínima del día más 5°K

Para el perfil adiabático seco vespertino, la ecuación es:

$$T = T_1 9,8 (10^{-3}) Z \quad [2]$$

Donde T_1 = Temperatura (en °K) máxima del día

La temperatura tiene un perfil lineal con la altura, de la forma:

$$T = T_b - hZ \quad [3]$$

Donde T_b = Temperatura a nivel del suelo

h = Tasa de enfriamiento del aire = 0,0061 °K/m

Para obtener la altura mínima de la capa de mezclado, se calculan las ecuaciones [1] y [3] y se igualan para despejar Z_{\min} [4].

$$T_0 9,8 (10^{-3}) Z = T_b - 0,0061 Z$$

31 BVDSDE. Altura de mezcla [en línea], <http://www.bvsde.paho.org/sde/ops-sde/bvsde-acerca.shtml> [citado en 17 de enero de 2018].

32 TREJO Rodolfo, VILLAGÓMEZ Leticia. Método Propuesto para Estimar la Altura de Capa de Mezcla en la Atmósfera, con ayuda de la Aviación [en línea], <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4181615.pdf> [citado en 17 de enero de 2018].

Al despejar Z, la ecuación sería:

$$Z_{min} = \frac{T_b - T_0}{0.0061 - 0.0098} \quad [4]$$

Para obtener la altura máxima de la capa de mezclado, se calculan las ecuaciones [2] y [3] y se igualan para despejar $Z_{m\acute{a}x}$ [5].

$$T_1 9,8 (10^{-3}) Z = T_b - 0,0061 Z$$

Al despejar Z, la ecuación sería:

$$Z_{min} = \frac{T_b - T_1}{0.0061 - 0.0098} \quad [5]$$

Los cálculos de altura mínima y máxima de la capa de mezclado se basarán en las medias anuales multianuales de temperatura mínima y máxima de las estaciones cercanas al área de influencia del proyecto, y que cuentan con estos parámetros (Ver Tabla 3-43).

Tabla 3-43 Temperaturas máximas y mínimas del área de influencia del proyecto

ESTACIÓN	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL (°K)		
	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA
Apto. El Dorado	287,03	287,81	285,65
Tibaitatá	286,50	287,45	285,45
Inem Kennedy	288,67	289,95	287,55
Jardín Botánico	287,92	290,05	286,65

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

A continuación, en la Tabla 3-44, se presentan los valores de altura máxima y mínima de las estaciones aledañas al área de influencia del proyecto.

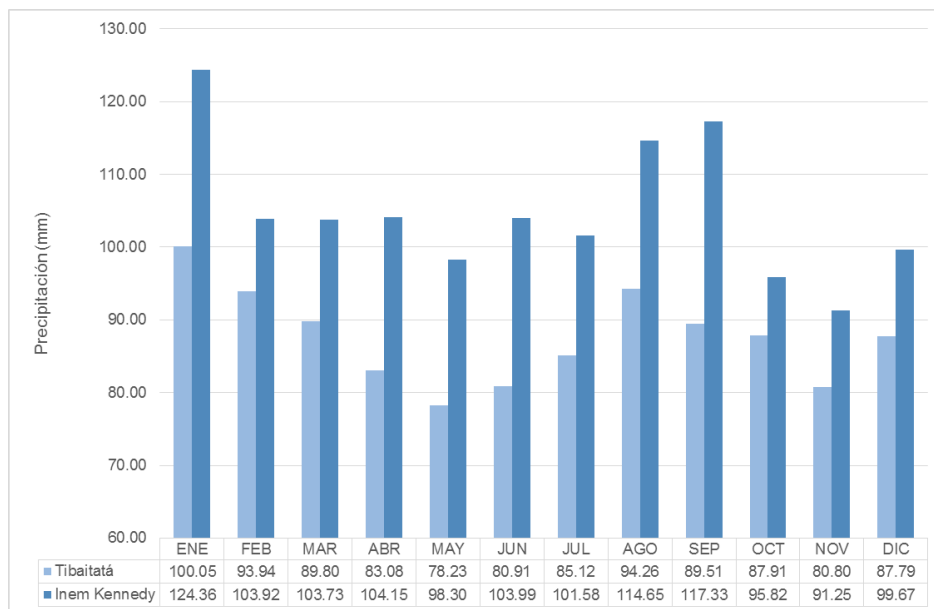
Tabla 3-44 Alturas de mezcla máximas y mínimas en el área de influencia del proyecto

ESTACIÓN	ALTURA DE MEZCLA (m)	
	MÁXIMA	MÍNIMA
Apto. El Dorado	209,74	977,76
Tibaitatá	256,26	1067,07
Inem Kennedy	346,92	1049,62
Jardín Botánico	574,35	1006,78

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.8.1.10 Evaporación

En las estaciones Tibaitatá e Inem Kennedy, el promedio de evaporación es de 87,62 (años analizados: 1995 a 2015) y 104,89 mm (años analizados: 2000 a 2002, 2004, 2009 a 2016) respectivamente, y los valores máximos se presentan en el mes de enero para ambas estaciones.

Figura 3-34 Gráfica de la evaporación media mensual multianual


Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.8.1.11 Balance hídrico

El balance hídrico se entiende como la proporción entre todos los recursos hídricos, en términos de agua dulce, que ingresan y salen en una cuenca, en un intervalo de tiempo determinado.

El análisis de balance hídrico se basa en el método de Thornthwaite, el cual supone que el agua llega al suelo, bien sea por precipitación, por escorrentía o por aportes subterráneos y es evapotranspirada de acuerdo con las condiciones medias climáticas de la atmósfera, se estimó la oferta y disponibilidad del recurso hídrico durante todas las épocas climáticas del año, en función de los aportes realizados por la precipitación y en su interrelación atmósfera – suelo – agua.

La evapotranspiración potencial se determinó por el método de García - López³³ (citado por TOBÓN, 2003), el cual integra la temperatura y la humedad relativa mediante la siguiente expresión.

$$ETP = \left(1,21 \times 10^{\left(\frac{7,45 \times T}{234,7 + T} \right)} \times (1 - (0,01 \times HR)) \right) + (0,21 \times T) - 2,3$$

Donde:

ETP= Evapotranspiración potencial diaria

T= Temperatura media mensual

HR= Humedad relativa mensual

³³ TOBÓN, Jorge Iván. Hidrología de la zona vadosa en la terraza de Llanogrande (Rionegro – Antioquia). Medellín, 2003, 160 h. Trabajo de grado (Magister en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Disponible en el catálogo en línea de la Biblioteca de la Universidad Nacional de Colombia: < <http://www.bdigital.unal.edu.co/40972/1/98499215.20038.pdf> >

Parámetros empleados en el método de Thornthwaite:

Reserva útil del suelo (RU):

La determinación de la reserva útil del suelo, se efectúa identificando el mes más húmedo de la estación meteorológica analizada, que para esta explicación sería el mes uno, para éste mes se asigna un valor $RU = 0$ y se le adiciona (P-ET) de ese mismo mes húmedo, es decir, el mes uno; ahora, el mes posterior al mes húmedo, que se denominará mes dos, corresponde a la suma de RU del mes uno más el valor de (P-ET) del mes dos, en adelante se usa el (P-ET) del respectivo mes y se suma el RU del mes anterior.

RU mes anterior + (P-ET) empezando por el 1er mes húmedo, asignando al anterior una $R=0$, teniendo en cuenta que no pase de 100 si pasa se asigna 100

Si $RU + (P - ETP) < 0$ entonces $R=0$, donde RU: Reserva del mes anterior.

Si $RU + (P - ETP) > 0$ y además > 100 , entonces $R=100$.

Variación de la reserva (VR):

$$VR = RU - RU \text{ mes anterior}$$

Evapotranspiración real (ETR):

$$\begin{aligned} \text{En el periodo seco: } ETR &= P + |VR| \\ \text{En el periodo Húmedo: } ETR &= ETP \end{aligned}$$

Déficit (DEF): se refiere a la carencia o insuficiencia de agua.

$$DEF = ETP - ETR$$

Exceso (EX): Convergencia de una cantidad de agua superior a la normal.

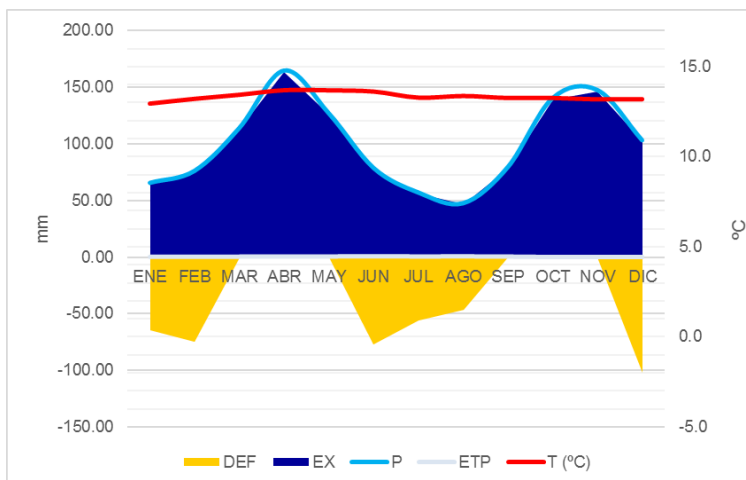
$$\begin{aligned} EX &= (P - ETP - VR) \text{ Si } (P - ETP) > 0 \\ EX &= 0 \text{ Si } (P - ETP) < 0 \end{aligned}$$

Tabla 3-45 Parámetros para análisis de balance hídrico de la estación Tibaitatá

PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T (°C)	13,0	13,2	13,4	13,7	13,7	13,6	13,3	13,4	13,3	13,3	13,2	13,2
HR (%)	80,1	81,2	82,5	83,1	82,8	80,3	79,4	79,4	80,4	84,0	84,1	83,8
P	65,45	76,14	113,98	164,54	126,67	78,52	56,92	47,52	79,45	140,25	147,33	103,02
ETP	1,01	1,04	1,06	1,10	1,11	1,17	1,11	1,14	1,08	0,97	0,95	0,96
P-ETP	64,43	75,10	112,92	163,43	125,56	77,35	55,80	46,38	78,37	139,28	146,38	102,06
RU	999,04	1074,14	1187,07	163,43	288,99	366,34	422,14	468,52	546,89	686,17	832,54	934,61
RU ajustado	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
VRU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETR	65,45	76,14	1,06	1,10	1,11	78,52	56,92	47,52	1,08	0,97	0,95	103,02
DEF	-64,43	-75,10	0,00	0,00	0,00	-77,35	-55,80	-46,38	0,00	0,00	0,00	-102,06
EX	64,43	75,10	112,92	163,43	125,56	77,35	55,80	46,38	78,37	139,28	146,38	102,06

Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Figura 3-35 Gráfica del balance hídrico de la estación Tibaitatá



Fuente: A partir de datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

En la Figura 3-35 se observa que en los meses de marzo a mayo y de octubre a diciembre se presenta recarga de agua en la estación de Tibaitatá, que es la única que cuenta con los parámetros climatológicos suficientes para analizar el balance hidrológico, ya que la estación se ubica dentro del régimen bimodal de lluvias; por otro lado, el déficit de agua se presenta en los meses de enero, febrero, junio, julio, agosto y diciembre, meses en los que se presenta baja precipitación, relacionándose con las dos estaciones eco-secas (déficit de agua mayor o igual a tres meses) que se presentan entre junio a agosto (moderada) y entre diciembre a febrero (moderada).

3.2.8.1.12 Zonificación climática

La zonificación climática se desarrolló de acuerdo con la metodología propuesta por el IDEAM en su documento “Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia”³⁴, en el que la caracterización climática utiliza diferentes metodologías tales como los de Köppen, Thornthwaite, Caldas, Lang, Martone y Holdridge, entre otras. Se optó por asumir un sistema cuya caracterización aplicará los regímenes térmicos y de humedad propios de la geografía colombiana, considerándolos como los elementos meteorológicos más relevantes y útiles para la caracterización de un ecosistema desde el punto de vista climático (IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP, 2007)³⁵. De acuerdo con el IDEAM, los elementos considerados como relevantes para el mapa de caracterización climática son temperatura y precipitación. Por esta razón, otros elementos del clima como la dirección y velocidad del viento, humedades relativas y radiación, entre otros, no fueron consideradas en el análisis. La metodología se puede apreciar en el capítulo 1 de Generalidades.

Las estaciones climáticas empleadas se ubican dentro de diferentes zonas climáticas, que se presentan en la Tabla 3-46, oscilando en una denominación termal de cálido a muy frío, asimismo, la denominación de humedad varía entre muy seco y muy húmedo, sin embargo, mediante la interpolación de los datos a través del sistema de información geográfica Arc Gis, se estableció que la zonificación climática del área de influencia del proyecto (AID y AII) corresponde a frío - muy seco, tal como se aprecia en la Figura 3-36.

³⁴ IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP... Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia. Bogotá: IGAC. (2007)

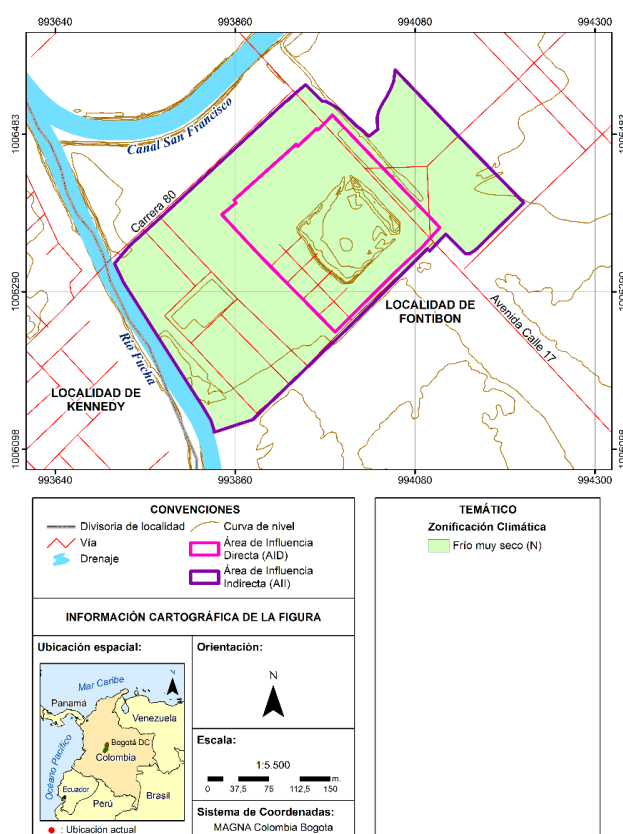
³⁵ Ibid.

Tabla 3-46 Zonificación climática del área de influencia del proyecto

NOMBRE ESTACIÓN	MUNICIPIO	ELEVACIÓN (msnm)	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA
Apto. El Dorado	Bogotá D.C	2547	13,88	869,68	Frio - muy seco
Tibaitatá	Mosquera	2543	13,35	693,58	
Inem Kennedy	Bogotá D.C	2580	15,52	687,79	
Jardín Botánico	Bogotá D.C	2552	14,77	1199,78	Frio - seco

Fuente: A partir de datos suministrados por IGAC, IDEAM, IAvH, Invermar, I. Sinchi, IIAP, 2007, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Figura 3-36 Zonificación climática del área de influencia del proyecto (AIi y AID)



Fuente: A partir de datos suministrados por el IDEAM, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.8.2 Calidad del aire

Como parte de la caracterización ambiental del área de influencia del proyecto, se realizó el monitoreo de la calidad del aire entre el 13 y el 31 de agosto de 2019, mediante la ubicación de dos estaciones. Para la campaña de monitoreo se contrató a la empresa Compañía Nacional de Estudios Ambientales S.A.S., la cual contó con el apoyo del laboratorio SIAM INGENIERÍA S.A.S. para realizar los muestreos de material particulado expresado como PM₁₀, Dióxido de Nitrógeno NO₂, Dióxido de Azufre SO₂, Monóxido de Carbono CO y Ozono O₃; mientras que la toma de muestras para el parámetro de material particulado fino expresado como PM_{2.5} fue realizada por el laboratorio PSL PROANÁLISIS Ltda.

Los laboratorios aliados que realizaron los muestreos y análisis del monitoreo de calidad del aire, cuentan con acreditación IDEAM mediante la Resolución No.1742 del 30 de julio de 2018, para el caso de SIAM, y Resolución 0191 del 06 de febrero de 2017 para el caso de PSL PROANÁLISIS. (Ver **Anexo Cap. 3, 3.2 Abiotico, Atmosfera, Aire, Anexos, 4. Resolucion de Acreditacion**).

En la Tabla 3-47 se presentan los niveles máximos permisibles de PM₁₀, NO_x, SO_x, O₃ y CO estipulados en la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS.

Tabla 3-47 Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire

CONTAMINANTE	NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE (µg/m³)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PM ₁₀	50	Anual
	75*	24 horas
PM _{2.5}	25	Anual
	37*	24 horas
SO ₂	50	24 horas
	100	1 hora
NO ₂	60	Anual
	200	1 hora
O ₃	100	8 horas
CO	5000	8 horas
	35000	1 hora

* Parágrafo 1 (Res. 2254 de 2017): A partir del 1 de julio de 2018, el nivel máximo permisible de PM₁₀ Y PM_{2.5} para un tiempo de exposición de 24 horas será de 75 µg/m³ y 37 µg/m³ respectivamente

Fuente: Artículo 2. Resolución 2254 de 2017 del MADS, 2017

3.2.8.2.1 Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas

Las fuentes de emisión atmosférica identificadas en el área de influencia directa del proyecto corresponden a fuentes móviles localizadas sobre la Avenida Calle 17 o Centenario, así como la carrera 78G y la calle 16F (ver Fotografía 3-7). Por otro lado, como fuentes fijas se encuentra la estación de servicio ESSO que en casos contingentes podría generar emisión de vapores de hidrocarburos (ver Fotografía 3-8), y chimeneas de tipo industrial (ver Fotografía 3-9).

Es de mencionar, que las condiciones de calidad de aire de la localidad de Fontibón no son las más óptimas, tal como lo indica la agenda ambiental localidad 9 Fontibón de la Secretaría Distrital de Ambiente de 2009³⁶, que señala: “Fontibón es considerada como una de las tres localidades más contaminadas del distrito, a causa de emisiones atmosféricas. El tránsito vehicular es el mayor causante de este tipo de contaminación”.

36 SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Agenda Ambiental Localidad 9 Fontibón [en línea] <
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjPye2nwYrbAhXGqFkKHcuVB71QFggnMAA&url=http%3A%2F%2Foab2.ambientebogota.gov.co%2Fapc-aa-files%2F57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a%2FFontibonAgendaAmbientallLocal.pdf&usq=AOvVaw3mDOmoJC-pz7Uboc53tn8> />
 [citado en 16 de abril de 2018].

Otra fuente de emisión atmosférica corresponde a las actividades de construcción de unidades residenciales al sur este del área de influencia del proyecto; esta actividad se localiza vientos debajo de la Estación de monitoreo E-1 (2019). Ver Fotografía 3-10.

Fotografía 3-7 Fuente de emisión “Avenida Centenario”



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Fotografía 3-8 Fuente de emisión - estación de servicio ESSO



Fuente: Laboratorio SIAM S.A.S, 2019

Fotografía 3-9 Fuente de emisión – Chimenea Industrial



Fuente: Laboratorio SIAM S.A.S, 2019

Fotografía 3-10 Fuente de emisión - Construcción de unidades residenciales



Fuente: Laboratorio SIAM S.A.S, 2019

- **Antecedentes de la calidad del aire en la localidad de Fontibón**

El Plan Ambiental Local de Fontibón (2017-2020)³⁷, indica que la localidad presenta contaminación atmosférica por la presencia de vías e industrias que se ubican en las diferentes Unidades de Planeación Zonal (UPZ) de la localidad. Dicha información se fundamenta en las siguientes líneas textuales:

³⁷ OBSERVATORIO AMBIENTAL DE BOGOTÁ. PLAN AMBIENTAL LOCAL LOCALIDAD DE FONTIBÓN 2017 – 2020 [en línea] < <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/plan-ambiental-local-br-localidad-de-fontibon-br-2017-2020>> [citado en: 28 de agosto de 2018].

“Con referencia a contaminación atmosférica, específicamente en términos de emisiones de material particulado, éstas tienen su origen en las fuentes móviles y fijas de la localidad. En cuanto a las primeras, aunque como se mencionó al inicio es toda la localidad la que se encuentra en emergencia ambiental, es el sector de la UPZ Fontibón Centro en el que se presenta con mayor intensidad, específicamente la Avenida Ciudad de Cali entre Avenida Centenario y Avenida Calle 26, las carreras 99 y 100 entre Avenida del Ferrocarril (calle 22) y calle 17 y las avenidas La Esperanza, el Ferrocarril, calle 17 y Avenida Centenario, especialmente desde la Avenida Ciudad de Cali hasta la carrera 120, aproximadamente.

(...) En términos de fuentes fijas aunque la localidad cuenta con gran cantidad de industrias, en el sector de la Zona Franca y en las zonas aledañas al humedal Meandro del Say se ubican grandes empresas de todo tipo de servicios, las cuales realizan importantes emisiones. En este punto es importante mencionar a la empresa ECOCAPITAL, encargada de la incineración de residuos hospitalarios, la cual presenta varias denuncias por parte de la comunidad circunvecina en términos de problemas de salud, especialmente enfermedades respiratorias.

(...) La localidad de Fontibón, por su estratégica ubicación es considerada como un sector interesante para la industria por la cercanía con los municipios aledaños, con el centro de la ciudad y con el Aeropuerto Internacional El Dorado. Por esto, esta localidad posee más de 3000 empresas prestadoras de servicios y manufactureras.

Estas empresas están localizadas en varios puntos de la localidad, algunas se han establecido en zonas determinadas y por usos, pero hay varias que se han ubicado en zonas residenciales, los sectores más reconocidos son:

(...) La Calle 13: Este es un sector donde se observó un uso de suelo mixto, se ubica desde la Av. Boyacá hasta la Cra.129 por toda la Cll. 13, algunas de las empresas más representativas son Pimpollo, La Procesadora de Hueso, Envía, Éxito, parque industrial, Zona Franca, bodegas o chatarrerías de recuperadores de oficio de carácter ambiental.

(...) La diversidad y complejidad de las empresas que funcionan en la localidad, especialmente las manufactureras, están desencadenando una problemática ambiental muy seria, ya que en sus procesos utilizan calderas alimentadas aun por coke (carbón), cuyas emisiones contienen material particulado, siendo este uno de los mayores contaminantes que tiene nuestra ciudad.

También, hay emisiones de gas carbónico (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y ozono (O₃). Sumado a esto se encuentra que el material particulado y los gases son también generados por los automotores de la ciudad, en un mayor porcentaje la flota del transporte público, ya que ellos utilizan como combustible el diesel, este combustible es más contaminante que la gasolina por su alto contenido de azufre.”

3.2.8.2.2 Fuentes de emisiones atmosféricas que generará el proyecto

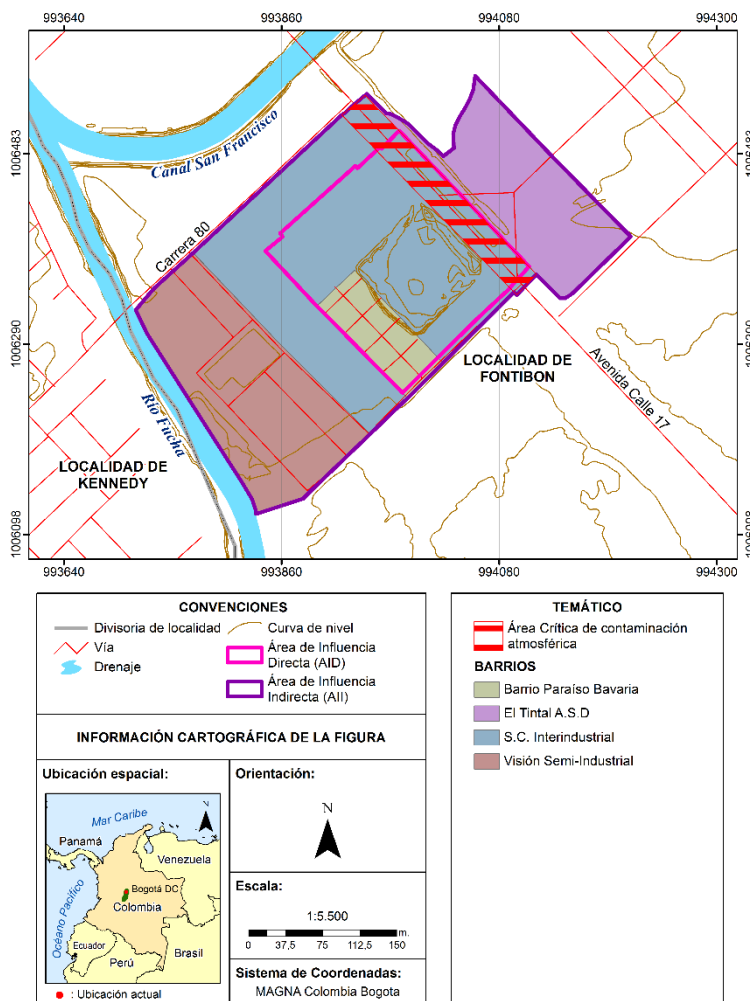
Las fuentes de emisiones atmosféricas que eventualmente generaría el desarrollo de las actividades constructivas asociadas al proyecto, corresponden a fuentes móviles provenientes de los motores de combustión interna de vehículos, equipos y maquinaria; así como emisiones de material particulado, generados durante las actividades de construcción por el tránsito vehicular, movimiento de tierras, descapote, explanación y compactación del área de subestación y el acceso a la misma, adicionalmente por el uso de vehículos durante las actividades de instalación del poste en el separador central de la avenida Centenario o Calle 17.

3.2.8.2.3 Ubicación cartográfica de los asentamientos poblacionales y de las zonas críticas de contaminación

Como se mencionó anteriormente, las principales fuentes de emisiones atmosféricas para la calidad de aire en los alrededores del proyecto corresponden a fuentes móviles por tráfico vehicular, cuyas fuentes serán generadas en menor proporción por las actividades constructivas del proyecto, entendiendo que la cantidad de vehículos, maquinaria y equipo a utilizar son mínimos en comparación del flujo vehicular de la avenida y que las actividades serán puntuales y discontinuas.

Hecha la observación anterior y teniendo en cuenta la presencia de la avenida Centenario y su flujo vehicular, se entiende como punto crítico la Av. Calle 17 o Centenario (ver Figura 3-37).

Figura 3-37 Cartografía poblacional para calidad del aire (All y AID)



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.8.2.4 Resultados de monitoreo de la calidad del aire

El monitoreo de calidad del aire comprendió la ubicación de dos estaciones, que se ubicaron en el barrio Visión Semiindustrial (ubicado entre la carrera 78G y carrera 80, y entre las calles 16C y 16D); para su ubicación se tuvo en cuenta la cercanía a vías, actividades industriales adyacentes, dirección predominante del viento (SE), población receptora, barreras físicas y, seguridad de los equipos y personal que realizó las mediciones. El análisis de los parámetros evaluados se realizó durante 18 días continuos (13 al 31 de agosto de 2019), tomando muestras de los parámetros de material particulado PM10 y PM2.5, óxidos de nitrógeno NOx, óxidos de azufre SOx, monóxido de carbono CO y Ozono O₃.

A nivel de micro localización se siguieron los criterios de ubicación establecidos por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire en su Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, numeral 6.4. En la Tabla 3-48 y Tabla 3-50, se presenta la ficha técnica de cada una de las estaciones con base en los criterios consignados en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del aire.

Fotografía 3-11 Estación de monitoreo E1



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

Fotografía 3-12 Estación de monitoreo E2



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

Tabla 3-48 Ficha técnica de Estación 1 (E1)

Elementos	Criterio		Observaciones
ESTACIÓN	Seguridad y entorno		Bueno
	Limpieza		Bueno
	Conexiones eléctricas		Bueno
	Estabilidad de la estructura		Buena
	¿Existen salidas de sistemas de aire acondicionado o ventilaciones cerca?		No
	¿Existen zonas de parqueo, depósitos de químicos o de combustibles?		Si
	¿La estación tiene generadores eléctricos a combustible?		No
	¿Existen acumulaciones de residuos sólidos o líquidos en las cercanías?		No
	¿Existen fuentes menores cercanas de contaminación como hornos, o quemadores de basuras?		No
	¿Existen carreteras destapadas, campos deportivos o lotes sin vegetación?		Si
MUESTREADOR	¿Cuenta con supresor de picos?		No
	Voltaje de entrada al equipo		110 v
	¿Es estable?		Si
	Describe la conexión eléctrica realizada		Conexión eléctrica 110 v
Criterio		Dimensión	Observaciones
Altura de la toma muestra (m)*		4,5	Se encuentra instalado en andamio sobre terraza
Distancia a obstáculos elevados (m)		25	Vivienda de 2 pisos
Diferencia de altura entre el muestreador y el obstáculo elevado (m)		5	Tejado de vivienda
Distancia vertical desde las estructuras de soporte hasta el toma muestra (m)		2	Piso de terraza a inlet
Distancia a otra toma muestras de PM (m)		2,5	PM ₁₀ – PM _{2,5}
Distancia a árboles (m)		80	Árboles poco frondosos
Distancia de separación a vías (m)		10	Vía secundaria sin pavimentar
Norte:		Este:	
*Vía sin pavimentar a una distancia de 10 m.		*Parqueaderos a una distancia de 14 m.	
*Zona de parqueo de vehículos de carga de materias primas de las industrias alrededor a una distancia de 10 m.		*Estación de servicio a una distancia de 210 m.	
*Zona de chimeneas industriales papas fritas, frigorífico a una distancia de 10 m.		*Vía pavimentada de alto flujo vehicular a una distancia de 282 m.	
Oeste:		Sur:	
*Vías sin pavimentar a una distancia de 16 m.		* Vías sin pavimentar a una distancia de 10 m.	
*Zona de chimeneas industriales papas fritas, frigorífico a una distancia de 17 m.		* Zona de parqueo de vehículos de carga de materias primas de las industrias alrededor a una distancia de 10 m.	
*Zona de parqueo de vehículos de carga de materias primas de las industrias alrededor a una distancia de 20 m.			

Fuente: laboratorio SIAM S.A.S, 2019

Tabla 3-49 Información criterios de ubicación estación 1 (E1)

INFORMACIÓN GENERAL Y CRITERIOS DE UBICACIÓN				
NOMBRE ESTACIÓN:	PAPA A LA LATA			Estación No.
MUNICIPIO / DTO:	FONTIBÓN / BOGOTÁ			
GEORREFERENCIACIÓN:	N: 1°006.290	ASNM (m):	2574	
	E: 993.796	ALT. DEL SUELO:	15	
TIPO DE ESTACIÓN:				
Nivel I: Área		Nivel II: Tiempo		Nivel III: Emisiones Dominantes
Urbana:	<input checked="" type="checkbox"/>	Fija:	<input type="checkbox"/>	Tráfico:
Suburbana:	<input type="checkbox"/>	Indicativa:	<input checked="" type="checkbox"/>	Punto Crítico:
Rural:	<input type="checkbox"/>			Industrial:
				De Fondo:
Nivel IV: Información				
TRAFICO:		INDUSTRIAL:		
Distancia al borde (m):	10	Tipo de Industria:	Alimenticia - Frigorífico	
Ancho de la Vía:	45	Distancia Fuentes (Km):	0,1	
Tráfico Diario Sentido 1:	N.A	Dirección (Grados):	En alrededores	
Tráfico Diario Sentido 2:	N.A			
Velocidad Promedio:	20	PUNTO CRITICO:		
% Vehículos Pesados:	10%	Fuente Evaluada:	<input type="checkbox"/>	
Estado de la Vía:	Sin Pavimentar	Calle Encajonada:	<input type="checkbox"/>	
		Calle Libre:	<input type="checkbox"/>	
INDICATIVAS:		RURALES DE FONDO:		
Tiempo de Muestreo:	18 días	Cercana Ciudades	<input type="checkbox"/>	
Seco/Húmedo:	Seco	Regionales	<input type="checkbox"/>	
Fecha Inicio:	2019-08-13			
OBJETIVOS REPRESENTATIVIDAD DE LA ESTACIÓN:				
Monitoreo de calidad de aire mediante el uso de muestreadores Hi—Vol. para PM ₁₀ , muestreadores Low – Vol para PM _{2.5} , rack 3 gases para contaminantes NO ₂ y SO ₂ , equipo infrarrojo no dispersivo CO y equipo de medición UV para O ₃ .				

REPRESENTATIVIDAD						
Estudio de calidad de aire, indicativo por 18 días						
FUENTES DE EMISIÓN:						
Principal Fuente:	Chimeneas Industriales					
Segunda Fuente:	Vía secundaria sin pavimentar					
Tercera Fuente:						
CONFIGURACIÓN DE LA ESTACIÓN:						
PARÁMETRO		TECNOLOGÍA		MÉTODO REFERENCIA		METEOROLOGÍA
PM _{2.5}	X	Low-Vol		CFR US-EPAT40P50,AP_L		D. Viento X
PM ₁₀	X	Hi-Vol.		CFR US-EPA T40 P50, AP_J		V. Viento X
PST		-		-		P _{BAROMÉTRICA} X
CO	X	IRND		CFR US-EPA T40 P50, AP_C		T _{AMBIENTE} X
SO ₂	X	RACK		CFR US-EPA T40 P50 AP_A-2		H. Relativa X
NO ₂	X	Quimioluminiscencia		CFR US-EPAT40P50,AP_F		Precipitación X
O ₃	X	UV		CFR US-EPAT40P50,AP_D		Rad. Solar --
DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO:						
Resp. Diligenciamiento:	Dayron Vargas		Cargo:	Tec de Campo		FECHA: 2019-08-13

Fuente: laboratorio SIAM S.A.S, 2019

Tabla 3-50 Ficha técnica de Estación 2

Elementos	Criterio	Observaciones
ESTACIÓN	Seguridad y entorno	Bueno
	Limpieza	Bueno
	Conexiones eléctricas	Bueno
	Estabilidad de la estructura	Buena
	¿Existen salidas de sistemas de aire acondicionado o ventilaciones cerca?	No
	¿Existen zonas de parqueo, depósitos de químicos o de combustibles?	Si
	¿La estación tiene generadores eléctricos a combustible?	No

	¿Existen acumulaciones de residuos sólidos o líquidos en las cercanías?	No		
	¿Existen fuentes menores cercanas de contaminación como hornos, o quemadores de basuras?	No		
	¿Existen carreteras destapadas, campos deportivos o lotes sin vegetación?	Si		
MUESTREADOR	¿Cuenta con supresor de picos?	No		
	Voltaje de entrada al equipo	110 v		
	¿Es estable?	Si		
	Describe la conexión eléctrica realizada	Conexión eléctrica 110 v		
Criterio		Dimensión	Observaciones	¿Cumple?
Altura de la toma muestra (m)*		14	Se encuentra instalado en andamio sobre terraza	Cumple
Distancia a obstáculos elevados (m)		N/A	Zona despejada	Cumple
Diferencia de altura entre el muestreador y el obstáculo elevado (m)		N/A	No se presenta obstáculo elevado	Cumple
Distancia vertical desde las estructuras de soporte hasta el toma muestra (m)		2	Piso de terraza a inlet	Cumple
Distancia a otra toma muestras de PM (m)		6	PM ₁₀ – PM _{2.5}	Cumple
Distancia a árboles (m)		N/A	Zona despejada	Cumple
Distancia de separación a vías (m)		10	Vía secundaria	Cumple
Norte:		Este:		
*Chimeneas domésticas a una distancia de 10 m. *Parqueadero a una distancia de 10 m.		*Parqueadero a una distancia a una distancia de 15 m. * Vía sin pavimentar a una distancia de 15 m. *Obras civiles a una distancia de 143 m. *Movimiento de arena a una distancia de 155 m. *Vía principal doble sentido a una distancia de 265 m.		
Oeste:		Sur:		
*Zona de chimeneas industriales papas fritas, frigorífico a una distancia de 15 m. *Parqueadero a una distancia de 33 m		*Parqueadero a una distancia de 10 m. *Obras civiles a una distancia de 84 m.		

Fuente: laboratorio SIAM S.A.S, 2019

Tabla 3-51 Información criterios de ubicación estación 2 (E2)

INFORMACIÓN GENERAL Y CRITERIOS DE UBICACIÓN			
NOMBRE ESTACIÓN:	EDIFICIO		Estación No. 2
MUNICIPIO / DTO:	FONTIBÓN - BOGOTÁ		
GEORREFERENCIACIÓN:	N: 1'006.170	ASNM (m):	2580
	E: 993.910	ALT. DEL SUELO:	14
TIPO DE ESTACIÓN:			
Nivel I: Área	Nivel II: Tiempo	Nivel III: Emisiones Dominantes	
Urbana: <input checked="" type="checkbox"/>	Fija: <input type="checkbox"/>	Tráfico: <input type="checkbox"/>	
Suburbana: <input type="checkbox"/>	Indicativa: <input checked="" type="checkbox"/>	Punto Crítico: <input type="checkbox"/>	
Rural: <input type="checkbox"/>		Industrial: <input checked="" type="checkbox"/>	
		De Fondo: <input type="checkbox"/>	
Nivel IV: Información			
TRAFICO:		INDUSTRIAL:	
Distancia al borde (m):	10	Tipo de Industria:	Alimenticia - Frigorífico
Ancho de la Vía:	4,5	Distancia Fuentes (Km):	0,1
Tráfico Diario Sentido 1:	N.A	Dirección (Grados):	En alrededores
°Tráfico Diario Sentido 2:	N.A		
Velocidad Promedio:	20	PUNTO CRITICO:	
% Vehículos Pesados:	10%	Fuente Evaluada:	<input type="checkbox"/>
Estado de la Vía:	Pavimentada	Calle Encajonada:	<input type="checkbox"/>
		Calle Libre:	<input type="checkbox"/>
INDICATIVAS:		RURALES DE FONDO:	
Tiempo de Muestreo:	18 días	Cercana Ciudades	<input type="checkbox"/>
Seco/Húmedo:	Seco	Regionales	<input type="checkbox"/>
Fecha Inicio:	2019-08-01		
OBJETIVOS REPRESENTATIVIDAD DE LA ESTACIÓN:			

Monitoreo de calidad de aire mediante el uso de muestreadores Hi—Vol. para PM₁₀, muestreadores Low – Vol para PM_{2.5}, rack 3 gases para contaminantes NO₂ y SO₂, equipo infrarrojo no dispersivo CO y equipo de medición UV para O₃.

REPRESENTATIVIDAD

Estudio de calidad de aire, indicativo por 18 días

FUENTES DE EMISIÓN:

Principal Fuente:	Chimeneas industriales
Segunda Fuente:	Obras civiles
Tercera Fuente:	

CONFIGURACIÓN DE LA ESTACIÓN:

PARÁMETRO		TECNOLOGÍA	MÉTODO REFERENCIA	METEOROLOGÍA	
PM _{2.5}	X	Low-Vol	CFR US-EPAT40P50,AP_L	D. Viento	X
PM ₁₀	X	Hi-Vol.	CFR US-EPA T40 P50, AP_J	V. Viento	X
PST		-	-	P _{BAROMÉTRICA}	X
CO	X	IRND	CFR US-EPA T40 P50, AP_C	T _{AMBIENTE}	X
SO ₂	X	RACK	CFR US-EPA T40 P50 AP_A-2	H. Relativa	X
NO ₂	X	Quimioluminiscencia	CFR US-EPAT40P50,AP_F	Precipitación	X
O ₃	X	UV	CFR US-EPAT40P50,AP_D	Rad. Solar	--

DATOS DEL PERSONAL ENCARGADO:

Resp. Diligenciamiento:	Dayron Vargas	Cargo:	Tec de Campo	FECHA:	2019-08-13
--------------------------------	---------------	---------------	--------------	---------------	------------

Fuente: laboratorio SIAM S.A.S, 2019

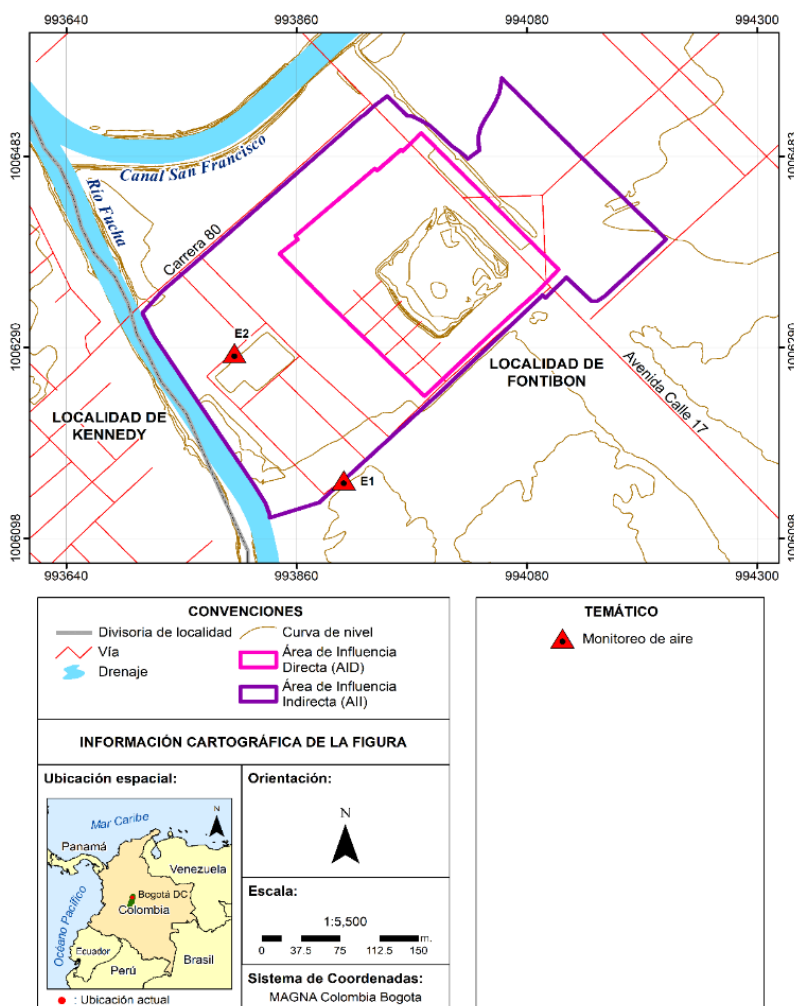
En la Figura 3-38 se presenta la ubicación espacial de las estaciones de monitoreo, mientras que en la Tabla 3-52 se presentan sus coordenadas de localización.

Tabla 3-52 Puntos de medición de calidad del aire

ESTACIÓN	PERIODO DE MUESTREO	SITIO DE MUESTREO	COORDENADA MAGNA SIRGAS BOGOTÁ	
			N	W
E1	13 Agosto al 31 Agosto de 2019	Vivienda Barrio Visión Semindustrial	1006156,2	993905,12
E2	13 Agosto al 31 Agosto de 2019	Predio frente al parque Barrio Visión Semindustrial	1006284,3	993800,64

Fuente: A partir de información de SIAM S.A.S, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

Figura 3-38 Localización estaciones de monitoreo de aire



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

- **Condiciones meteorológicas durante el monitoreo**

Durante el tiempo de realización del monitoreo de calidad de aire se tomaron mediciones meteorológicas mediante el uso de equipo portátil instalado en la estación 2 (E2), registrándose datos con intervalos de 30 minutos en los parámetros de presión atmosférica, temperatura, humedad relativa, precipitación, dirección y velocidad de viento.

En la Tabla 3-53, se presenta el resumen de las variables meteorológicas con sus respectivas gráficas y análisis:

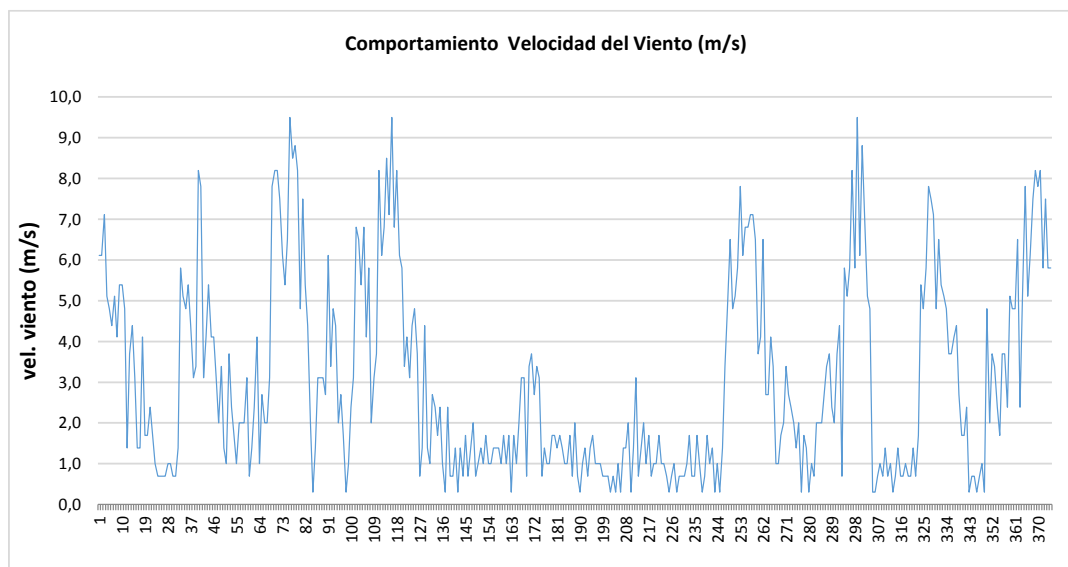
Tabla 3-53 Resumen variables meteorológicas promedio diario

<i>Fecha</i>	<i>Temp promedio (°C)</i>	<i>Pbar promedio (mm Hg)</i>	<i>Humedad promedio (%)</i>	<i>WS promedio (m/s)</i>	<i>Precip promedio (mm H₂O)</i>
2019-08-12	16,33	564,48	62,40	4,07	2,10
2019-08-13	14,18	564,58	78,95	2,66	1,20
2019-08-14	13,08	565,16	69,95	4,10	0,00
2019-08-15	13,46	565,59	59,77	3,81	0,00
2019-08-16	12,53	565,86	79,15	1,50	3,30
2019-08-17	13,09	565,55	78,10	0,89	2,70
2019-08-18	15,20	565,40	66,69	2,85	0,00
2019-08-19	12,48	565,47	75,18	3,26	11,10
2019-08-20	13,27	565,68	66,87	2,75	0,00
2019-08-21	14,98	565,95	48,58	3,94	0,00
2019-08-22	14,56	566,03	58,73	3,11	0,00
2019-08-23	14,79	565,92	64,92	4,11	0,00
2019-08-24	14,53	565,75	64,17	4,88	0,00
2019-08-25	14,33	565,38	62,35	3,63	0,00
2019-08-26	13,94	565,20	65,54	3,03	0,30
2019-08-27	14,92	564,96	62,94	4,10	0,00
2019-08-28	14,38	565,15	65,92	4,06	0,00
2019-08-29	14,72	565,30	57,17	4,05	0,00
2019-08-30	12,93	565,61	62,25	1,89	0,00
Promedio	14,09	565,42	65,77	3,30	
Acumulado					20,70

Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

– **Velocidad y dirección del viento**

La dispersión de contaminantes de una fuente depende de la cantidad de turbulencia en la atmósfera cercana que es creada por el movimiento horizontal (viento) y vertical de la atmósfera. La velocidad del viento afecta en gran medida la concentración de contaminantes en un área, mientras mayor sea la velocidad del viento mayor será la dilución y dispersión de contaminantes. La Figura 3-39 muestra el comportamiento de la velocidad del viento durante la campaña de monitoreo, en ella se observa que los registros estuvieron en el orden de los 0,1 a 10,5 m/s.

Figura 3-39. Velocidad del viento durante el tiempo de muestreo


Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

La mayor velocidad del viento registrada fue de 10,5 m/s, el día 24 de agosto de 2019 a las 14:00, la velocidad mínima fue 0,3 m/s y la velocidad promedio estuvo por el orden de 3,30 m/s que según la escala Beaufort (Ver Tabla 3-54) se clasifica en Flojito por su velocidad media.

Tabla 3-54. Escala de Beaufort.

Definición	m/s	Condición en tierra
• F0-Calma	0-0,2	El humo sube verticalmente
• F1 - Ventolina	0,3-1,5	La dirección del viento se define por la del humo, pero no por las veletas y banderas
• F2 - Flojito (Brisa muy débil)	1,6-3,3	El viento se siente en la cara. Se mueven las hojas de los árboles, veletas y banderas
• F3 - Flojo (Brisa débil)	3,4-5,4	Las hojas de los árboles se agitan constantemente. Se despliegan las banderas
• F4 – Bonacible (Brisa moderada)	5,5 – 7,9	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
• F5 – Fresquito (Brisa fresca)	8,0 – 10,7	Pequeños movimientos de los árboles, superficies de los lagos ondulados.
• F6 – Fresco (Brisa fuerte)	10,8 – 13,8	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas.

Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

En la Figura 3-40 se presenta la rosa de vientos diurna donde se resalta que los vientos alcanzaron velocidades 10,5 m/s, los cuales provienen predominantemente desde el Este (E) con una frecuencia cercana al 45% y desde el Sureste con una frecuencia del 25%. Se registraron ráfagas de viento con velocidades mayores a los 4 m/s en todas las direcciones.

En la Figura 3-41 se presenta la rosa de vientos nocturna donde se resalta que los vientos alcanzaron velocidades de 7,1 m/s y provienen predominantemente desde el Este (E) con una frecuencia cercana a 25% y desde el Sureste en una frecuencia cercana al 17%.

En la Figura 3-42 se presenta la rosa de vientos total donde se observa que los vientos alcanzaron velocidades 10,5 m/s, los cuales provienen predominantemente desde el Este (E) con una frecuencia cercana al 35%, y del Sur Este (SE) en un 20%; se registraron ráfagas de viento con velocidades mayores a los 4 m/s en todas las direcciones.

Figura 3-40 Rosa de viento diurna

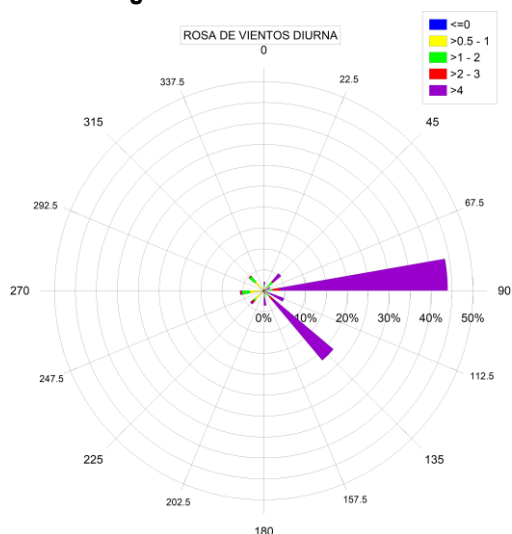
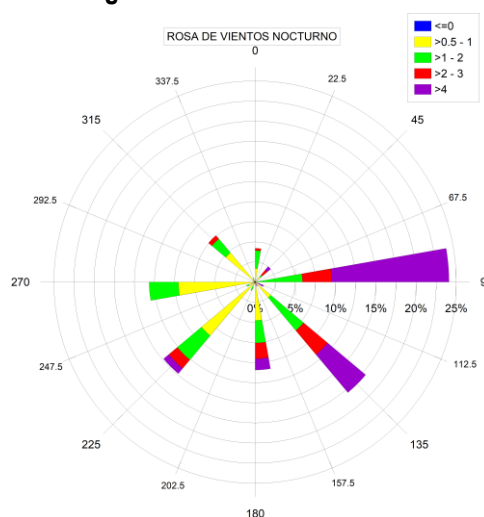
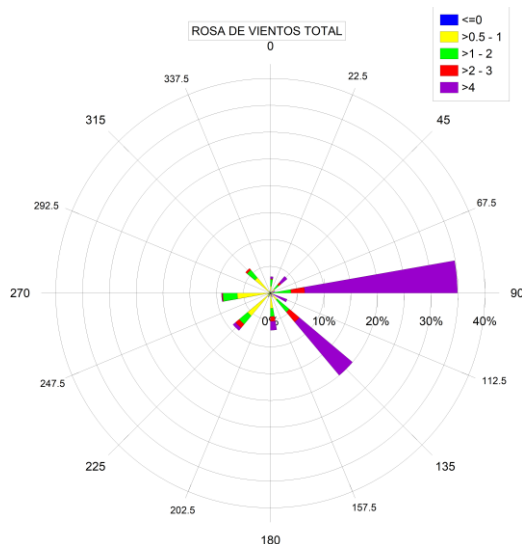


Figura 3-41 Rosa de viento nocturna



Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

Figura 3-42 Rosa de viento total



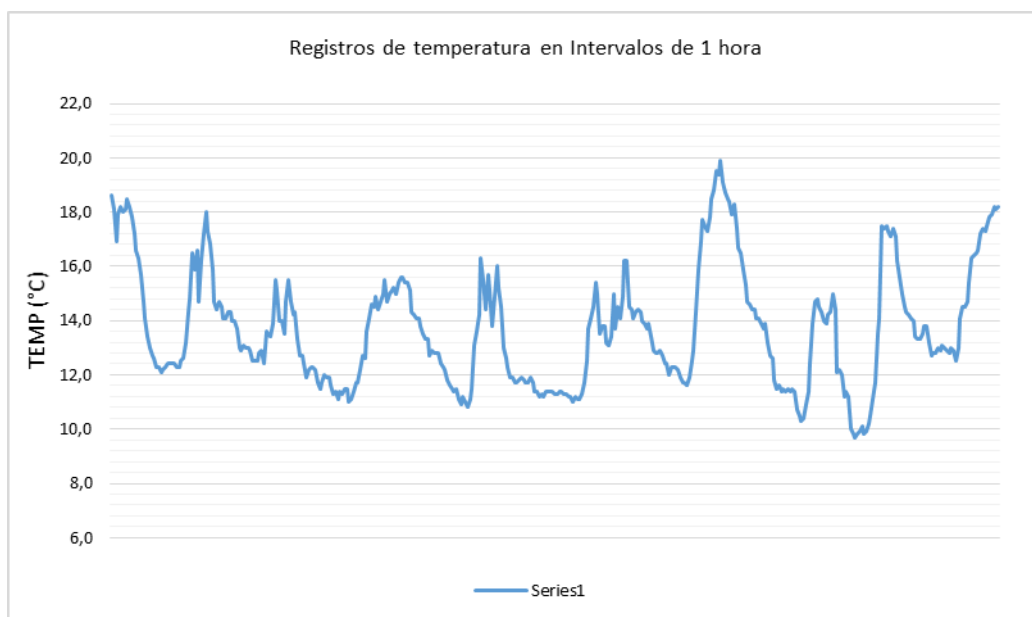
Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

– Comportamiento de la temperatura

La dispersión de contaminantes depende de la cantidad de turbulencia en la atmósfera cercana que puede ser generada por el movimiento horizontal (viento) y vertical de la atmósfera. El movimiento vertical de la atmósfera afecta el transporte y dispersión de los contaminantes del aire, debido a los cambios de temperatura que se presentan durante el día se genera un movimiento constante que crea condiciones inestables y dispersa los contaminantes. Se pueden presentar condiciones atmosféricas estables originando la inversión térmica cuando el aire más caliente se encuentra por encima del aire frío, impidiendo la mezcla vertical, reteniendo el ascenso y dispersión de contaminantes de las capas más bajas de la atmósfera lo que causa un problema localizado de contaminación del aire.

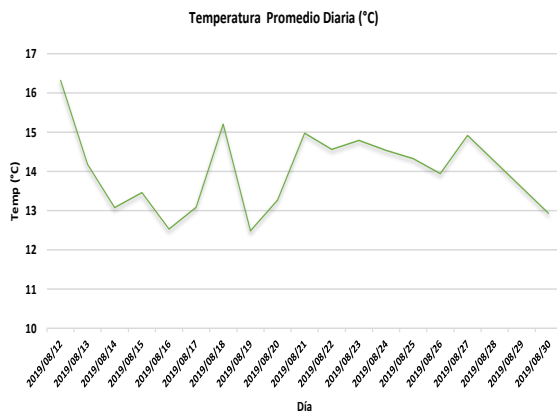
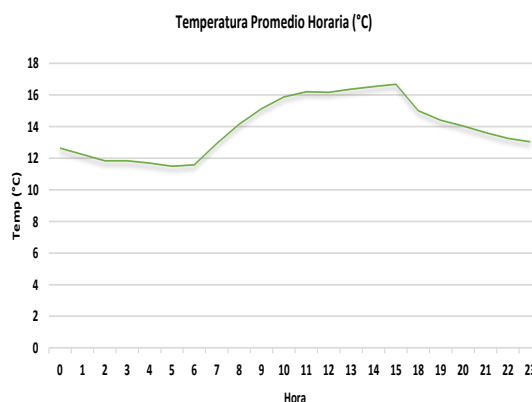
En la Figura 3-43 se observa que la temperatura máxima registrada fue de 19,9°C registrada el 18 de agosto de 2019 a las 13:00 p.m., la temperatura mínima fue de 8,9°C registrada el 30 de agosto de 2019 a la 5:00 a.m. y la temperatura media es de 14,9°C.

Figura 3-43. Temperatura ambiente en °C durante el tiempo de muestreo



Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

La Figura 3-45 presenta el promedio multi-horario de temperatura, es decir, el promedio para todas las horas 1, todas las horas 2, todas las horas 3, etc, en el periodo de monitoreo, la figura evidencia un aumento de temperatura desde las 6:00 horas alcanzando su máximo de aproximadamente 16,67°C a las 15:00 horas donde la temperatura inicia un descenso hacia valores cercanos a los 13,04°C. En cuanto al promedio diario (ver Figura 3-44), se pueden resaltar que los días más calientes estuvieron por el orden de los 16,33°C.

Figura 3-44 Temperatura promedio diaria °C

Figura 3-45 Temperatura promedio multihorario °C


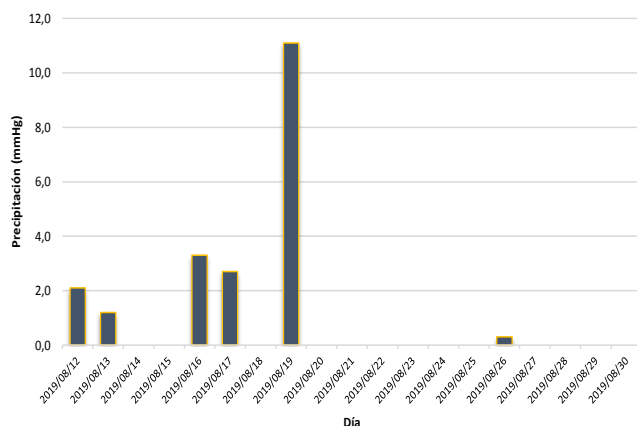
Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

— Precipitación

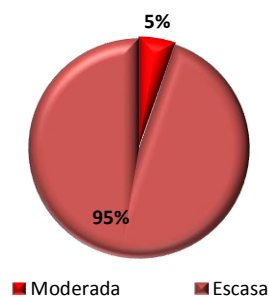
La precipitación es uno de los factores climáticos que mayor incidencia tiene dentro de los procesos de dispersión de contaminantes, pues su presencia hace que las sustancias en suspensión en forma de aerosoles o gases sean arrastradas con ella.

La

Figura 3-46 presenta los registros acumulados diarios de precipitación comprendidos del 01 de agosto al 18 de agosto de 2019. De los 11 días de lluvia, 1 corresponde a precipitación fuerte, aproximadamente el 5,26% del periodo la precipitación se puede catalogar como escasa y ligera, lo que valida que se haya realizado en días continuos (Ver Figura 3-47).

Figura 3-46 Precipitación acumulada diaria (mmH₂O)


Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

Figura 3-47 Distribución lluvias por categoría


- **Material particulado PM10**

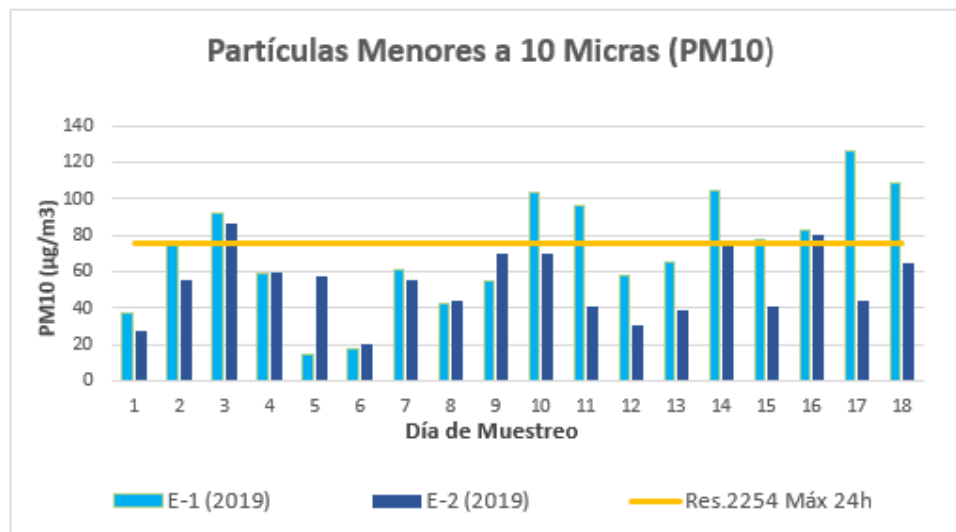
El valor promedio de material particulado menor a 10 micras PM10 presentó valores superiores a los límites establecidos por la norma; en la estación E1, se aprecia que 8 de los 18 días muestreados presentan un valor superior, mientras que para la estación E2 solo 3 días son superiores a la norma (ver Figura 3-48), durante el monitoreo no se observó cubrimiento del material pétreo, ni del material de excavación producto de las obras de construcción residencial localizada vientos debajo del punto de muestreo (ver Fotografía 3-10), quedando expuesto a la acción del viento, lo que pudo influir en el incremento de los valores.

Tal como se observa en la Figura 3-48, los valores registrados no son uniformes durante el periodo monitoreado, debido al flujo inconstante de vehículos que transitan sobre la Avenida Calle 17 (principal fuente de emisión) y a las condiciones climáticas, como precipitación, dirección y velocidad del viento, entre otras, las cuales pueden ocasionar un aumento o disminución de la cantidad de material particulado. Ver Tabla 3-55.

Tabla 3-55 Datos registrados PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en 24 horas

Día de Muestra	FECHA		E1	E2
	INICIAL	FINAL	PM10	PM10
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	2019-08-13	2019-08-14	36,74	27,15
2	2019-08-14	2019-08-15	74,24	54,94
3	2019-08-15	2019-08-16	92,45	86,10
4	2019-08-16	2019-08-17	59,30	59,76
5	2019-08-17	2019-08-18	14,50	57,06
6	2019-08-18	2019-08-19	17,98	20,49
7	2019-08-19	2019-08-20	61,10	54,87
8	2019-08-20	2019-08-21	42,59	44,45
9	2019-08-21	2019-08-22	55,17	69,62
10	2019-08-22	2019-08-23	103,34	69,78
11	2019-08-23	2019-08-24	95,79	41,22
12	2019-08-24	2019-08-25	57,38	30,86
13	2019-08-25	2019-08-26	65,59	38,71
14	2019-08-26	2019-08-27	104,19	75,66
15	2019-08-27	2019-08-28	77,96	40,50
16	2019-08-28	2019-08-29	82,60	79,71
17	2019-08-29	2019-08-30	125,74	43,71
18	2019-08-30	2019-08-31	108,97	65,07
Promedio			70,87	53,32
Valor mínimo registrado			14,50	20,49
Valor máximo registrado			125,74	86,10
Nivel máximo permisible 24 horas			75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

Fuente: A partir de información de SIAM S.A.S, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

Figura 3-48 Comportamiento concentraciones PM 10 (24 horas)


Fuente: A partir de información de SIAM S.A.S, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

- Material particulado PM2.5**

La estación de monitoreo E-1 (2019) presenta para el material particulado menor a 2.5 micras (PM2.5), valores superiores a los establecidos por la norma en 4 de los 18 días monitoreados, registrando un máximo valor de 46,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; este valor pudo verse influenciado por el uso de maquinaria en las actividades constructivas vientos debajo de la estación, así como a las vías de gran flujo vehicular, vías pavimentadas y chimeneas industriales cercanas al punto de medición. Por su parte, la estación E-2 (2019) da cumplimiento a la normatividad, presentando valores promedio de 23,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valor máximo registrado de 31,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

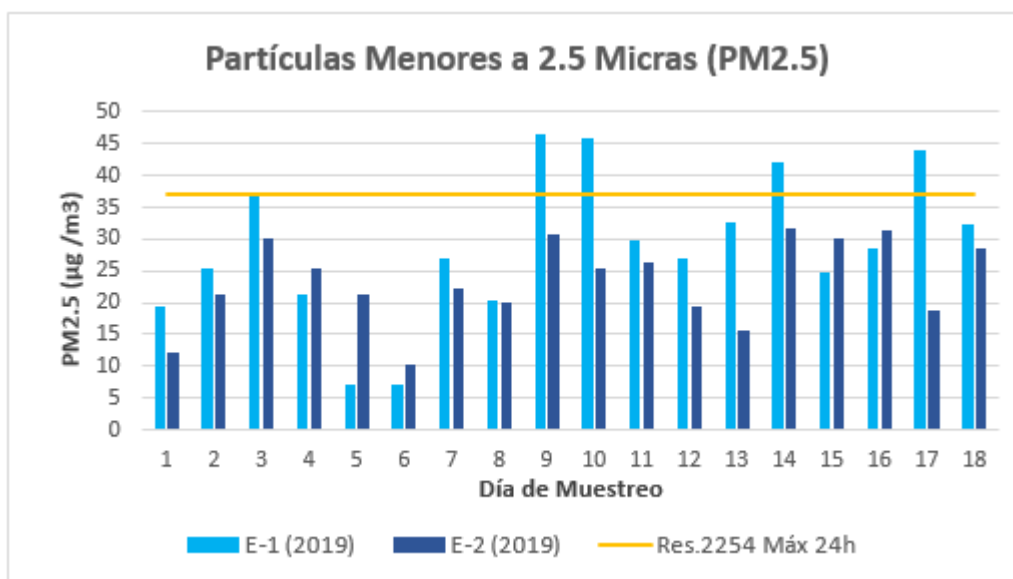
Tabla 3-56 Datos registrados PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en 24 Horas

Mediciones Agosto 2019				
Día de Muestra	FECHA		E1	E2
			PM2.5	PM2.5
	INICIAL	FINAL	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	2019-08-13	2019-08-14	19,24	12,25
2	2019-08-14	2019-08-15	25,40	21,34
3	2019-08-15	2019-08-16	36,62	30,02
4	2019-08-16	2019-08-17	21,37	25,37
5	2019-08-17	2019-08-18	7,10	21,17
6	2019-08-18	2019-08-19	7,15	10,24
7	2019-08-19	2019-08-20	26,98	22,14
8	2019-08-20	2019-08-21	20,37	19,90
9	2019-08-21	2019-08-22	46,38	30,74
10	2019-08-22	2019-08-23	45,90	25,31
11	2019-08-23	2019-08-24	29,69	26,36
12	2019-08-24	2019-08-25	26,89	19,55
13	2019-08-25	2019-08-26	32,62	15,58
14	2019-08-26	2019-08-27	41,99	31,60

Mediciones Agosto 2019				
Día de Muestra	FECHA		E1	E2
	INICIAL	FINAL	PM2.5 µg/m³	PM2.5 µg/m³
15	2019-08-27	2019-08-28	24,84	30,17
16	2019-08-28	2019-08-29	28,67	31,23
17	2019-08-29	2019-08-30	43,86	18,92
18	2019-08-30	2019-08-31	32,33	28,48
Promedio			28,74	23,35
Valor mínimo registrado			7,10	10,24
Valor máximo registrado			46,38	31,60
Nivel máximo permisible 24 horas			37 µg/m³	

Fuente: A partir de información de SIAM S.A.S (2019), modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

Figura 3-49 Comportamiento concentraciones PM 2.5 (24 horas)



Fuente: A partir de información de SIAM S.A.S (2019), modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

• Dióxidos de nitrógeno – NO₂

En la siguiente tabla se presentan los valores diarios de NO₂ registrados para cada estación; es de anotar, que la norma no presenta límite normativo para 24 horas, por lo que no se presenta comparativo con ésta. Los valores horarios obtenidos de NO₂ se encuentran en concentraciones superiores a 200µg/m³, límite máximo estipulado por la normatividad ambiental vigente para un tiempo de exposición horaria; dentro del análisis estadístico se pudo observar que la concentración más alta registrada fue el día 29 de agosto con una concentración de 329,2 µg/m³ para la estación 1 (E1) y 254,5 µg/m³ para la estación 2 (E2), en este mismo día, lo cual se puede atribuir al alto flujo vehicular en las vías en la zona y las chimeneas industriales ubicadas en el área de influencia. Ver Figura 3-50, Figura 3-51 y Figura 3-52.

Tabla 3-57 Datos registrados NO₂ (µg/m³) en 24 horas

Día de Muestra	FECHA		E1	E2
	INICIAL	FINAL	NO2 µg/m ³	NO2 µg/m ³
1	2019-08-13	2019-08-14	0,03	0,03
2	2019-08-14	2019-08-15	0,03	0,03
3	2019-08-15	2019-08-16	0,03	0,03
4	2019-08-16	2019-08-17	0,03	0,02
5	2019-08-17	2019-08-18	0,03	0,03
6	2019-08-18	2019-08-19	0,03	0,03
7	2019-08-19	2019-08-20	0,02	0,02
8	2019-08-20	2019-08-21	0,03	0,03
9	2019-08-21	2019-08-22	29,71	20,12
10	2019-08-22	2019-08-23	38,40	104,82
11	2019-08-23	2019-08-24	16,32	27,53
12	2019-08-24	2019-08-25	66,41	4,51
13	2019-08-25	2019-08-26	30,28	47,00
14	2019-08-26	2019-08-27	43,30	77,22
15	2019-08-27	2019-08-28	77,86	102,79
16	2019-08-28	2019-08-29	52,14	63,04
17	2019-08-29	2019-08-30	107,03	133,66
18	2019-08-30	2019-08-31	95,22	113,36
Promedio			30,94	38,57
Valor mínimo registrado			0,02	0,02
Valor máximo registrado			107,03	133,66
Nivel máximo permisible 1 hora			200 µg/m ³	

Fuente: A partir de información de SIAM S.A.S, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

A continuación (Tabla 3-58 y Tabla 3-59) se presentan los datos en partes por billón (ppb) registradas de manera horaria para el contaminante criterio NO₂. En el **Anexo Cap 3, 3.2 Abiótico, Atmósfera, Aire, Anexos, 8. Información Horaria**, se puede consultar los datos horarios de las concentraciones registradas para este parámetro.

Tabla 3-58 Datos horarios de NO₂ registrados Estación 1 (E1)

	2019-08-13	2019-08-14	2019-08-15	2019-08-16	2019-08-17	2019-08-18	2019-08-19	2019-08-20	2019-08-21	2019-08-22	2019-08-23	2019-08-24	2019-08-25	2019-08-26	2019-08-27	2019-08-28	2019-08-29	2019-08-30
Tiempo	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
01:00	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	26,8	11,9	53,1	19,3	26,6	57,5	34,6	80,6	69,5
02:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7	29,5	19,4	45,7	23,8	21,5	56,4	39,4	79,3	74,3
03:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,5	25,7	10,4	55,9	27,6	19,9	62,8	41,1	85,2	75,9
04:00	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,6	31,4	5,7	57,8	29,0	23,3	59,9	31,5	79,8	73,2
05:00	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1	33,5	16,2	49,0	23,7	29,3	61,8	34,2	82,0	72,9

	2019-08-13	2019-08-14	2019-08-15	2019-08-16	2019-08-17	2019-08-18	2019-08-19	2019-08-20	2019-08-21	2019-08-22	2019-08-23	2019-08-24	2019-08-25	2019-08-26	2019-08-27	2019-08-28	2019-08-29	2019-08-30
Tiempo	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
06:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	26,3	6,4	42,0	19,8	26,4	58,3	47,1	84,5	77,3
07:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	25,1	28,1	4,4	45,9	20,2	29,2	66,8	41,1	78,4	75,7
08:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,8	32,1	15,8	56,2	22,4	33,2	59,9	42,9	84,6	78,7
09:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,6	25,1	15,9	56,7	25,1	38,8	57,2	44,2	79,4	78,5
10:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	27,7	9,2	53,5	21,2	26,5	63,3	42,5	89,5	75,8
11:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	24,9	13,3	51,0	30,5	35,0	59,4	45,6	78,2	68,4
12:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,8	29,6	17,8	44,8	28,2	29,5	62,4	46,0	81,2	71,2
13:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2	29,0	13,6	58,7	16,2	25,2	55,5	29,0	80,7	73,7
14:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	27,0	18,5	65,4	19,4	28,2	63,2	41,0	82,0	75,8
15:00	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	25,8	12,9	45,3	29,9	29,2	54,7	34,8	81,2	65,2
16:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	22,4	7,1	43,7	20,7	24,5	59,2	37,6	85,5	71,8
17:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	26,2	24,2	10,6	40,6	16,2	36,2	54,5	43,4	79,5	75,9
18:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,3	29,0	6,1	42,4	23,7	17,4	59,7	45,4	85,0	70,2
19:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,1	36,8	10,7	55,7	21,2	27,7	59,6	34,0	82,0	61,2
20:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	32,4	9,9	54,9	22,6	29,2	55,8	39,0	78,0	74,5
21:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,9	28,2	14,8	45,6	23,1	28,0	57,8	40,0	79,0	72,5
22:00	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,2	33,5	18,2	43,1	18,7	28,9	56,3	34,2	78,3	72,5
23:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	38,7	9,2	56,8	21,1	28,9	52,3	47,1	83,0	66,8
00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2	30,6	19,6	47,2	27,0	33,4	58,8	40,5	80,0	68,9
Promedio	0,02	0,0	0,02	0,0	0,02	0,02	0,01	0,02	22,4	29,1	12,4	50,5	22,9	28,2	58,9	39,8	81,5	72,5

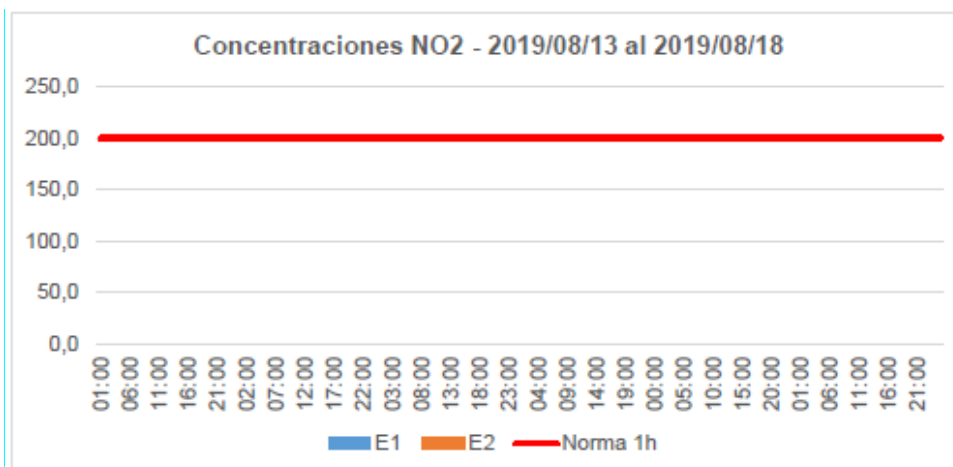
Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

Tabla 3-59 Datos horarios de NO₂ registrados Estación 2 (E2)

	2019-08-13	2019-08-14	2019-08-15	2019-08-16	2019-08-17	2019-08-18	2019-08-19	2019-08-20	2019-08-21	2019-08-22	2019-08-23	2019-08-24	2019-08-25	2019-08-26	2019-08-27	2019-08-28	2019-08-29	2019-08-30
Tiempo	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
01:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	37,8	10,3	1,4	19,0	34,3	46,0	11,8	47,4	41,6
02:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	35,1	9,6	1,3	23,8	35,2	28,8	16,2	57,8	47,2
03:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	32,3	11,5	1,5	22,2	36,6	37,7	23,2	49,6	46,4
04:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	48,8	17,5	1,3	20,4	32,1	37,0	25,6	68,9	45,0
05:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	39,9	16,7	1,4	19,2	25,0	30,4	18,8	51,3	51,3
06:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	40,2	15,4	1,1	29,5	33,2	34,8	24,6	41,5	57,7

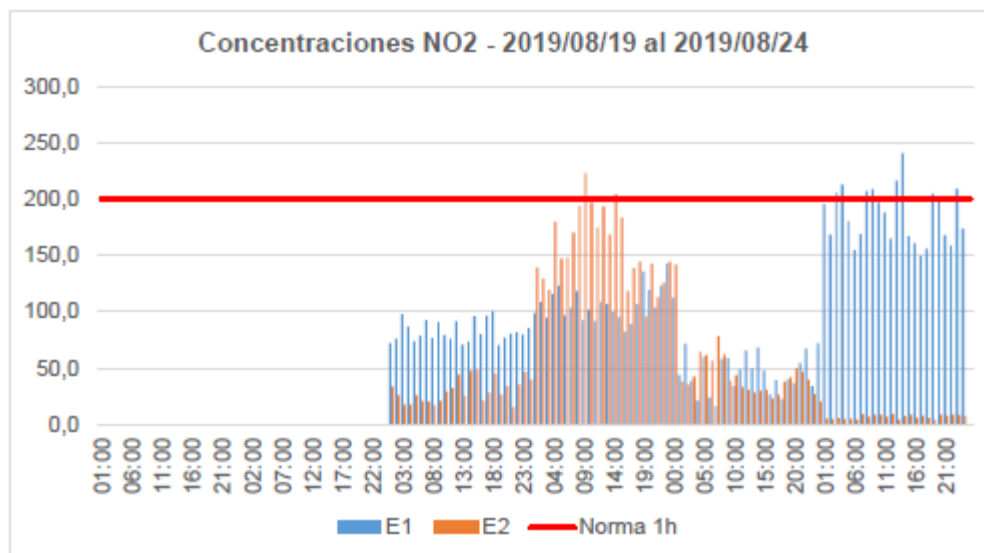
	2019-08-13	2019-08-14	2019-08-15	2019-08-16	2019-08-17	2019-08-18	2019-08-19	2019-08-20	2019-08-21	2019-08-22	2019-08-23	2019-08-24	2019-08-25	2019-08-26	2019-08-27	2019-08-28	2019-08-29	2019-08-30
Tiempo	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
07:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	46,2	21,2	2,5	34,2	37,7	34,5	34,3	41,8	42,3
08:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	52,6	16,8	1,8	36,1	34,4	55,6	25,3	44,1	43,0
09:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	60,5	10,4	2,4	19,6	27,2	43,9	30,6	57,2	49,0
10:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	53,4	11,9	2,4	9,9	39,2	43,8	24,0	57,9	55,8
11:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	47,4	9,0	1,8	8,1	27,2	56,8	37,8	67,2	53,8
12:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	52,5	8,2	2,5	7,7	22,1	50,1	38,9	59,9	46,7
13:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	45,8	7,6	1,1	8,7	28,0	56,9	29,1	69,2	58,7
14:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	55,5	8,1	2,0	6,4	24,4	53,7	22,9	53,5	47,2
15:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	49,8	8,4	2,4	9,3	29,6	49,5	25,7	55,8	39,2
16:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	32,1	6,2	1,6	6,2	22,0	58,1	22,3	56,3	44,5
17:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	37,7	7,1	2,1	7,9	32,6	46,9	31,3	41,3	34,8
18:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	39,2	10,3	1,5	15,2	32,4	44,4	32,5	43,1	44,6
19:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	25,9	11,4	1,1	17,0	39,3	35,9	30,6	63,9	45,8
20:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	38,7	13,5	2,3	21,3	34,8	30,8	22,5	68,9	46,1
21:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	30,7	12,7	2,1	28,9	23,3	37,0	30,2	41,2	38,8
22:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	34,2	10,8	2,3	31,0	28,8	29,5	21,6	61,6	33,2
23:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	39,2	7,3	2,2	27,5	28,3	21,6	17,7	45,7	45,7
00:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	38,5	5,4	2,0	26,2	39,2	32,5	14,1	48,2	42,5
Promedio	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	8,1	42,3	11,1	1,8	19,0	31,1	41,5	25,5	53,9	45,9

Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

Figura 3-50 Registro horario NO₂ – 13 al 18 de agosto 2019


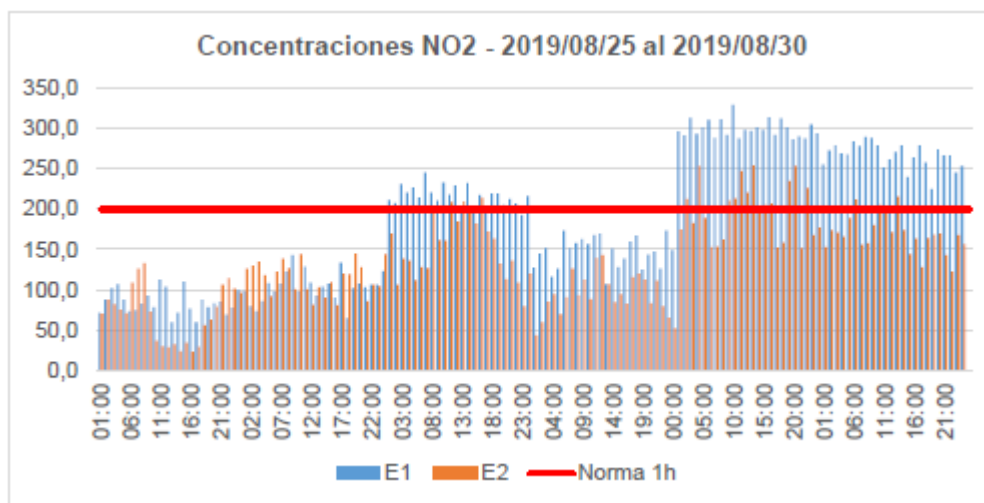
Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

Figura 3-51 Registro horario NO₂ – 19 al 24 de agosto 2019



Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

Figura 3-52 Registro horario NO₂ – 25 al 30 de agosto 2019



Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

- **Óxidos de azufre – SO₂**

En general los valores obtenidos de SO₂ en la estación de monitoreo se encuentran en concentraciones inferiores al estándar máximo permisible dado por la normatividad ambiental vigente, siendo para un tiempo de exposición de 24 horas. Se podría asegurar que en lo que refiere a este contaminante no se sobrepasara en ninguna época del año el límite fijado por la norma. En la Estación E1 el valor promedio de SO₂ fue de 1,64

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ con valor máximo de $4,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un mínimo de $0,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la Estación E2 el valor promedio de SO_2 fue de $8,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con valor máximo de $11,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un mínimo de $5,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ver Figura 3-53).

Mediante la verificación histórica de información secundaria relacionada con la medición de SO_2 en la ciudad de Bogotá, se pudo establecer que las concentraciones de este se mantienen por debajo de los límites máximos permisibles³⁸; de igual manera, durante las mediciones se ratificó que los registros de SO_2 en 24 Horas no superaran el límite máximo establecido en la resolución 2254 de 2017, teniendo en cuenta dichas condiciones, se consideró innecesario realizar monitoreos horarios para la evaluación de dicho componente.

En la Tabla 3-60 se presentan los valores diarios registrados en cada una de las estaciones de monitoreo.

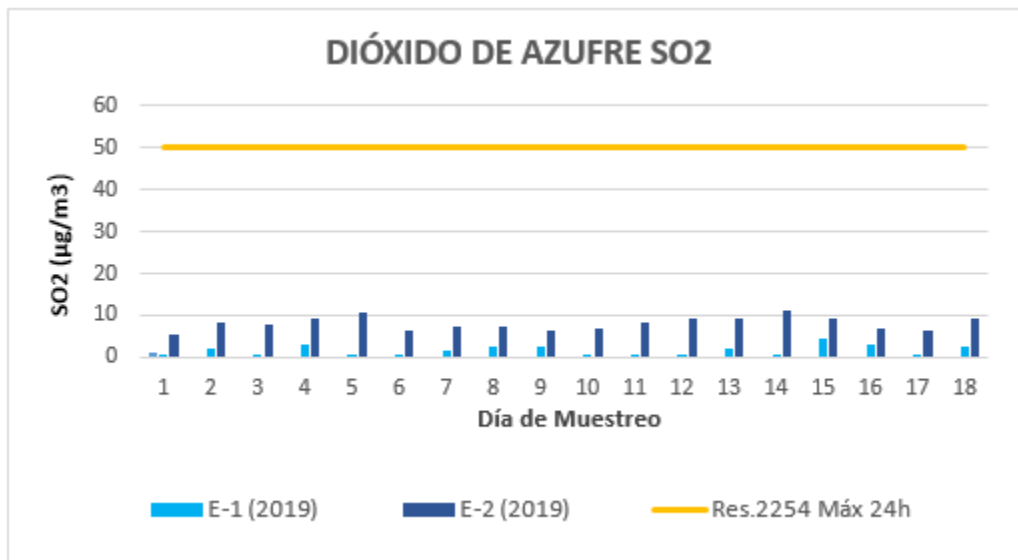
Tabla 3-60 Datos registrados SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24 horas

Mediciones Agosto 2019				
Día de Muestra	FECHA		E1	E2
			SO_2	SO_2
	INICIAL	FINAL	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	2019-08-13	2019-08-14	0,64	5,55
2	2019-08-14	2019-08-15	1,88	8,10
3	2019-08-15	2019-08-16	0,63	7,96
4	2019-08-16	2019-08-17	3,11	9,48
5	2019-08-17	2019-08-18	0,65	10,90
6	2019-08-18	2019-08-19	0,65	6,37
7	2019-08-19	2019-08-20	1,85	7,50
8	2019-08-20	2019-08-21	2,49	7,53
9	2019-08-21	2019-08-22	2,50	6,22
10	2019-08-22	2019-08-23	0,65	6,89
11	2019-08-23	2019-08-24	0,65	8,28
12	2019-08-24	2019-08-25	0,66	9,40
13	2019-08-25	2019-08-26	1,92	9,35
14	2019-08-26	2019-08-27	0,66	11,26
15	2019-08-27	2019-08-28	4,32	9,26
16	2019-08-28	2019-08-29	3,11	6,67
17	2019-08-29	2019-08-30	0,66	6,25
18	2019-08-30	2019-08-31	2,50	9,42
Promedio			1,64	8,13
Valor mínimo registrado			0,63	5,55
Valor máximo registrado			4,32	11,26
Nivel máximo permisible 24 horas			50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

Fuente: A partir de información de SIAM S.A.S, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

³⁸ Secretaría Distrital de Ambiente, Dirección de Control Ambiental, Subdirección de Calidad de Aire, Auditiva y Visual-SCAAV, Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá-RMCAB. Informes Mensuales de Calidad del Aire en Bogotá 2018 a mayo de 2019.

Figura 3-53 Comportamiento concentraciones SO₂ diario

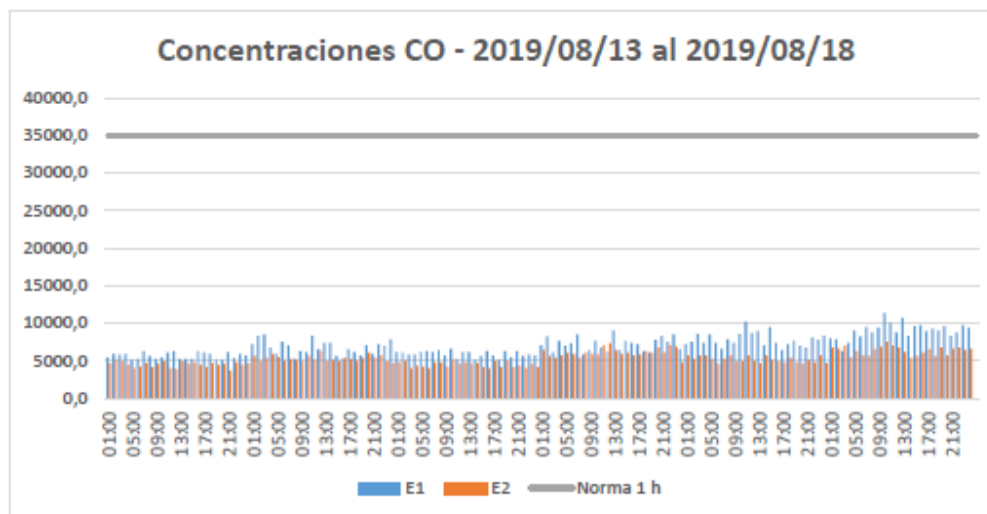


Fuente: A partir de información de SIAM S.A.S, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

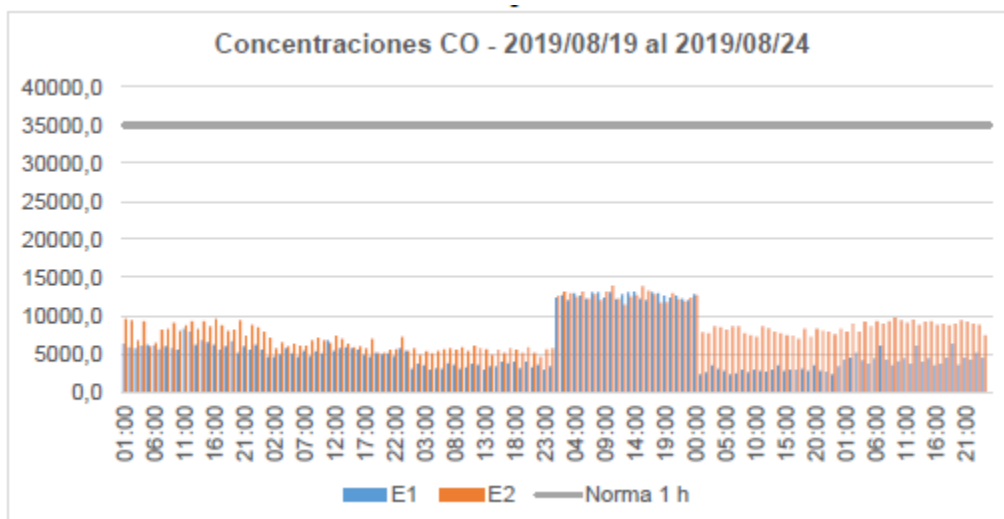
- Monóxido de carbono - CO**

En general, los valores horarios obtenidos de CO se encuentran en concentraciones inferiores a 35000µg/m³, límite máximo estipulado por la normatividad ambiental vigente para un tiempo de exposición horaria; dentro del análisis estadístico se puede observar que la concentración más alta registrada fue el día 22 de agosto con una concentración de 13942,9 µg/m³, lo que hace demostrar que las emisiones producidas por el paso de vehículos y actividades propias de la zona no representan riesgo a la salud de ninguno de los expuestos. Ver Figura 3-54, Figura 3-55 y Figura 3-56.

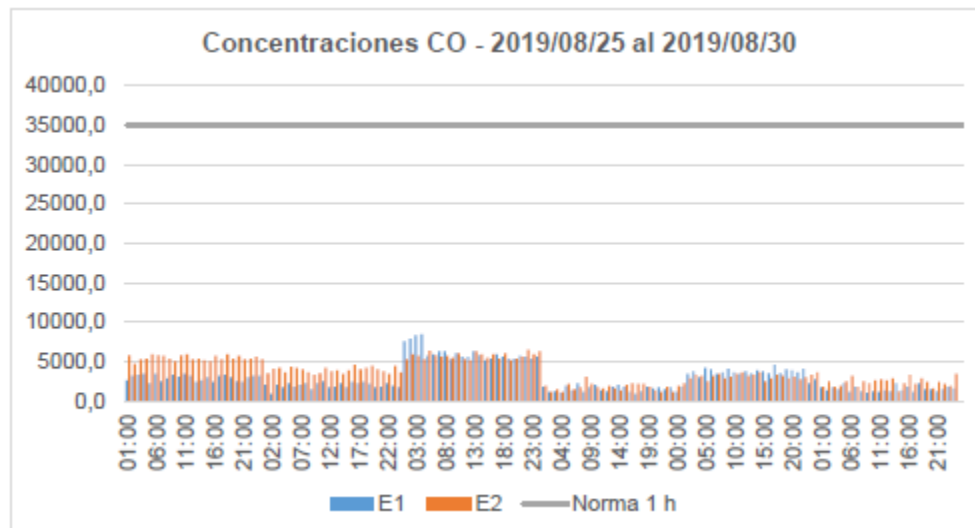
Figura 3-54 Registro horario CO – 13 al 18 de agosto



Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

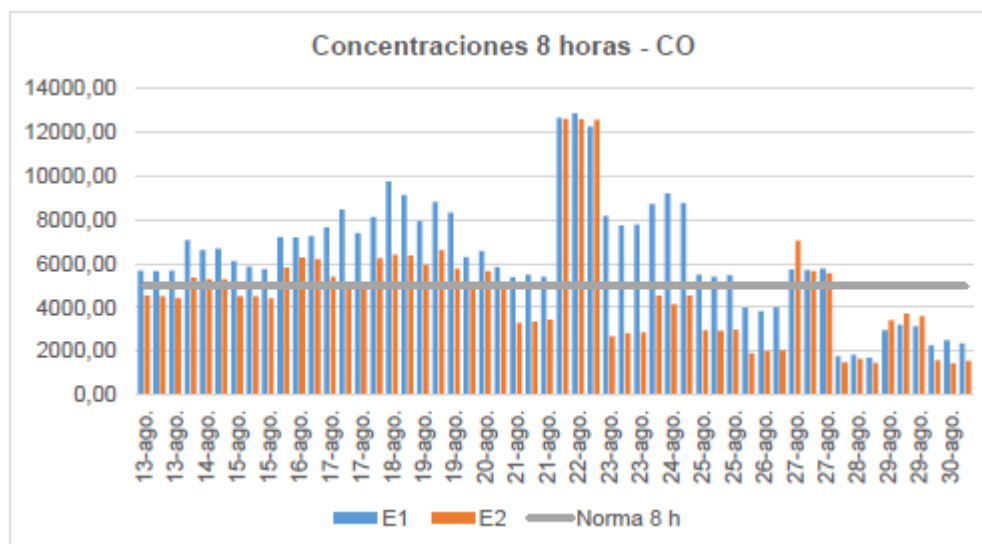
Figura 3-55 Registro horario CO – 19 al 24 de agosto


Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

Figura 3-56 Registro Horario CO – 25 al 30 de agosto


Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

Las mediciones de monóxido de carbono (8 horas) tomadas en las estaciones de monitoreo, no superan el valor límite reportado en la resolución 2254 de 2017 ($5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), para dicho contaminante (ver Figura 3-57). Dentro del análisis estadístico se puede observar que la concentración más alta registrada para las dos estaciones de monitoreo fue el día 22 de agosto con una concentración de $12871,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la estación 1 (E1) y $12600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la estación 2 (E2), lo cual se puede atribuir al alto flujo vehicular en las vías en la zona y las chimeneas industriales ubicadas en el área de influencia. En el **Anexo Cap 3, 3.2 Abiótico, Atmósfera, Aire, Anexo, 8. Información Horaria**, se presentan los datos horarios y la media móvil para el monóxido de carbono.

Figura 3-57 Registro octohorario CO


Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

- **Ozono O₃**

Los valores octohorarios obtenidos de O₃ se encuentran en concentraciones superiores a 100µg/m³, límite máximo estipulado por la normatividad ambiental vigente para un tiempo de exposición Octohoraria; dentro del análisis estadístico se puede observar que la concentración más alta registrada fue el día 16 de agosto con una concentración de 127,59 µg/m³ para la estación 1 y 119,36 µg/m³ para la estación 2, en este mismo día. Ver Figura 3-58.

En el **Anexo Cap 3, 3.2 Abiótico, Atmósfera, Aire, Anexo, 8. Información Horaria**, se presentan los datos horarios y la media móvil para el Ozono O₃.

En la Tabla 3-61 se presentan los valores promedio registrados para los puntos de monitoreo.

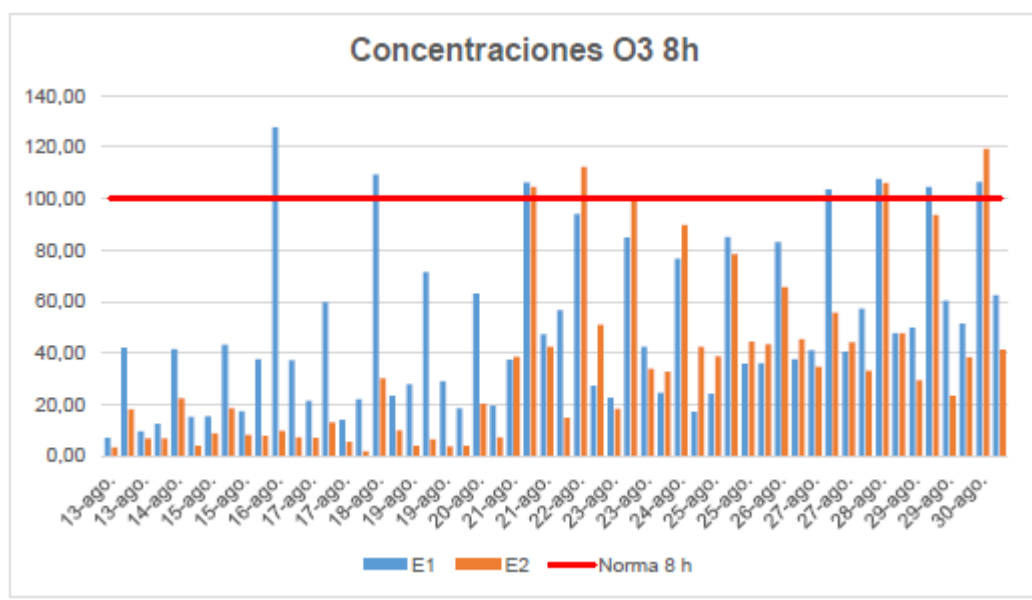
Tabla 3-61 Datos representativos O₃ (µg/m³)

Mediciones Agosto 2019				
Día de Muestra	FECHA		E1	E2
			O ₃	O ₃
	INICIAL	FINAL	µg/m ³	µg/m ³
1	2019-08-13	2019-08-14	26,56	12,69
2	2019-08-14	2019-08-15	30,24	14,30
3	2019-08-15	2019-08-16	33,25	15,52
4	2019-08-16	2019-08-17	87,89	10,85
5	2019-08-17	2019-08-18	41,44	10,90
6	2019-08-18	2019-08-19	68,29	18,48
7	2019-08-19	2019-08-20	56,10	6,24
8	2019-08-20	2019-08-21	44,42	13,65

Mediciones Agosto 2019				
Día de Muestra	FECHA		E1	E2
	INICIAL	FINAL	O3 µg/m³	O3 µg/m³
9	2019-08-21	2019-08-22	84,42	81,78
10	2019-08-22	2019-08-23	78,08	78,29
11	2019-08-23	2019-08-24	65,65	67,36
12	2019-08-24	2019-08-25	51,77	72,18
13	2019-08-25	2019-08-26	64,00	70,81
14	2019-08-26	2019-08-27	68,70	68,19
15	2019-08-27	2019-08-28	81,70	59,00
16	2019-08-28	2019-08-29	92,75	82,05
17	2019-08-29	2019-08-30	93,96	64,39
18	2019-08-30	2019-08-31	96,50	87,34
Promedio			64,76	46,33
Valor mínimo registrado			26,56	6,24
Valor máximo registrado			96,50	87,34
Nivel máximo permisible 8 horas			100 µg/m3	

Fuente: A partir de información de SIAM S.A.S (2019), modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

Figura 3-58 Registro octohorario de concentraciones de O₃



Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

• Índice de calidad del aire

El índice de calidad del aire –ICA, es un valor adimensional para reportar el estado de la calidad del aire en función de un código de colores al que están asociadas unos efectos generales que deben ser tenidos en cuenta para reducir la exposición a altas concentraciones a la población³⁹. A partir de las concentraciones medidas por

³⁹ MINAMBIENTE, Resolución 2254 de 2017, por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.

la estación de monitoreo de aire, es posible calcular un valor del índice para los contaminante PM10, NOX y CO.

El cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA), se realiza según el modelo desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), el cual consta de un algoritmo de cálculo para la obtención de los subíndices correspondientes a diferentes indicadores de la calidad del aire, este algoritmo involucra la utilización de funciones segmentadas basadas en dos puntos (rango). La ecuación será calculada para cada contaminante criterio, reportando el mayor valor del índice que se obtenga.

Los ICA se obtuvieron mediante los promedios aritméticos que se establecieron por derivación del análisis estadístico aplicado a los datos resultantes del muestreo realizado en el área de estudio, los cuales se presentan con sus respectivos colores y descriptores a continuación.

$$ICA = \frac{I_{HI} - I_{LO}}{BP_{HI} - BP_{LO}} * (C_i - BP_{LO}) + I_{LO}$$

ICA = Índice de calidad del aire

I_{LO} = Valor del índice en el límite inferior de la categoría del ICA

I_{HI} = Valor del índice en el límite superior de la categoría del ICA

BP_{LO} = Punto de quiebre de la concentración en el límite inferior de la categoría del ICA

BP_{HI} = Punto de quiebre de la concentración en el límite superior de la categoría del ICA

C_i = Concentración del contaminante

La clasificación de calidad se realiza mediante la siguiente clasificación.

Tabla 3-62 Puntos de corte del ICA

ICA	COLOR	ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE	PM10 (µg/m³) 24 hrs	PM 2,5 (µg/m³) 24 hrs	CO (µg/m³) 8hrs	SO2 (µg/m³) 1 hr	NO2 (µg/m³) 1 hr	O3 (µg/m³) 8 hr
0-50	Verde	Buena	0 - 54	0-12	0-5094	0-93	0-100	0-106
51-100	Amarillo	Moderada	55 - 154	13-37	5095-10819	94-197	101-189	107-138
101-150	Naranja	Dañina a la salud para grupos sensibles	155 - 254	38-55	10820-14254	198-486	190-677	139-167
151-200	Rojo	Dañina a la salud	255 - 354	56-150	14255-17688	487-797	678-1221	168-207
201-300	Púrpura	Muy dañina a la salud	355 - 424	151-250	17689-34662	798-1583	1222-2349	208-393
301-500	Marrón	Peligrosa	425 - 604	251-500	34863-57703	1584-2629	2350-3853	394

Fuente: Resolución 2254 de 2017, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Los Índices de calidad del aire (ICA) se obtuvieron mediante los promedios aritméticos que se establecieron por derivación del análisis estadístico aplicado a los datos resultantes del muestreo de la estación E1 y E2 realizados en el área de estudio.

En la Tabla 3-63 y Tabla 3-64 se caracterizan los ICA de cada parámetro y se selecciona el mayor valor ICA que pueda generar una mayor incidencia en los grupos sensibles y población influenciada. Para el análisis de los ICA de los gases analizados NO₂ y SO₂, la tabla No 06 de la Resolución 2254 de 2017 del MADS, no contempla puntos de corte para concentraciones en µg/m³ para tiempos de exposición de 24 horas.

Tabla 3-63 Índices de calidad del aire en la estación 1 (E1)

Estación 1 – Papa a la Lata						
Fecha	ICA - PM₁₀	ICA – PM_{2.5}	ICA - NO₂	ICA – O₃	ICA - DÍA	Parámetro
2019-08-13	34,02	65,18	0,01	12,53	65,18	PM _{2.5}
2019-08-14	60,92	77,26	0,01	14,26	77,26	PM _{2.5}
2019-08-15	69,84	99,26	0,01	15,68	99,26	PM _{2.5}
2019-08-16	53,60	69,36	0,01	41,46	69,36	PM _{2.5}
2019-08-17	13,43	29,57	0,01	19,55	29,57	PM _{2.5}
2019-08-18	16,64	29,78	0,01	32,21	32,21	Ozono
2019-08-19	54,48	80,35	0,01	26,46	80,35	PM _{2.5}
2019-08-20	39,43	67,40	0,01	20,95	67,40	PM _{2.5}
2019-08-21	51,57	118,39	14,86	39,82	118,39	PM _{2.5}
2019-08-22	75,18	117,44	19,20	36,83	117,44	PM _{2.5}
2019-08-23	71,48	85,67	8,16	30,97	85,67	PM _{2.5}
2019-08-24	52,65	80,17	33,20	24,42	80,17	PM _{2.5}
2019-08-25	56,68	91,41	15,14	30,19	91,41	PM _{2.5}
2019-08-26	75,59	109,78	21,65	32,40	109,78	PM _{2.5}
2019-08-27	62,74	76,17	38,93	38,54	76,17	PM _{2.5}
2019-08-28	65,02	83,66	26,07	43,75	83,66	PM _{2.5}
2019-08-29	86,15	113,44	54,87	44,32	113,44	PM _{2.5}
2019-08-30	77,94	90,85	47,61	45,52	90,85	PM _{2.5}

Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

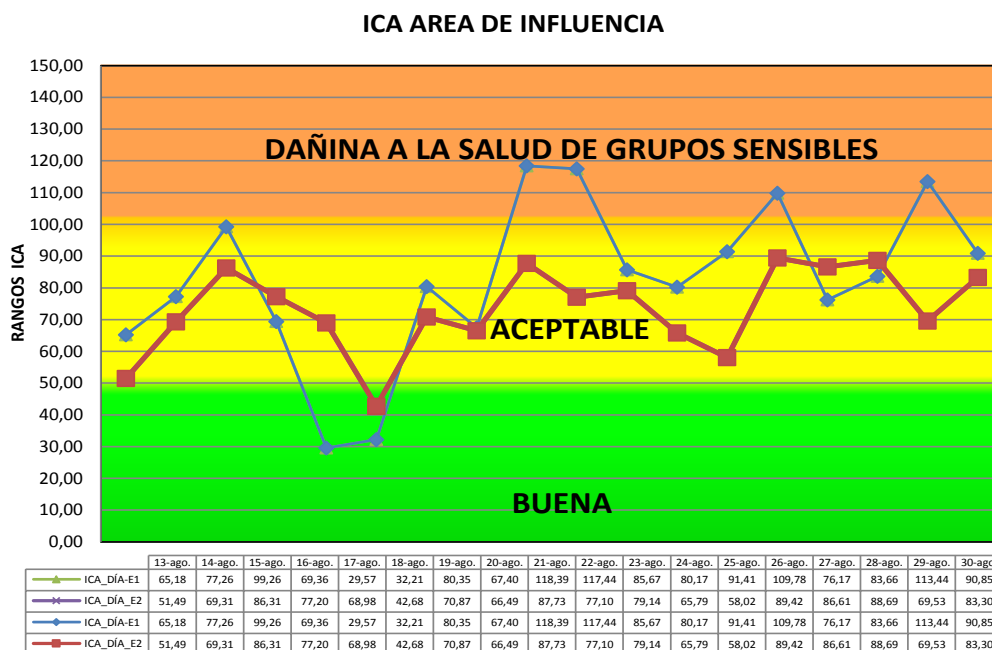
Tabla 3-64 Índices de calidad del aire en la estación 2 (E2)

Estación 2- Edificio						
Fecha	ICA - PM₁₀	ICA – PM_{2.5}	ICA - NO₂	ICA – O₃	ICA - DÍA	Parámetro
2019-08-13	25,14	51,49	0,01	5,99	51,49	PM _{2.5}
2019-08-14	51,46	69,31	0,01	6,75	69,31	PM _{2.5}
2019-08-15	66,73	86,31	0,01	7,32	86,31	PM _{2.5}
2019-08-16	53,82	77,20	0,01	5,12	77,20	PM _{2.5}
2019-08-17	52,50	68,98	0,01	5,14	68,98	PM _{2.5}
2019-08-18	18,97	42,68	0,01	8,72	42,68	PM _{2.5}
2019-08-19	51,43	70,87	0,01	2,94	70,87	PM _{2.5}
2019-08-20	41,16	66,49	0,01	6,44	66,49	PM _{2.5}
2019-08-21	58,65	87,73	10,06	38,58	87,73	PM _{2.5}
2019-08-22	58,73	77,10	53,66	36,93	77,10	PM _{2.5}

Estación 2- Edificio						
Fecha	ICA - PM₁₀	ICA - PM_{2.5}	ICA - NO₂	ICA - O₃	ICA - DÍA	Parámetro
2019-08-23	38,16	79,14	13,77	31,77	79,14	PM _{2.5}
2019-08-24	28,58	65,79	2,26	34,05	65,79	PM _{2.5}
2019-08-25	35,84	58,02	23,50	33,40	58,02	PM _{2.5}
2019-08-26	61,61	89,42	38,61	32,16	89,42	PM _{2.5}
2019-08-27	37,50	86,61	52,54	27,83	86,61	PM _{2.5}
2019-08-28	63,60	88,69	31,52	38,70	88,69	PM _{2.5}
2019-08-29	40,47	64,56	69,53	30,37	69,53	NO ₂
2019-08-30	56,43	83,30	58,35	41,20	83,30	PM _{2.5}

Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

Los índices de calidad del aire ICA para los parámetros PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂ y O₃ presentan en 3 días un estado de BUENA calidad del aire, 29 días como calidad del aire ACEPTABLE y 4 días como calidad del aire DAÑINA PARA LA SALUD DE GRUPOS SENSIBLES, demostrándose que el área evaluada presenta un riesgo moderado y podría presentar afectación en el estado de salud hacia personal expuesto y población del área de influencia. En la Figura 3-59 se presenta la gráfica de rangos del ICA, con sus respectivos colores y descriptores.

Figura 3-59 Índice de calidad del Aire - ICA


Fuente: SIAM Ingeniería S.A.S. 2019

3.2.8.3 Ruido

Con el fin de determinar los niveles de presión sonora que se presentan actualmente en el área de influencia directa e indirecta del proyecto, se efectuaron tres mediciones de los niveles de presión sonora, de acuerdo con la metodología establecida en el Anexo III de la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy MADS, por la cual se establece la Norma Nacional de Ruido Ambiental.

El Monitoreo de ruido ambiental se realizó, los días 25 y 26 de marzo de 2018, por el laboratorio Consultoría y Servicios Ambientales CIAN Ltda., acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, por Resolución 2050 del 12 de septiembre de 2017.

Para el análisis de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, se seleccionaron tres (3) puntos de monitoreo de tal forma que se pudiera realizar un diagnóstico del ambiente por ruido, lo cual permite identificar zonas críticas. Para esto se utilizó una grilla preestablecida del área del proyecto, la cual permite la localización estratégica de los puntos de monitoreo en el área de interés de manera equidistante, siendo esta menor a 245 metros entre sí. El establecimiento de la grilla se encuentra reglamentado en la Resolución 627 del 7 de abril de 2006 (Capítulo III).





Se realizó además un recorrido del área con el fin de establecer las condiciones más óptimas para la medición, con relación a la seguridad para quienes desarrollaron la labor de campo, las distancias y ubicación de los puntos respecto de fachadas. Ubicando de esta manera los puntos de monitoreo a partir de la localización de zonas residenciales y espacios públicos más cercanos, así como las fuentes de ruido principales, cubriendo la distribución espacial de las posibles zonas que se encuentran bajo la influencia de una presión sonora. En el **Anexo Cap. 3, 3.2 Abiótico, Atmosfera, Ruido, TE-IF-583-18**, se puede consultar de manera detallada el informe de la medición realizada, de igual manera, en el **Anexo Cap. 3, 3.2 Abiótico, Atmosfera, Ruido, Anexos** se presentan los anexos de formatos de campo, calibración, entre otros, del monitoreo de ruido realizado.

El monitoreo se realizó durante el horario diurno y nocturno de los días hábil (26 marzo) y festivo (25 de marzo). En la Tabla 3-65 se presenta el registro fotográfico y georreferenciación de los puntos de monitoreo, mientras que en la Figura 3-64 se aprecia su ubicación con relación a las áreas de influencia del proyecto.

- El primer punto para el monitoreo de emisión de ruido (R1) se ubicó en frente de la entrada al lote bajo estudio, cerca de la Avenida Centenario (Calle 17).
- El segundo lugar (R2) de este sector se localizó en un parque cercano, ubicado entre las calles 16C y 16D, y entre carreras 79C y 79D, el cual está rodeado de varias industrias, especialmente avícolas.
- El tercer sitio de monitoreo (R3) se situó en la esquina sur del parque que hay en el costado suroriental de la Avenida Centenario con Avenida Agoberto Mejía.

Tabla 3-65 Puntos de medición de ruido ambiental

PUNTO	SITIO MONITOREO	COORDENADA MAGNA SIRGAS BOGOTÁ	
		ESTE	NORTE
R1	Entrada lote Codensa	994058,008	1006362,92

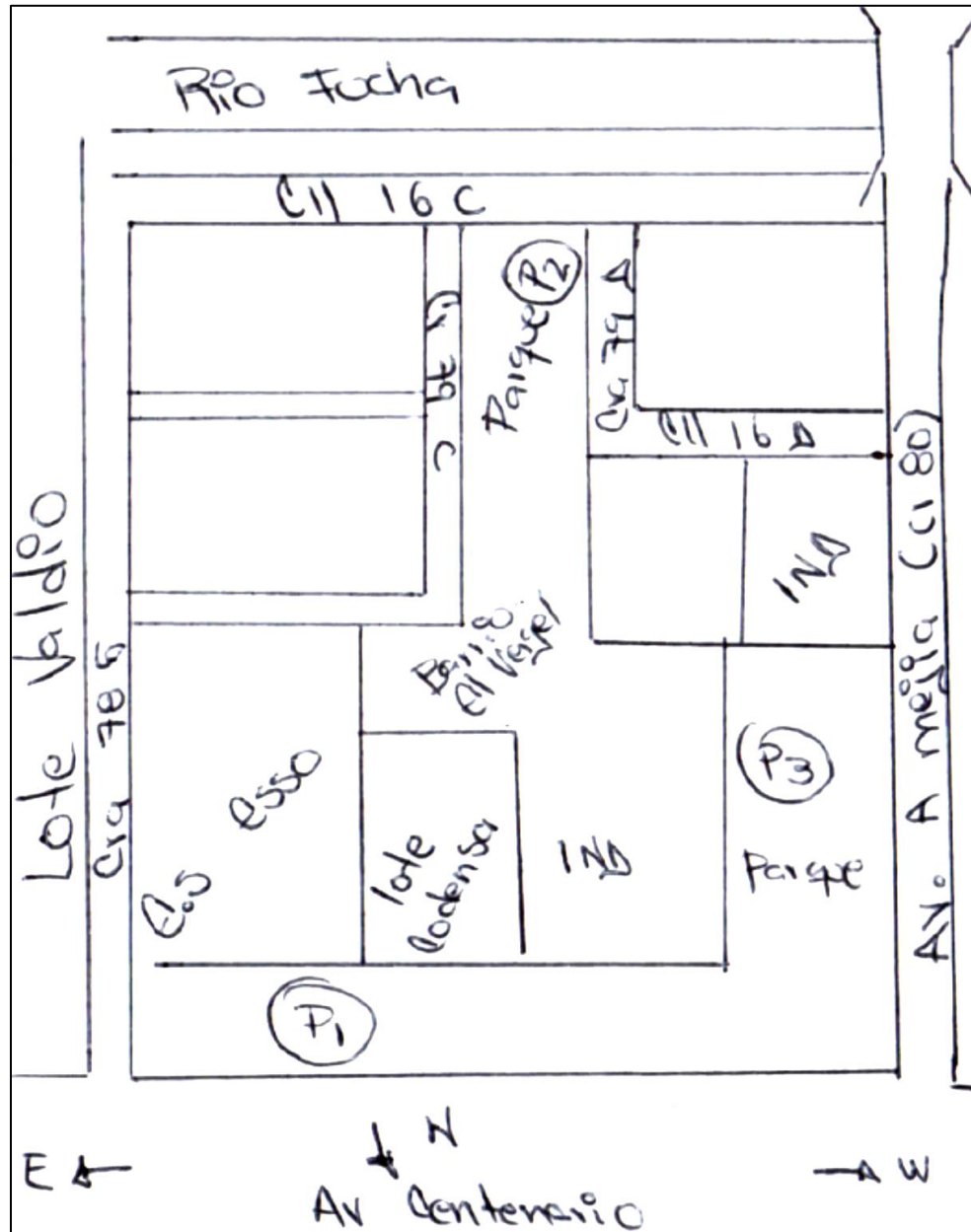
PUNTO	SITIO MONITOREO	COORDENADA MAGNA SIRGAS BOGOTÁ	
		ESTE	NORTE
	 <p>Monitoreo Diurno</p>	 <p>Monitoreo Nocturno</p>	
	<p>Acabados de la superficie: Pastos</p> <p>Geometría: Se ubicó el punto de monitoreo en la entrada del lote Codensa.</p> <p>Barreras: Muro perimetral del lote (6m).</p> <p>Método de control: El principal aporte de ruido proviene del tránsito vehicular de la Av. Centenario o Calle 17, que no cuenta con ningún método de control.</p>		
	Parque Calle 16C Carrera 79D	993835,474	1006265,25
R2	 <p>Monitoreo Diurno</p>	 <p>Monitoreo Nocturno</p>	
	<p>Acabados de la superficie: Adoquín</p> <p>Geometría: Se ubicó el punto de monitoreo en el parque en la parte posterior de donde se ubica una cancha de microfútbol entre la Calle 16 C y Carrera 79 D.</p> <p>Barreras: Árboles en dirección Nor-Oriental y oriental (7m).</p> <p>Método de control: Las fuentes de aporte de ruido fueron tráfico vehicular, actividad industrial de la zona, bocinas y frenos de vehículos de carga pesada y personas hablando y/o jugando, el ruido que se genera dentro de las empresas que realizan actividades industriales cuentan con un método de control indirecto por aislamiento puesto que sus paredes actúan como barreras, en cuanto a las demás actividades que generan ruido, es de anotar que, no cuentan con método de control.</p>		
R3	Parque Avenida Centenario Carrera 80	993841,651	1006429,28

PUNTO	SITIO MONITOREO	COORDENADA MAGNA SIRGAS BOGOTÁ	
		ESTE	NORTE
	 <p>Monitoreo Diurno</p>	 <p>Monitoreo Nocturno</p>	
<p>Acabados de la superficie: Adoquín</p> <p>Geometría: Se ubicó el punto de monitoreo en el Parque ubicado entre la Avenida Centenario y la Carrera 80.</p> <p>Barreras: Árbol direccion Sur-Oriente (10m)</p> <p>Método de control: Las fuentes de aporte de ruido fueron tráfico vehicular, actividad industrial de la zona, bocinas y frenos de vehículos de carga pesada y personas hablando, el ruido que se genera dentro de las empresas que realizan actividades industriales cuentan con un método de control indirecto por aislamiento puesto que sus paredes actúan como barreras, en cuanto a las demás actividades que generan ruido, es de anotar que, no cuentan con método de control.</p>			

Fuente: CIAN Ltda., 2018

A continuación, se presenta el croquis para los puntos monitoreados, donde se presenta la posición de las fuentes sonoras, objetos relevantes y puntos de observación y medición (ver **Anexo Cap. 3, 3.2 Abiótico, Atmosfera, Ruido, Anexos, 6. Formatos campo**).

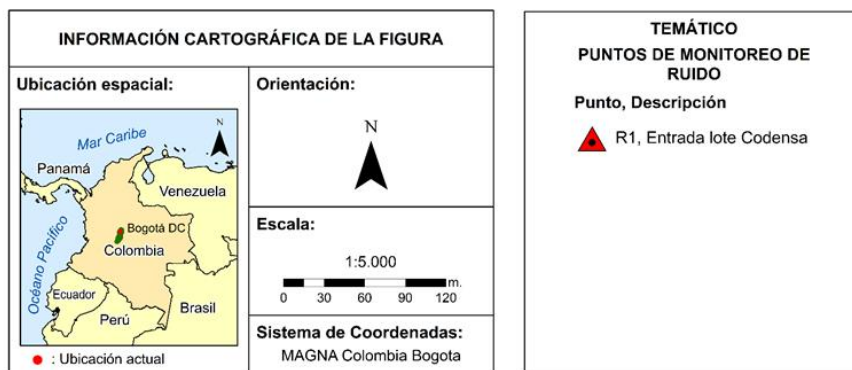
Figura 3-60 Croquis general de los puntos de monitoreo



Fuente: CIAN Ltda., 2018

Como se observa en la Figura 3-61 el punto de monitoreo y observación corresponde al símbolo en forma de triángulo rojo denominado R1; la fuente de ruido es el tráfico vehicular, por la avenida, la carrera 78G y por los vehículos que ingresan a la Estación de servicio; de igual manera, como se observa en la foto ubicada en la parte superior izquierda, el muro perimetral del predio de la SE Terminal actuó como barrera durante el monitoreo.

Figura 3-61 Croquis punto de monitoreo R1



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

Como se observa en la Figura 3-62 el punto de monitoreo y observación corresponde al símbolo en forma de triángulo rojo denominado R2; la fuente de ruido actividad industrial de la zona (e.j.: pollo olympico), bocinas y frenos de vehículos de carga pesada y personas hablando y/o jugando en la cancha; como barreras se encontraron algunos árboles y/o arbustos.

Figura 3-62 Croquis punto de monitoreo R2

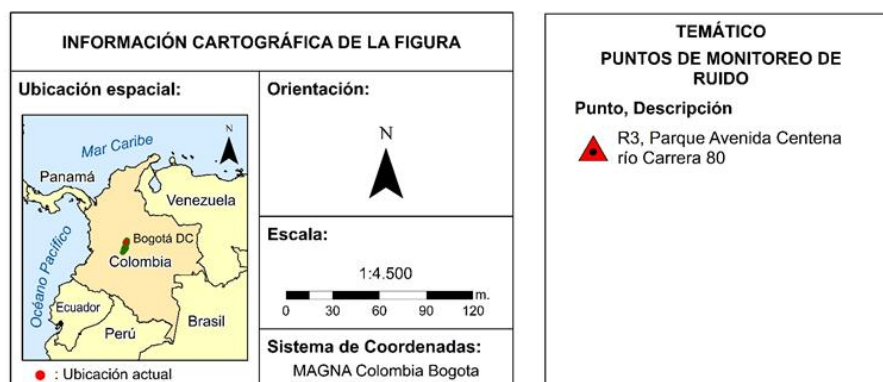


Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

Como se observa en la Figura 3-63 el punto de monitoreo y observación corresponde al símbolo en forma de triángulo rojo denominado R3; la fuente de ruido actividad industrial de la zona (e.j.: Chaneme Comercial S.A),

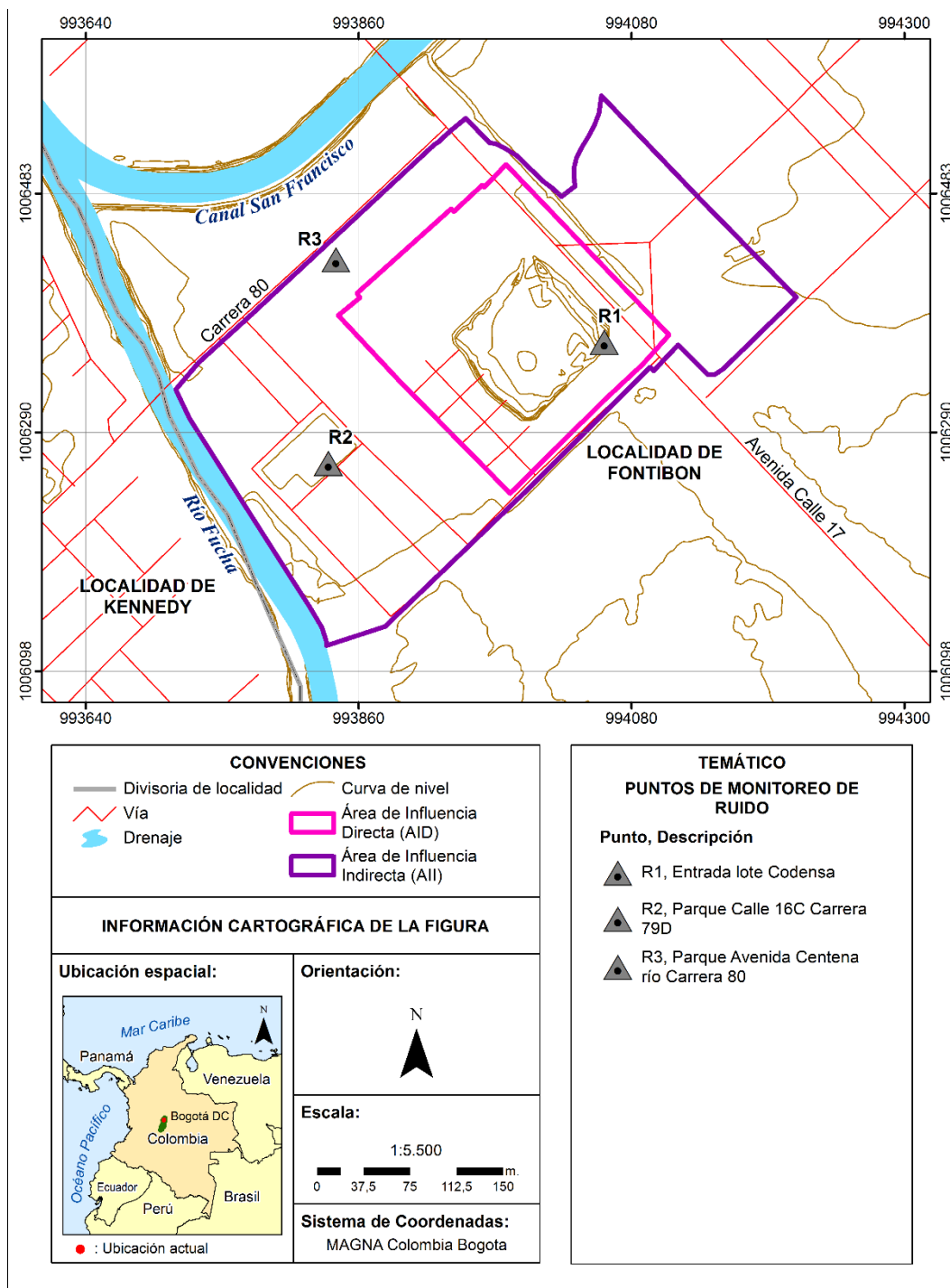
bocinas y frenos de vehículos de carga pesada y personas hablando; como barreras se encontraron algunos árboles.

Figura 3-63 Croquis punto de monitoreo R3



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2019

Figura 3-64 Localización de los puntos de medición ruido ambiental (AII y AID)



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Para el desarrollo del monitoreo en la zona de interés, es necesario tener en cuenta una serie de situaciones o condiciones que se presentan al momento de realizar una medición de ruido ambiental, con el fin de que esta se realice adecuadamente y garantice la toma de la información completa y acorde a lo solicitado por la normatividad⁴⁰, entre las principales recomendaciones se encuentran las características meteorológicas de la zona de estudio, las cuales se obtuvieron y registraron en campo. En la Tabla 3-66 se presentan las condiciones principales registradas:

Tabla 3-66 Promedios diarios registrados por la estación meteorológica

FECHA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)		PRECIPITACIÓN (mm)
			Jornada Diurna	Jornada Nocturna	
25/03/2018	16,5	65	1,24	1,32	0
26/03/2018	17,2	67	1,51	1,45	0

Fuente: CIAN Ltda., 2018

- **Presión Atmosférica:** 565,44 mm Hg
- **Altura Media:** 2560 msnm
- **Velocidad del viento:** Con ayuda de un anemómetro se comprobó que los vientos en esta zona tuvieron algunos picos sobre 3.0 m/s, por lo que se decidió mantener puesta la pantalla contravientos durante todo el tiempo de las mediciones.

3.2.8.3.1 Fuentes de generación de ruido

Los puntos de medición establecidos para el desarrollo del monitoreo de ruido ambiental presentan en cada uno la influencia de diferentes fuentes de emisión de ruido, las cuales afectan en cierta medida los resultados de las mediciones de los niveles de presión sonora equivalente, así como los ajustes por componentes tonales o impulsivos, pues muchas de estas fuentes de ruido presentan comportamientos que generan componentes en la frecuencia del espectro sonoro. A nivel del observador, las principales fuentes sonoras de origen antrópico y natural se presentan en la Tabla 3-67.

Tabla 3-67 Fuentes sonoras ruido ambiental

FUENTE GENERADORA	TIPO DE FUENTE	
	JORNADA DIURNA	JORNADA NOCTURNA
Natural	-	-
Artificial	Tráfico Vehicular	Personas jugando en el parque
	Actividad industrial y comercial de la zona ^{*41}	
	Bocinas y frenos de vehículos de carga pesada	Personas hablando
	Personas hablando	Tránsito vehicular

*tapicería para autos, backoffen industrial, bodegas, Avícola Miluc, Eficacia logística, Pollo Olímpico, Pollo Fiesta, bodega de reciclaje, entre otras.

Fuente: CIAN Ltda., 2018

⁴⁰ Artículo 20 de la Resolución 627 de 2006

⁴¹ En el capítulo 3.4 Caracterización del medio socioeconómico, Numeral 3.4.4.3.2. Procesos productivos y tecnológicos, se presenta en detalle las actividades industriales y comerciales desarrolladas en el área de influencia del proyecto, las cuales son generadoras de ruido.

3.2.8.3.2 Resultados del monitoreo de ruido ambiental

De acuerdo con la legislación ambiental vigente, para comparar los registros de las mediciones de niveles de presión sonora con los estándares máximos permisibles de ruido ambiental, estos se deben corregir según la siguiente ecuación:

$$LRA(X), T = LA(X), T + \text{MAX} \{KI, KT, KR, KS\}$$

Donde:

KI: Ajuste por impulsividad

KT: Ajuste por tonalidad

KR: Ajuste por horario

KS: Ajuste por bajas frecuencias

(X): Alguno de los parámetros de medida

Es importante recalcar que se debe efectuar el mayor de los ajustes, los cuales se calculan en dB(A).

A continuación, se presentan los resultados de la valoración de ruido ambiental, ajustados según la metodología antes expuesta (Ver informe detallado en el **Anexo Cap. 3, 3.2 Abiótico, Atmosfera, Ruido, TE-IF-583-18**).

Esta valoración toma las mediciones en campo del descriptor acústico, nivel Equivalente o Nivel Promedio (LEQ) y el valor estadístico Percentil 90 (L90), en filtro de ponderación A y tiempo de respuesta S (Slow) e impulse (impulsivo), y se presenta el nivel límite según el sector económico y/o uso de suelo.

Tabla 3-68 Resumen de resultados de los niveles de ruido

CODIGO DEL PUNTO	SECTOR SEGÚN RES, 0627/2006	JORNADA DOMINICAL					
		DIURNO			NOCTURNO		
		L _{Aeq} (sin corrección) [dB(A)]	L _{eq} (corregido) dB	L90 dB	L _{Aeq} sin corrección [dB(A)]	L _{eq} (corregido) dB	L90 dB
		DÍA FESTIVO			DÍA FESTIVO		
R1	C	71,0	77,0	72,0	68,3	68,3	63,1
R2	C	61,0	64,0	56,4	65,3	68,3	58,3
R3	C	63,5	69,5	55,6	63,9	66,9	54,0
		DÍA HÁBIL			DÍA HÁBIL		
R1	C	66,8	66,8	57,9	69,1	75,1	70,7
R2	C	73,5	79,5	75,2	60,2	63,2	57,0
R3	C	65,4	68,4	62,8	67,0	67,0	58,9

R1: Entrada lote Codensa

R2: Parque Calle 16C Carrera 79D

R3: Parque Avenida Centena río Carrera 80

Fuente: A partir de información suministrada por CIAN Ltda., modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

- **Comparación con la normatividad**

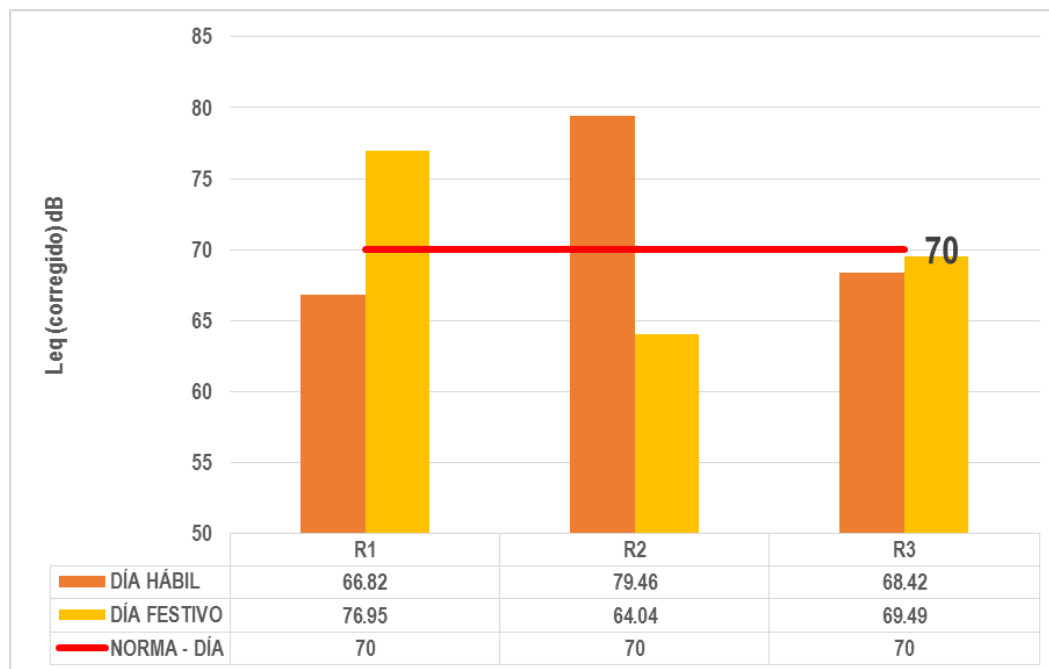
Los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, establecidos en Resolución 627 del 7 mayo de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que se aplican al análisis de datos según el sector económico y/o uso de suelo se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 3-69 Estándares máximos permisibles ruido ambiental dB(A)

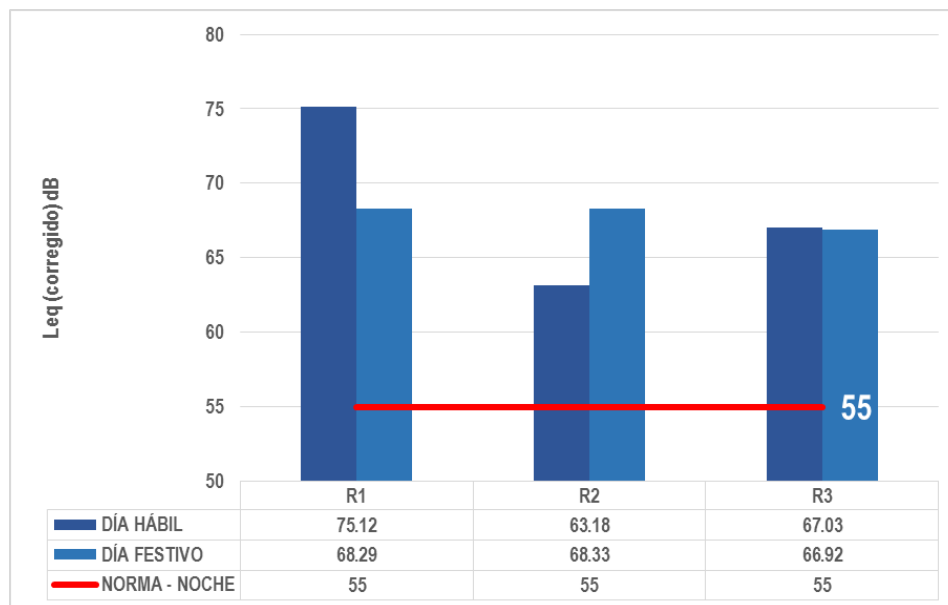
SECTOR	SUBSECTOR	DÍA dB(A)	NOCHE dB(A)	PUNTOS DE MEDICION
C. Ruido intermedio restringido	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55	R1. Entrada lote CODENSA R2. Parque Calle 16C Carrera 79D R3. Parque Avenida Centenario Carrera 80

Fuente: A partir de información del artículo 17 de la resolución 627 del 7 mayo de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, modificado por CIAN Ltda., 2018

Figura 3-65 Medición de ruido ambiental diurno



Fuente: A partir de información de CIAN Ltda., modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Figura 3-66 Medición de ruido ambiental nocturno


Fuente: A partir de información de CIAN Ltda., modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

• Análisis de resultados

Los principales receptores encontrados en el área de monitoreo son la población que habita, trabaja y transita en la zona de estudio.

Los fenómenos sonoros tanto en jornada diurna y nocturna correspondieron a fuentes de tipo antrópico: Tráfico vehicular, actividad industrial de la zona, personas hablando, jugando, etc.

Por otro lado, es de anotar, que la agenda ambiental de Fontibón de la SDA⁴², indica que Fontibón se ve afectada por el ruido generado por el tránsito de aviones por la presencia del aeropuerto El Dorado, y especifica con respecto al área donde se desarrollará el proyecto, que: “Los sectores circundantes a la Avenida Centenario con Avenida 68 y calle 13 con Avenida Boyacá (considerados como los puntos de mayor congestión vehicular de la localidad), sector industrial de la Avenida Boyacá, Avenida 68, sector central de Fontibón y Villamar, carrera. 100 y 99, antigua calle 22, avenida ferrocarril y bares y discotecas de la localidad, tiene niveles de ruido entre los 75 y 80 dB”. Datos que coinciden con los resultados de las mediciones realizadas en los tres puntos de monitoreo, que oscilan entre los 64 a 79,5 dB en horario diurno y entre 63,2 a 75,1 dB en horario nocturno.

Para el análisis de los datos se tuvo en cuenta los límites establecidos por la norma para el Sector C para todos los puntos de medición.

— Día festivo

Jornada diurna: Se registran valores que se encuentran en un rango de 64,04 y 76,95 dB presentando el mayor valor en el punto R1. Entrada Lote – Codensa.

⁴² Ibid.

Respecto al límite normativo (70 dB), en el punto R1. Entrada Lote – Codensa se supera con porcentaje de 9,937%; en los demás puntos los resultados son inferiores.

Jornada nocturna: Se registran valores que se encuentran en un rango de 66,92 y 68,33 dB en las tres estaciones, presentando el mayor valor en el punto R2. Parque Calle 16C Carrera 79D.

Respecto al límite normativo (55 dB), en todos los puntos de medición se supera con porcentaje de 24,16 – 24,23 y 21,67%, respectivamente para los puntos R1. Entrada lote – Codensa, R2. Parque Calle 16C Carrera 79D y R3. Parque Avenida Centenario Carrera 80. Dichos reportes son ocasionados por la ocurrencia de un mayor flujo vehicular, por el uso de equipos de sonido en los vehículos, así como por el uso del cláxon.

– Día hábil

Jornada diurna: Se registran valores en las tres estaciones de monitoreo que se encuentran en un rango de 66,82 y 79,46 dB presentando el mayor valor en el punto R2. Parque Calle 16C Carrera 79D. Respecto al límite normativo (70 dB, en el punto R2. Parque Calle 16C Carrera 79D se supera con porcentaje de 13,527%; en los demás puntos los resultados son inferiores.

Jornada nocturna: Se registran valores que se encuentran en un rango de 63,18 y 75,12 dB, presentando el mayor valor en el punto R1. (Entrada Lote – Codensa). Respecto al límite normativo (55 dB), en todos los puntos de medición se supera con porcentaje de 36,58 – 14,87 y 21,87%, respectivamente para los puntos R1. (Entrada lote – Codensa), R2. (Parque Calle 16C Carrera 79D) y R3. (Parque Avenida Centenario Carrera 80).

• Mapas de ruido

Los mapas de ruido son utilizados como documento básico para conocer la realidad de ruido ambiental en un área determinada⁴³, a través de la representación gráfica de la dispersión de los niveles de presión sonora, teniendo en cuenta las condiciones del terreno, las posibles barreras de ruido existentes y lo requerido por la Resolución 627 de 2006 para mapas temáticos.

Con el fin de obtener una visión espacial y general del comportamiento de los niveles de ruido en el área de estudio, se elaboraron los mapas correspondientes a las curvas de isoruido, también conocidas como isófonas. Los datos de ruido medidos en campo fueron procesados inicialmente por una aplicación denominada «SvanPC++» de Svantek, la cual permitió obtener los parámetros de ruido de cada medición realizada. La información obtenida fue procesada en una aplicación de Sistemas de Información Geográfico (GIS), denominada ARCGIS 10.3 método Kriging.

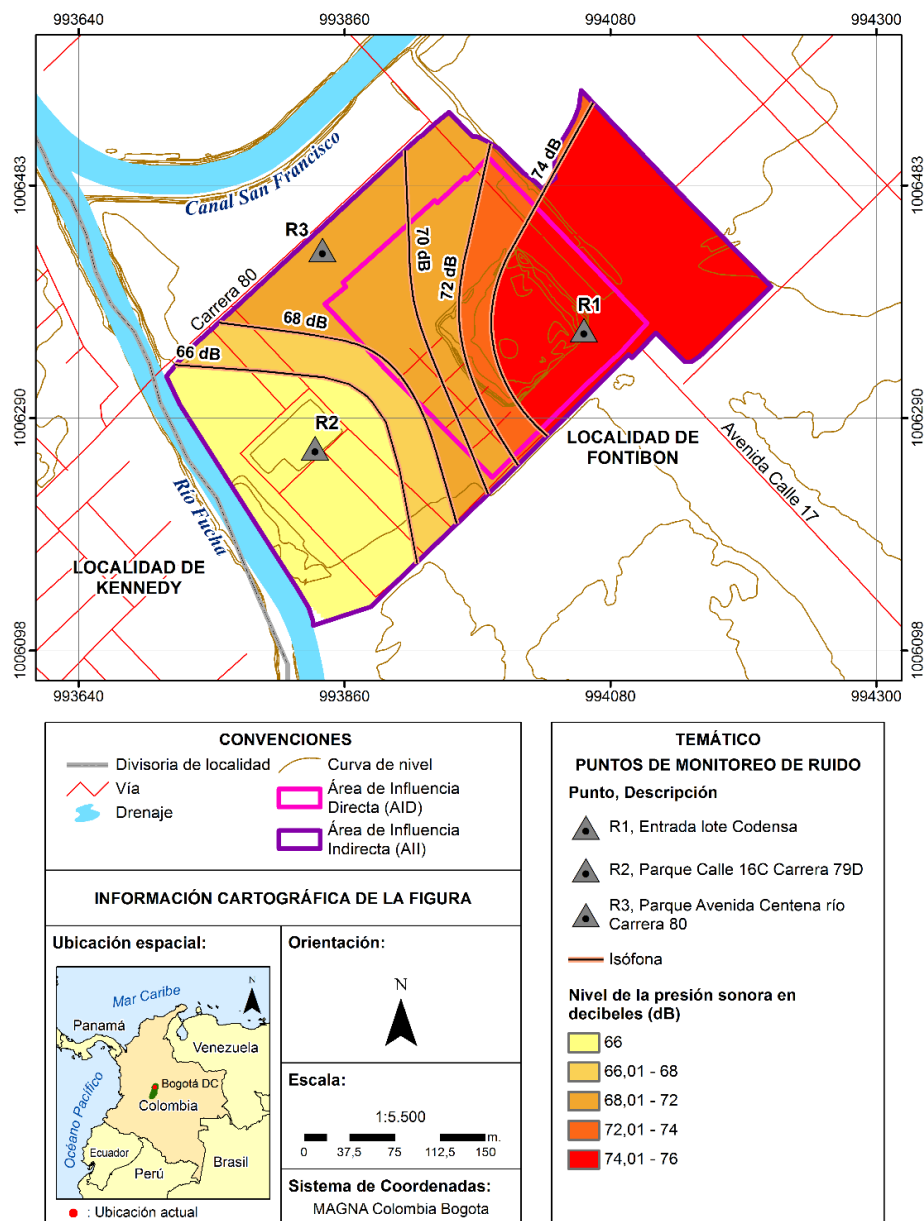
Los mapas de ruido generados a partir de los resultados obtenidos en el área de estudio permiten evaluar en cada punto de medición la contaminación por ruido, teniendo en cuenta la tendencia de los niveles de presión sonora, identificando las áreas que sobrepasan los estándares de ruido y las que no.

En la Figura 3-67 se presenta el mapa de isófonas del periodo diurno festivo, que indica una variación de 66-76 dB en el área de influencia indirecta del proyecto y una fluctuación de 68 – 76 dB en el AID, donde, se evidencia mayor ruido hacia el oriente del área de influencia directa del proyecto, ocasionado por la presencia

⁴³ Artículo 23 de la resolución 627 de 2006.

de la Calle 17 o avenida Centenario y el flujo vehicular en ésta en día festivo. Esta fuente lineal de contaminación sonora incide de manera directa sobre el sector del barrio Paraíso Bavaria, donde se aprecian fluctuaciones del ruido entre 74dB y 68dB, siendo el sector sur-oriente el que presenta los mayores niveles (74dB), disminuyendo hacia el costado sur-oeste.

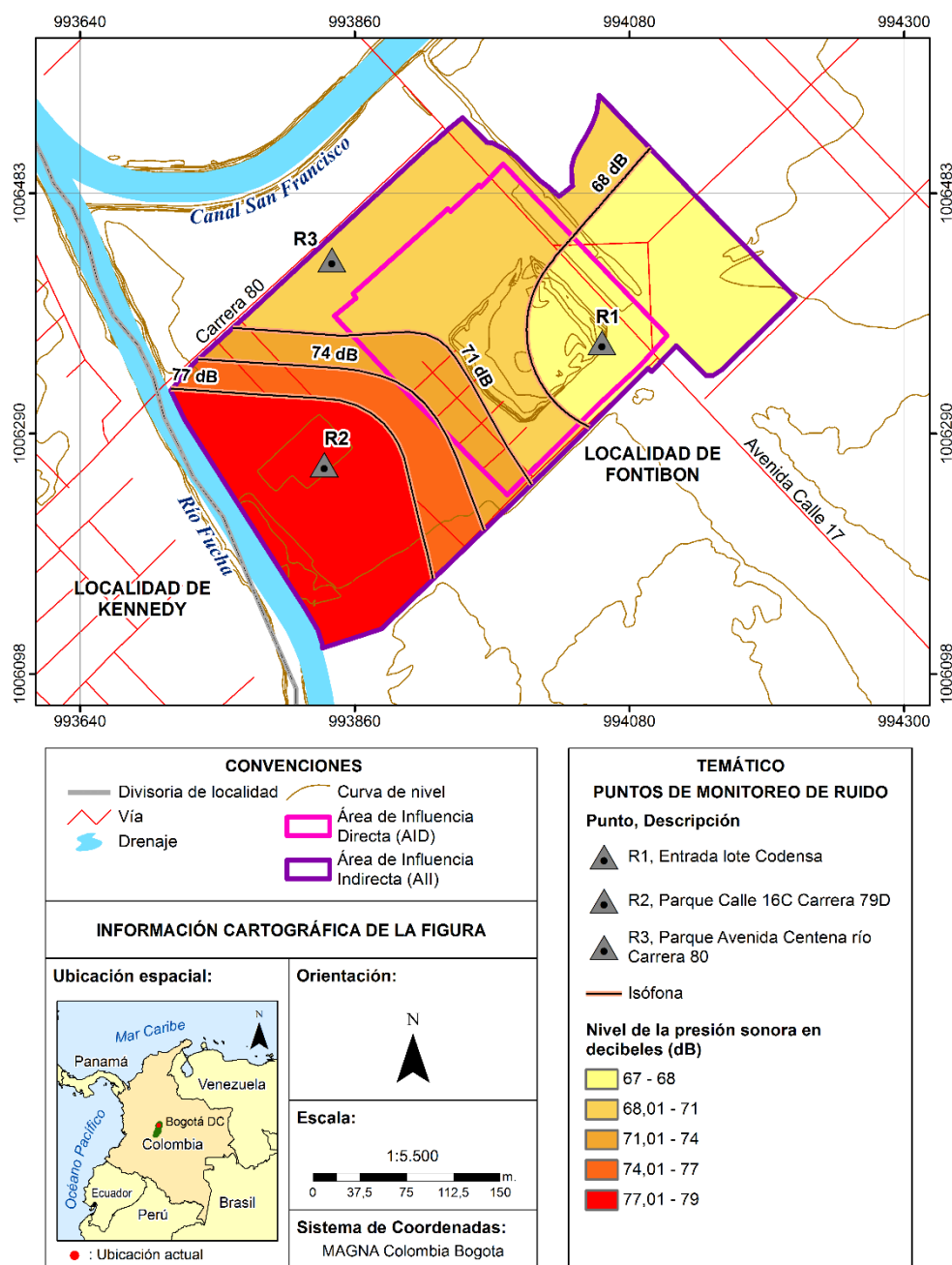
Figura 3-67 Mapa de isófonas periodo diurno festivo (AII y AID)



Fuente: A partir de información de CIAN Ltda., modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Para el periodo diurno hábil, en la Figura 3-68 se evidencia que el ruido oscila entre 67-79 dB, con un panorama distinto al anterior, pues el mayor nivel de ruido se presenta hacia el suroccidente del área de influencia del proyecto, indicando mayor actividad en ese sector al momento del monitoreo.

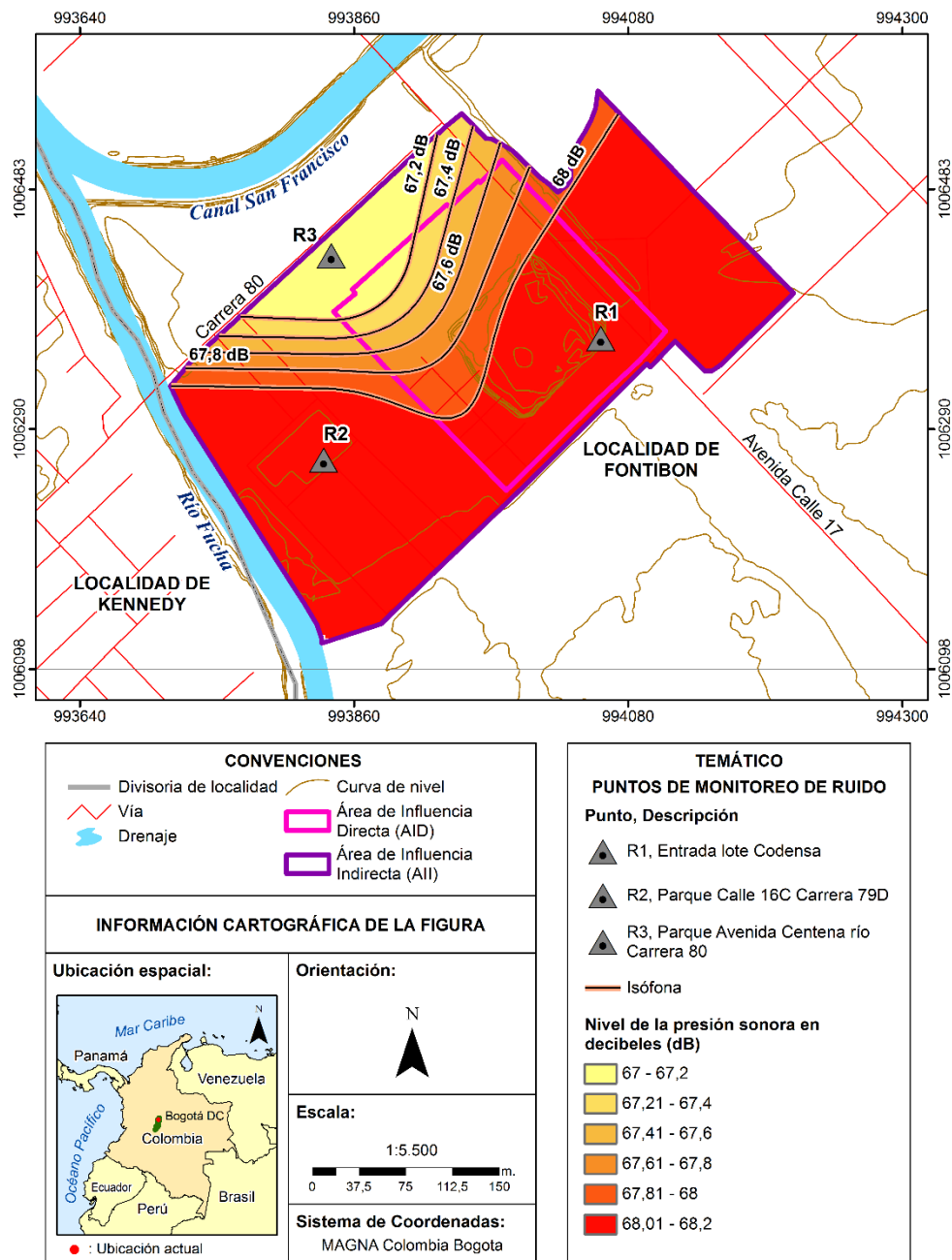
Figura 3-68 Mapa de isófonas periodo diurno hábil (All y AID)



Fuente: A partir de información de CIAN Ltda., modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

El ruido fluctúa entre 67 a 68,2 dB en periodo nocturno festivo, tal como se observa en la Figura 3-69, aumentando de noroccidente a sureste, lo que indica que en las estaciones R1 y R2 se presentó mayor aumento de presión sonora durante el periodo de monitoreo.

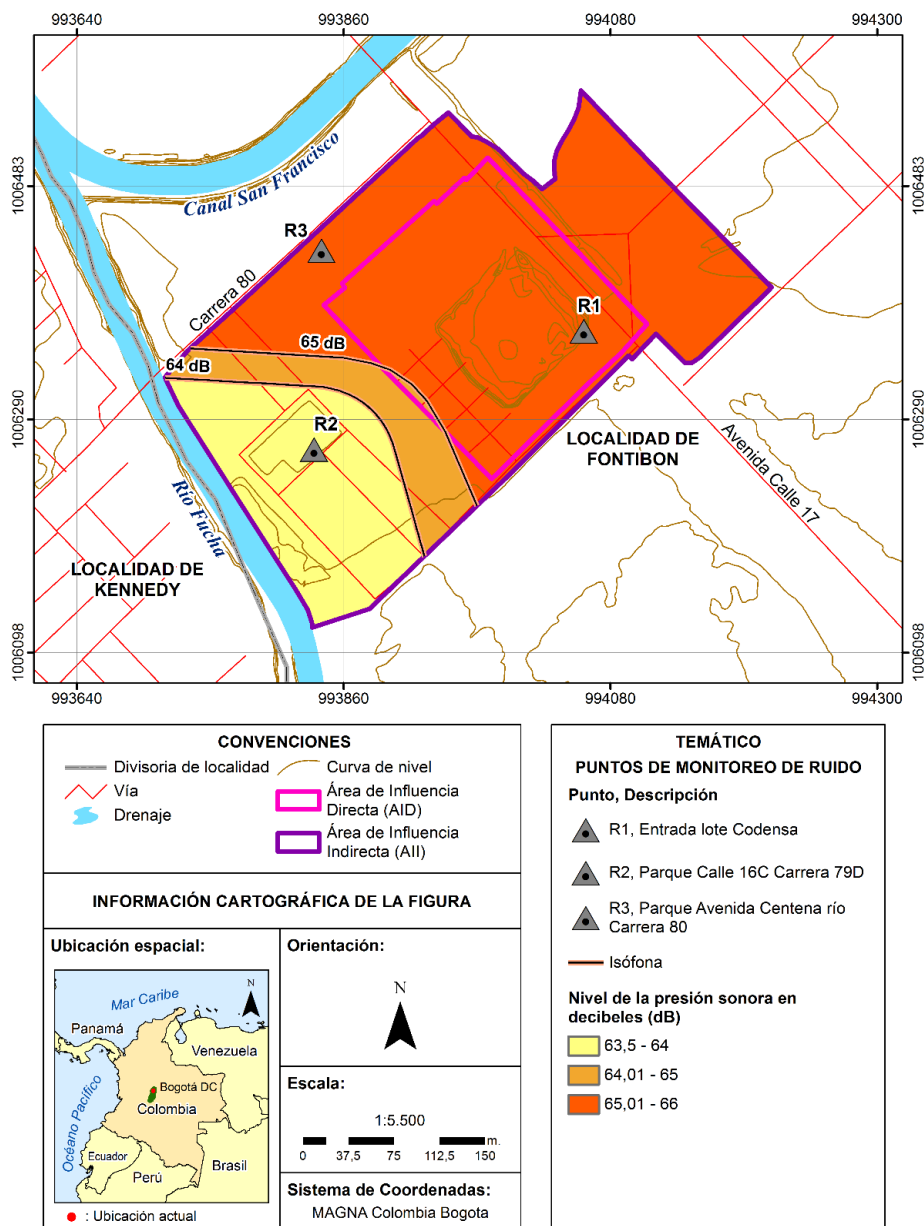
Figura 3-69 Mapa de isófonas periodo nocturno festivo (All y AID)



Fuente: A partir de información de CIAN Ltda., modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

En horario nocturno hábil, los valores oscilan entre 63,5 a 66 dB, indicando un aumento de suroccidente a nororiente, principalmente hacia la avenida Centenario, básicamente ocasionado por el tráfico vehicular (ver Figura 3-70).

Figura 3-70 Mapa de isófonas periodo nocturno hábil (AII y AID)



Fuente: A partir de información de CIAN Ltda., modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Mediante los mapas de ruido realizados para el área de influencia del proyecto, se puede establecer que, en el área de localización del Barrio Paraíso Bavaria, se presentan niveles de ruido ambiental para las mediciones diurnas entre los 68dB y los 74 dB, mientras que para las mediciones nocturnas los valores registrados oscilan entre 68,2 dB y 67,61 dB para el día festivo, y 66dB y 64,01dB para el día hábil. Dichos valores superan en casi todos los casos evaluados (valores diurnos y nocturnos, día hábil y festivo), los valores establecidos por el Artículo 17 de la Resolución 627 de 2006, en el cual se establece que para El Sector C los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental para el día no deben superar los 70 decibels, mientras que para la noche no deben superar los 55 decibels.

3.2.8.3.3 Identificación de actividades generadoras de ruido y posibles receptores durante la construcción del proyecto

El área de intervención del proyecto se ubica en un área urbana con uso industrial, asimismo, el predio es adyacente a la avenida Centenario o calle 17, no obstante, el área de intervención, donde se construirá la subestación, limita con la comunidad del barrio Paraíso Bavaria (ver Fotografía 3-13), una estación de servicios ESSO (ver Fotografía 3-134) e instalaciones de Chaneme Comercial S.A (ver Fotografía 3-15), que podrían verse afectadas por generación de ruido durante la construcción del proyecto.

Fotografía 3-13 Receptores barrio Paraíso Bavaria



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Fotografía 3-14 Receptores estación de servicio ESSO



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Fotografía 3-15 Receptores Chaneme Comercial S.A



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Con respecto a las actividades constructivas del proyecto que podrían ser fuente de generación de ruido, se entiende que casi el total de las actividades podrían ocasionar el aumento de presión sonora que, aunque no es lo suficientemente considerable, por lo que se trata de uso de maquinaria, vehículos y equipos, así como locución del personal, es necesario considerarlas como posibles fuentes de generación de ruido; es así, que se relacionan a continuación estas actividades

Figura 3-71 Actividades con potencial de generación de ruido



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.8.3.4 Identificación de actividades generadoras de ruido durante la operación del proyecto

Durante la operación del proyecto se pueden generar incrementos en la presión sonora del área de influencia del proyecto por la actividad de energización y la operación de los transformadores; es por esto que, con el fin de determinar los niveles de ruido al interior de la subestación y sus alrededores, se realizó la simulación de ruido acústico, verificando el cumplimiento de los límites establecidos en la normatividad (Resolución 627 de 2006).

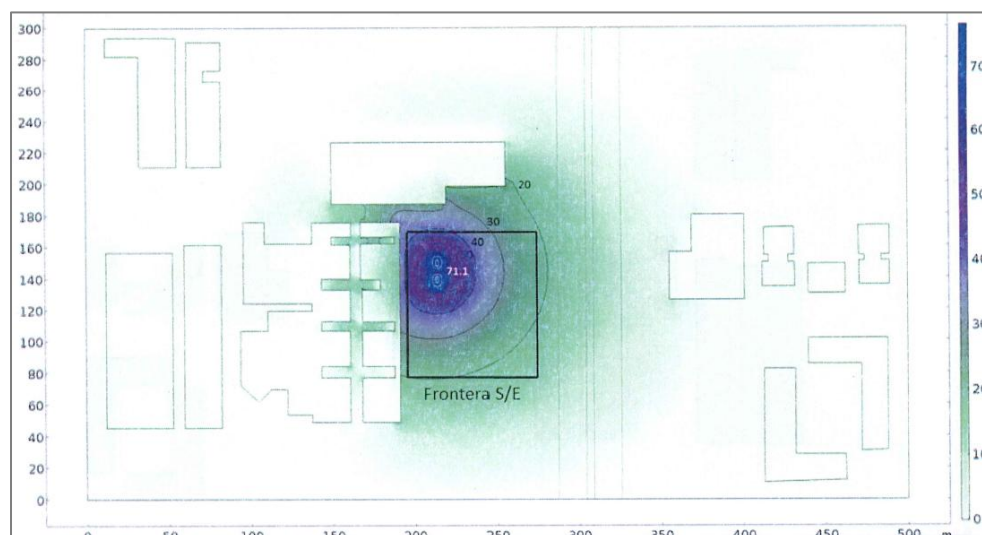
La simulación de ruido acústico fue realizada por departamento de ingeniería eléctrica y electrónica de la Universidad Nacional de Colombia (ver **Anexo Cap. 2, UNAL_Modelamiento_ruido**); los cuales emplearon el software COMSOL (diseñado para este tipo de estudios), y la geometría y características sonoras de los equipos a emplear en la subestación, tomando como fuentes principales, los transformadores de 115kV y 11,4kV, a los cuales se les asignó una presión acústica omnidireccional correspondiente a 76,1 dB a cada uno.

La simulación fue distribuida en diferentes secciones para analizar al detalle cada parte crítica del sistema, y así poder determinar la influencia del fenómeno acústico en los lugares pertenecientes a la subestación y sus alrededores.

Para la ejecución de la simulación, se definió una malla con elementos tetraédricos con dimensiones ajustables de acuerdo con la geometría. El método de elementos finitos utilizados fue basado en un mallado de alta densidad. Se realizó la simulación por medio de la ecuación de difusión acústica que comprende resultados congruentes para las distancias correspondientes a la exposición del público con comprobaciones prácticas realizadas para la conformación del método.

En la Figura 3-72 se presenta los niveles de presión acústica entre la excitación de una fuente de dominio en los transformadores de 76,1 dB; valor correspondiente a 60 dB aplicando un filtro de ponderación frecuencial audible tipo A para la octava correspondiente a 125 Hz.

Figura 3-72 Simulación del nivel de presión acústica en los alrededores de la Subestación Terminal



Fuente: Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales –LBE de la Universidad Nacional de Colombia, 2018

De acuerdo con el modelo predictivo realizado por el laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales –LBE de la Universidad Nacional⁴⁴, para determinar el efecto acústico en la Subestación Terminal, se pudo establecer que el comportamiento de la presión acústica se encuentra dentro de los niveles establecidos por la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, para una Clasificación de **Sector C Ruido Intermedio Restringido**, donde se establecen como estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en el día de 70 dB y en la noche de 60dB, correspondiente a zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos⁴⁵.

La emisión de ruido que podría tener la operación de la Subestación Terminal presenta una variación de 40dB a 20dB (ver Figura 3-72). Dichas magnitudes son variables de un punto a otro, debido a la influencia de las características externas que presenta el área, como su propagación en el aire y la distancia del receptor con respecto a la fuente, el tipo de suelo, las edificaciones cercanas, las condiciones climáticas, y para el caso particular de la ubicación de la Subestación Terminal, los niveles elevados de presión sonora existentes, por lo que dicha intensidad acústica, es susceptible a cambios por las condiciones adicionales de ruido ambiental que presenta el área actualmente.

Teniendo en cuenta las condiciones antes expuestas, es de importancia mencionar que los decibeles son valores logarítmicos, que no pueden combinarse mediante la adición algebraica normal, es decir, que los niveles

⁴⁴ En el Anexo Cap 2/ UNAL_ Modelamiento Ruido, se puede consultar en detalle el informe de modelamiento de ruido realizado para la operación de la Subestación Terminal

⁴⁵ Datos establecidos en la Tabla 1 del Artículo 9 de la resolución 627 de 2006

de ruido emitidos por dos fuentes de 40dB no producen una emisión total de ruido igual a 80dB. En la literatura se ha establecido un método numérico para sumar los aportes de diferentes fuentes sonoras (ver Ecuación 1), logrando establecer mediante su estudio que cuando la diferencia entre los valores de decibeles de las fuentes es superior a 9dB o superior, no hay un incremento en la intensidad del sonido, porque el nivel del sonido superior deja atrás el nivel del sonido inferior⁴⁶.

$$^{47}\text{Ecuación 1: } L_{Total} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}$$

Donde n es el número de fuentes sonoras y los niveles L_i son los niveles debidos a cada una de las fuentes expresados en dB.

Cuando dos o más fuentes sonoras de diferentes intensidades deben ser combinadas, se debe considerar la Tabla 3-70.

Tabla 3-70 Relación para la suma de decibeles

Cuando dos valores en decibeles difieren por:	Sumar los siguientes decibeles al valor superior
0 o 1	3
2 o 3	2
4 o 8	1
9 o más	0

Fuente: UNAD Escuela de ciencias básicas, Tecnología e Ingeniería. Bogotá 2010

De esta manera, teniendo en cuenta los mapas de isófonas (Figura 3-67, Figura 3-68, Figura 3-69 y Figura 3-70) y el modelamiento realizado por la Universidad Nacional en el área de Estudio, se puede establecer que los niveles de presión sonora emitidos por los equipos de operación de la Subestación Terminal, serán absorbidos por los niveles de ruido que presenta actualmente el área, ya que los niveles más bajos de ruido nocturno para el área de influencia del proyecto se encuentran actualmente entre 63,5dB (día hábil) y 67dB (día festivo), mientras que para el ruido diurno los valores más bajos se encuentran entre 66 dB (día festivo) y 67dB (día hábil); siendo estos valores superiores al valor estimado en la simulación para la operación de la subestación el cual varía entre 20dB y 40 dB, por lo que la operación de la subestación representaría un incremento de 0 decibeles para las condiciones de ruido ya existentes en el área.

3.2.9 Geotecnia

Existen muchos factores que influyen en la estabilidad geotécnica como son las unidades geológicas que afloran en la superficie, susceptibilidad de procesos morfodinámicos dominantes, la topografía o el relieve, la cobertura y uso del suelo, la hidrología, dentro de los principales agentes.

Es de anotar, que debido a que morfológicamente, el área del proyecto, el rango de pendiente predominante oscila entre 0-1% (76,19% para AII, y 90,91% para AID), no da lugar al análisis de estratificación de taludes.

⁴⁶ Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD-Escuela de ciencias básicas, Tecnología e Ingeniería. Bogotá 2010. [en línea] https://www.arauacustica.com/files/publicaciones_relacionados/pdf_esp_377.pdf [citado 18 diciembre de 2018]

⁴⁷ Física del sonido. Conceptos Básicos del Ruido Ambiental. [en línea] <http://sicaweb.cedex.es/docs/documentacion/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf> [citado 18 diciembre de 2018]

Por otro lado, no corresponde al presente análisis geotécnico el realizar un estudio de nivel de fracturamiento, debido a que en el área de influencia del proyecto no se presenta afloramiento de roca.

3.2.9.1 Análisis de estabilidad

Con base en la metodología de Ambalagan (1992), presentada por J. Suárez en el libro Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales y el Método Heurístico de zonificación en la metodología de Vargas y Gómez, 1999 (en Vargas Cuervo, 1999), modificada de acuerdo con el área de estudio, se establece la caracterización geotécnica fundamentada en la clasificación o zonificación de áreas de estabilidad por rangos, las cuales se determinan de acuerdo con diferentes elementos seleccionados como: geomorfología, geología o tipo de material, cobertura vegetal, suelos, pendientes, hidrología, hidrogeología, riesgo sísmico y clima (ver Tabla 3-71) para establecer las condiciones y el grado de estabilidad geotécnica.

Tabla 3-71 Factores, categorías y valoración para la zonificación geotécnica

FACTOR	DESCRIPCIÓN	PESO / VALOR
Geomorfología	Unidades morfogenéticas	2
Geología	Tipo de Material	2
Cobertura Vegetal	Tipo de cobertura de la tierra presente en la zona	2
Suelos	Clases agrológicas	2
Pendientes	Angulo de inclinación del terreno	2
Hidrología	Susceptibilidad a inundabilidad	1
Hidrogeología	Tipo de acuífero	1
Sismicidad	Valores de aceleración sísmica del área / Afectación por fallas y estructuras geológicas	1
Clima	Pluviosidad media anual	1
TOTAL		14

Fuente: Ambalagan 1992, Wischmeier y Smith, 1978, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Teniendo presente la respectiva calificación según “peso o importancia” de cada parámetro, se establecen las categorías de zonificación geotécnica (muy alta, alta, moderada, baja y muy baja). Los límites de los rangos se definen con base en el valor total de las variables analizadas y se ajustan según el criterio y experiencia del profesional, ya que deben reflejar las condiciones reales observadas en campo. Ver Tabla 3-72.

Tabla 3-72 Rangos de clasificación de estabilidad geotécnica

ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	RANGO DE VALORES	NOMENCLATURA
Muy Alta	< 4,9	ZEGMA
Alta	5,0 – 7,0	ZEGA
Moderada	7,1 – 8,4	ZEGM
Baja	8,5 – 10,5	ZEGB
Muy Baja	10,6 >	ZEGMB

Fuente: Ambalagan 1992, Wischmeier y Smith, 1978, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

– Geomorfología

Este parámetro corresponde a la descripción de las formas del terreno por sus características morfogenéticas y morfodinámicas. Las geoformas presentan variaciones en su grado de estabilidad, según lo expuesto en el método heurístico de zonificación de la metodología de Vargas y Gómez, 1999 en Vargas Cuervo, 1999. Donde se establece que los depósitos de planicies aluviales son geoformas más estables que las de tipo denudacional y denudacional-estructural.

– Geología

Este parámetro hace referencia a las características litológicas, texturales, geomecánicas y grado de meteorización de las unidades geológicas presentes en el área de estudio, donde se evalúa la compactación y la resistencia al desprendimiento de partículas de cada material.

– Cobertura Vegetal

El grado de protección o desprotección del suelo lo hace vulnerable a agentes erosivos como el agua o el viento; igualmente la acción biomecánica que ejercen las raíces sobre el suelo es importante para la resistencia de estos sobre los agentes externos mencionados y la acción antrópica como la ganadería, en este sentido el tipo de cobertura del suelo determina este grado de exposición o vulnerabilidad a la erosión. Coberturas densas (boscosas, rastrojos) ofrecen mejores condiciones de protección al suelo, mientras que las coberturas rastreras reduce sensiblemente esta protección.

– Suelos

Corresponde a las unidades de suelo que, por su composición, textura y grado de profundización, se puede zonificar, ya que tienen relación con la facilidad que se presenta para la infiltración de agua, que pueda influenciar en la saturación del terreno y promover la inestabilidad del mismo.

– Pendientes

La pendiente es un factor primordial en la evaluación geotécnica, ya que está directamente relacionada a los procesos morfodinámicos, siendo el equilibrio geotécnico asociado a las bajas pendientes y el desequilibrio a las altas pendientes.

– Hidrología

Las corrientes o cuerpos de aguas superficiales tienen gran incidencia sobre la estabilidad de los suelos y en general del terreno, por su influencia principalmente en la saturación del suelo, dando como resultado posibles desprendimientos y arrastres de partículas, presentando reducción de la resistencia entre partículas y por

consiguiente baja estabilidad. La clasificación de dicho factor se realiza considerando los fenómenos de inundabilidad en la zona de estudio en épocas de fuertes lluvias.

– Hidrogeología

Este aspecto está asociado a la saturación del subsuelo, que genera un fenómeno denominado "presión de poros" que corresponde a la presión interna del agua en saturación y depende de la localización de los niveles freáticos, presiones internas de los acuíferos y de las características geológicas del sitio (Suarez, Jaime; 1998). Un incremento en la presión de poros equivale a la reducción de la resistencia al corte y de la estabilidad.

– Sismicidad

Este aspecto se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un sismo de determinada magnitud y/o intensidad en un lugar y en un momento determinado. El riesgo sísmico se refiere a la probabilidad de que los elementos expuestos (vidas humanas, infraestructura, líneas vitales, etc.), sufran daños o pérdidas debido a la ocurrencia de un sismo. Este parámetro se determina en el mapa nacional de amenaza sísmica periodo de retorno 475 años, 2010 (SGC), y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

– Clima

Los efectos del clima provienen principalmente de las precipitaciones, donde posee variables definidas por la intensidad, duración y distribución espacial. Por esta razón, la relación lluvia-inestabilidad-deslizamiento varía de un sitio a otro, dependiendo de las condiciones locales de la zona, como la humedad, el tipo de suelo y la topografía, entre otros.

Tabla 3-73 Valoración de estabilidad geotécnica

FACTOR (PESO)	CATEGORÍAS	PESO / VALOR
Geomorfología (2)	Llanura de Inundación (Fpi)	1,0
	Albardones o dique natural (Fa)	1,5
	Rellenos artificiales (Ar)	1,8
Geología (2)	Formación Chía (Qch)	1,0
	Material relleno de excavación (Qr)	1,8
Cobertura Vegetal (2)	Otras zonas verdes urbanas en Albardones o dique natural	1,7
	Otras zonas verdes urbanas en Plano o llanura de inundación	1,5
	Otras zonas verdes urbanas en Planos y campos de llenos antrópicos	1,5
	Parques urbanos en Plano o llanura de inundación	1,5
	Parques urbanos en Planos y campos de llenos antrópicos	1,5
	Red vial y terrenos asociados en Albardones o dique natural	1,3
	Red vial y terrenos asociados en Planos y campos de llenos antrópicos	1,3
	Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas, albardones o dique natural	1,3
	Tejido urbano continuo en Planos y campos de llenos antrópicos	1,0
	Zonas industriales o comerciales en Planos y campos de llenos antrópicos	1,0
Suelos (2)	(RME) Suelos inceptisoles moderadamente profundos, con residuos antrópicos menores al 2%	1,2
	(RMD) Suelos del orden entisol, muy superficiales y mal drenados	1,2
	(AMC) Suelos entisoles con propiedades antrópicas que presentan residuos sólidos urbanos	1,5
	(AMB) Suelos sellados y cementados para red vial	1,0

FACTOR (PESO)	CATEGORÍAS	PESO / VALOR
	(AMA) Suelos cementados para infraestructura y asentamientos urbanos	1,0
Pendientes (2)	A nivel, 0-1% (a)	0,2
	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	0,4
	Moderadamente inclinada, 7-12% (c)	0,8
	Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	1,5
	Ligeramente escarpada o ligeramente empinada, 25-50% (e)	2,0
Hidrología (1)	Susceptibilidad de Inundación Baja	0,1
	Susceptibilidad de Inundación Moderada	0,5
	Susceptibilidad de Inundación Alta	0,8
	Susceptibilidad de Inundación Muy Alta	1,0
Hidrogeología (1)	Acuíferos de baja productividad	0,8
	Acuíferos de mediana productividad	0,6
	Acuíferos de muy alta productividad	0,3
Sismicidad (1)	Zona de Amenaza Sísmica Baja	0,4
	Zona de Amenaza Sísmica Media	0,7
Pluviosidad (1)	<500mm anuales promedio	0,1
	500-1000mm anuales	0,3
	1000-2000mm anuales	0,5
	2000-3000mm anuales	0,7
	>3000mm anuales	1,0

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.9.2 Descripción general de la zonificación geotécnica

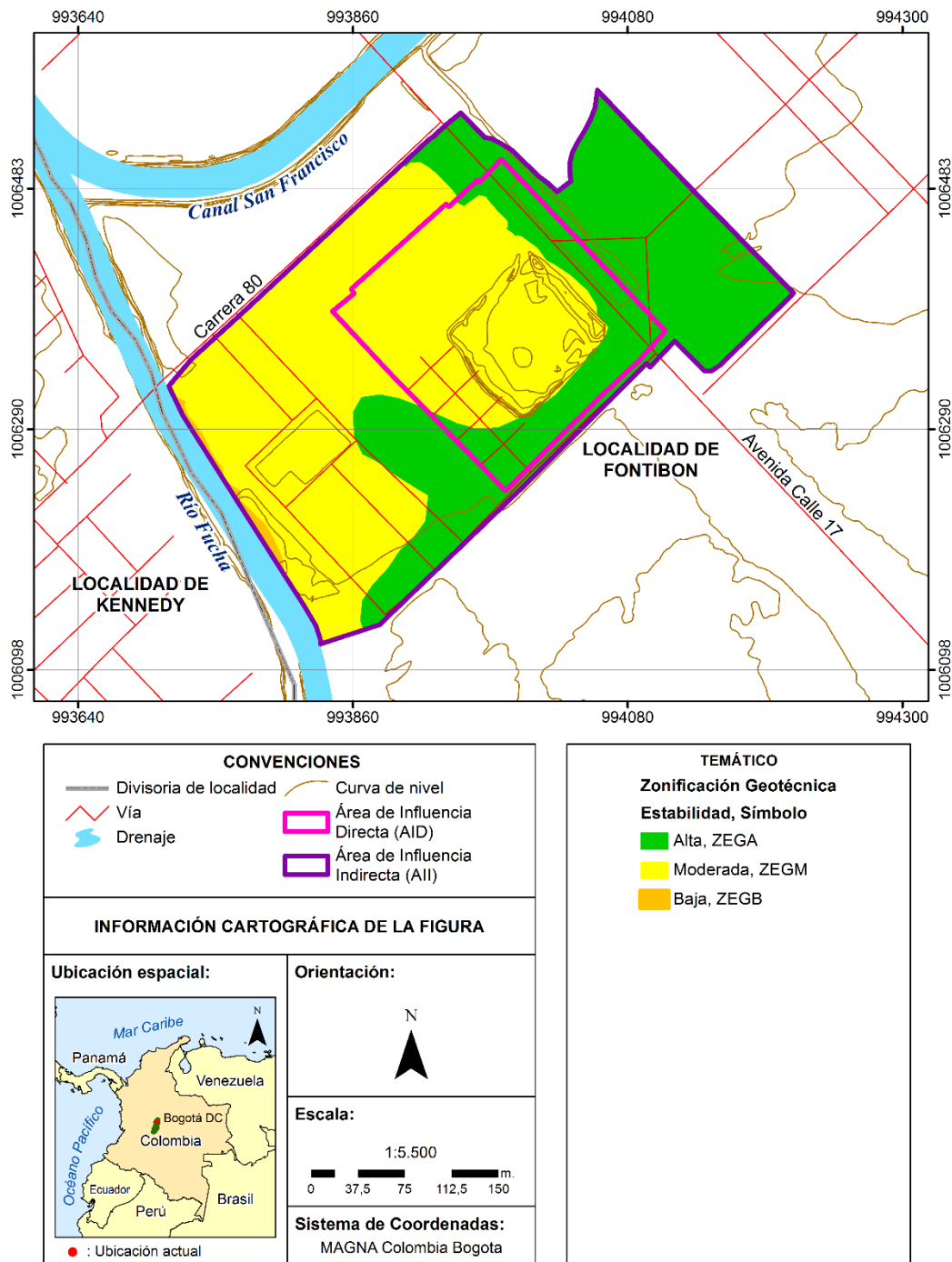
En la Tabla 3-74 y Figura 3-73 se presenta la distribución de la zonificación geotécnica del área de estudio, donde se observa principalmente una zona de estabilidad moderada, correspondiente a un 51,92% del AII, y 68,71% del AID.

Tabla 3-74 Distribución porcentual de la zonificación geotécnica del área de estudio (AII y AID)

ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	NOMENCLATURA	AID		AII	
		Área (Ha)	(%)	Área (Ha)	(%)
Alta	ZEGA	1,121	31,29	3,381	47,11
Moderada	ZEGM	2,460	68,71	3,726	51,92
Baja	ZEGB	-	0,00	0,069	0,96

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Figura 3-73 Mapa de zonificación geotécnica (AI y AID)



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

3.2.9.2.1 Estabilidad geotécnica baja a muy baja

La amenaza baja se presenta sobre el límite con el río Fucha, debido a las pendientes y la posibilidad de inundación media por crecientes inesperadas. Las condiciones se ven magnificadas por los agentes detonantes de precipitación media anual y amenaza moderada por sismicidad.

3.2.9.2.2 Estabilidad geotécnica moderada

Si bien, el área de estudio presenta pendientes planas, con una gran intervención antrópica; los suelos provenientes de rellenos de excavaciones presentan bastante heterogeneidad en cuanto a su composición y resistencia.

3.2.9.2.3 Estabilidad geotécnica alta a muy alta

Son zonas muy estables geotécnicamente, las cuales presentan buenas coberturas tanto vegetales como antrópicas alejadas de la zona de inundación y pendiente. Los suelos de origen aluvial presentan materiales arcillosos con arenas, típico de este tipo de material, sin problemas erosivos o movimientos de remoción en masa.

3.2.9.3 Capacidad portante

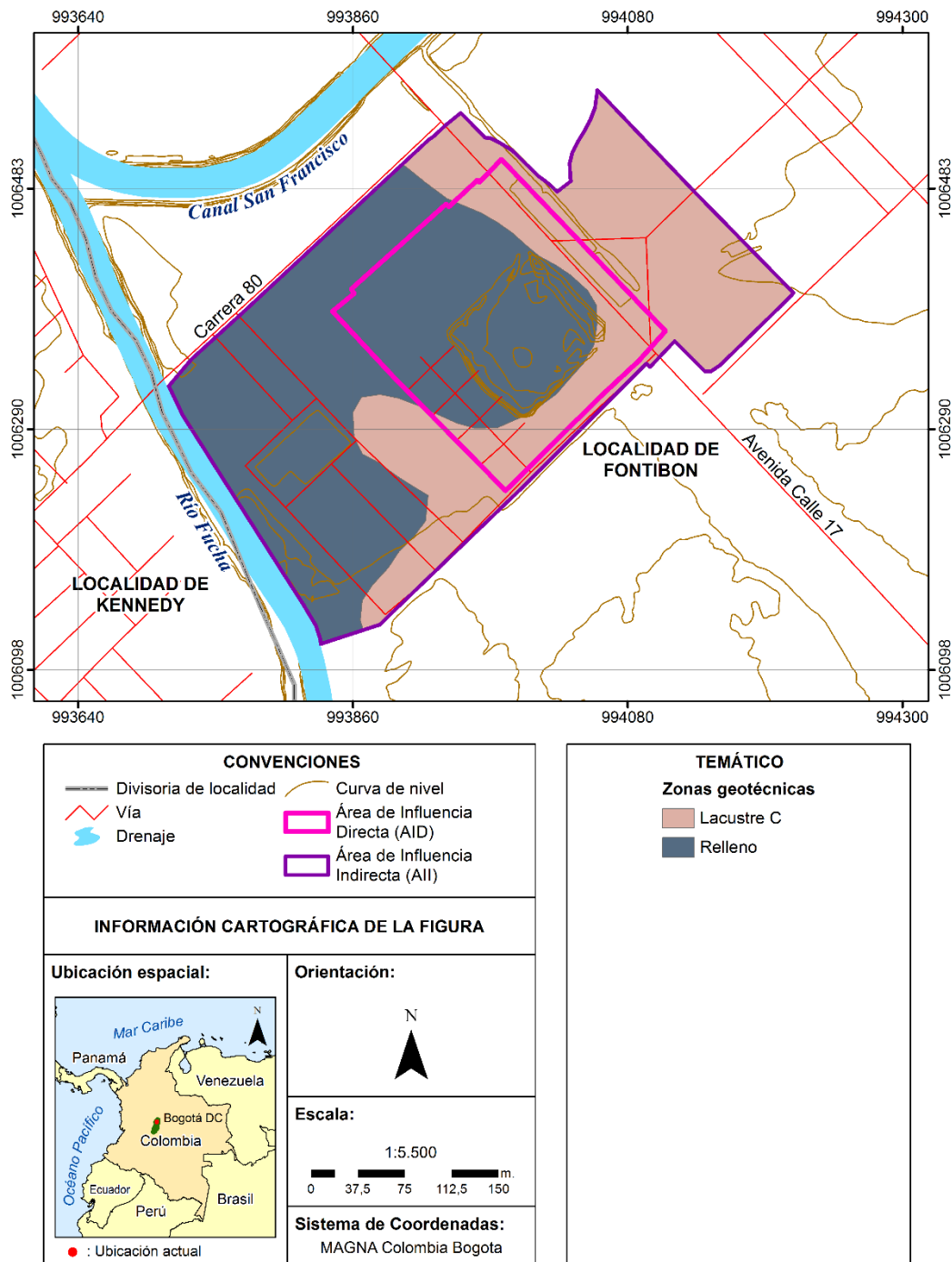
De acuerdo con la zonificación y caracterización geotécnica estipulada en el Decreto 523 de 2010 de la Alcaldía mayor de Bogotá, el área de influencia del proyecto se presenta las siguientes características. Ver Figura 3-74.

Tabla 3-75 Descripción de zonas geotécnicas

NOMBRE	GEOTECNIA	GEOLOGÍA	GEOMORFOLOGÍA	COMPOSICIÓN PRINCIPAL	COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO GENERAL
Lacustre C	Suelo lacustre - Aluvial	Terraza Alta - Lacustre	Planicie	Arcillas arenosas Firmes	Suelos muy compresibles y de muy baja a media capacidad portante.
Relleno	Relleno de excavación	Excavaciones especiales	Planicie	Rellenos heterogéneos	Materiales heterogéneos, que de acuerdo con su disposición pueden ser compresibles y susceptibles a problemas de estabilidad de taludes.

Fuente: A partir de la tabla 1 del decreto 523 de 2010, modificado por INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Figura 3-74 Mapa de las zonas geotécnicas (AII y AID)



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

De acuerdo con el Informe de estudio de suelos, elaborado por la empresa AC Energy en diciembre del año 2016, en el cual se ejecutaron 15 sondeos en el área del lote de la subestación y el poste, los cuales se realizaron manualmente hasta una profundidad de 6.0 metros desde el nivel de terreno (ver Tabla 3-76).

En el **Anexo Cap. 3, 3.2 Abiótico, Geoesférico**, se presenta en detalle el estudio geotécnico y de suelos realizado para el área de la subestación terminal y el poste que soportará la conexión de la línea actual transmisión Noroeste – Techo con la línea que se conectará con la SE terminal.

Tabla 3-76 Puntos de ubicación muestreos de suelos

LOCALIZACIÓN	ID DEL PUNTO DE SONDEO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS BOGOTÁ	
		ESTE	NORTE
Poste	PT-1	94037,16	106421,61
Subestación Terminal	PT-1	993996,986	1006314,387
	PT-2	993993,678	1006324,970
	PT-3	993969,601	1006355,000
	PT-4	993959,150	1006366,245
	PT-5	994010,612	1006327,351
	PT-6	993991,694	1006348,121
	PT-7	993978,465	1006363,467
	PT-8	993967,749	1006374,183
	PT-9	994025,561	1006340,845
	PT-10	994009,289	1006362,012
	PT-11	993993,811	1006366,113
	PT-12	993985,608	1006380,797
	PT-13	994017,358	1006372,992
	PT-14	994003,865	1006388,470
	PT-15	993993,943	1006398,392

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018 a partir del informe OT16-152 Estudio de Suelos Subestación terminal y LLTT Noroeste – Terminal – Techo – Terminal 115 kV, OT-17-184

A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos promedio para cada perforación.

Tabla 3-77 Perfiles estratigráficos del área de intervención del proyecto

PUNTO	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	RANGO N° GOLPES ENSAYO SPT*	NIVEL FREÁTICO
1	0,0 a 1,0	Se encontró un limo arenoso café oscuro mezclado con escombros, consistencia media, humedad media	21	No se encontró
	1,0 a 4,5	Se encontró limo arcilloso gris verdoso, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	9 a 15	
	4,5 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano, densidad y consistencia media, humedad y plasticidad media	16 a 17	
2	0,0 a 3,0	Se encontró limo arenoso café oscuro, mezclado con escombros y arena de consistencia media, humedad y plasticidad baja	18 a 21	No se encontró
	3,0 a 5,0	Se encontró arcilla gris verdosa, densidad y consistencia media, plasticidad alta y humedad media	18 a 21	
	5,0 a 6,0	Se encontró arcilla limosa habana, densidad y consistencia media a alta, humedad baja y plasticidad media	21	

PUNTO	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	RANGO N° GOLPES ENSAYO SPT*	NIVEL FREÁTICO
3	0,0 a 2,5	Se encontró limo arenoso café con escombros, consistencia alta y humedad baja	13 a 22	No se encontró
	2,5 a 4,5	Se encontró limo arcilloso gris verdoso, densidad y consistencia media, humedad y plasticidad media	17 a 18	
	4,5 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano, densidad y consistencia media, humedad media	17 a 18	
4	0,0 a 2,0	Se encontró limo arenoso café oscuro con raíces y escombros, densidad y consistencia muy alta, humedad baja	17 a 47	No se encontró
	2,0 a 4,5	Se encontró limo arcilloso gris densidad y consistencia media, humedad y plasticidad media	16 a 19	
	4,5 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano, densidad y consistencia media, humedad y plasticidad media	17 a 19	
5	0,0 a 2,5	Se encontró limo arenoso con raíces, mezclado con escombros, consistencia baja y alta, humedad baja	9 a 37	No se encontró
	2,5 a 5,0	Se encontró limo arcilloso gris, densidad y consistencia media, humedad y plasticidad media	19 a 21	
	5,0 a 6,0	Se encontró limo arcilloso gris, con oxidaciones amarillas, densidad, consistencia y humedad media	19	
6	0,0 a 0,5	Se encontró limo arenoso café mezclado con escombros y raíces, consistencia media	-	No se encontró
	0,5 a 1,5	Se encontró limo orgánico negro, densidad y consistencia baja, humedad media	11	
	1,5 a 4,5	Se encontró limo arcilloso café claro, densidad y consistencia baja, humedad media	7 a 10	
	4,5 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano con oxidaciones amarillas, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	10 a 13	
7	0,0 a 1,5	Se encontró limo arenoso café, mezclado con escombros y raíces, densidad y consistencia median humedad media	9 a 21	No se encontró
	1,5 a 4,5	Se encontró limo arcilloso gris, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	16 a 18	
	4,5 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad baja, con lentes de arena	10	
8	0,0 a 0,5	Se encontró limo arenoso café a gris, con vetas negras, mezclado con escombros, consistencia media, humedad baja	10	No se encontró
	0,5 a 4,5	Se encontró limo arcilloso habano, con oxidaciones amarillas, densidad y consistencia media a alta, humedad media, plasticidad media	17 a 21	
	4,5 a 6,0	Se encontró limo arcilloso gris verdoso, densidad y consistencia media, plasticidad media, humedad media	20	
9	0,0 a 0,5	Se encontró limo arenoso café mezclado con escombros, consistencia alta, humedad baja	18	No se encontró
	0,5 a 1,5	Se encontró limo orgánico negro, consistencia baja, humedad media	7	
	1,5 a 4,5	Se encontró limo arcilloso café y gris verdoso, densidad y consistencia baja, humedad media, plasticidad media	7 a 9	
	4,5 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	11 a 13	
10	0,0 a 2,5	Se encontró limo arenoso café oscuro, mezclado con escombros y raíces, densidad y consistencia media y baja, humedad media	6 a 15	No se encontró
	2,5 a 5,0	Se encontró limo arcilloso gris verdoso, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	7 a 15	

PUNTO	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	RANGO N° GOLPES ENSAYO SPT*	NIVEL FREÁTICO
	5,0 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	12	
11	0,0 a 2,5	Se encontró limo arcilloso café oscuro, mezclado con escombros, consistencia media, humedad baja, plasticidad baja	7 a 16	No se encontró
	2,5 a 4,5	Se encontró limo arcilloso gris verdoso, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	14 a 18	
	4,5 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	13 a 17	
12	0,0 a 1,5	Se encontró limo arcilloso café oscuro, mezclado con escombros, consistencia alta y media, humedad baja	31	No se encontró
	1,5 a 4,5	Se encontró limo arcilloso gris oscuro, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	13 a 19	
	4,5 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano con oxidaciones amarillas, densidad y consistencia media a baja, plasticidad media	9 a 11	
13	0,0 a 1,5	Se encontró limo arcilloso café oscuro, mezclado con escombros, consistencia alta y media, humedad baja	11 a 16	No se encontró
	1,5 a 4,5	Se encontró limo arcilloso gris oscuro, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	8 a 10	
	4,5 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano con oxidaciones amarillas, densidad y consistencia media a baja, plasticidad media	9 a 11	
14	0,0 a 2,0	Se encontraron escombros y raíces mezclados con limo arenoso café, densidad y consistencia media, humedad media	11 a 14	No se encontró
	2,0 a 4,0	Se encontró limo arcilloso café claro y gris oscuro, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	10 a 13	
	4,0 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano y gris, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	10 a 12	
15	0,0 a 2,0	Se encontró limo arenoso mezclado con escombros, densidad y consistencia media, humedad media	16 a 21	No se encontró
	2,0 a 5,0	Se encontró limo arcilloso gris verdoso, densidad y consistencia media, humedad media, plasticidad media	10 y 13	
	5,0 a 6,0	Se encontró limo arcilloso habano, densidad y consistencia baja, humedad media, plasticidad media	8 y 10	

*Sistema de Puesta a Tierra (SPT)

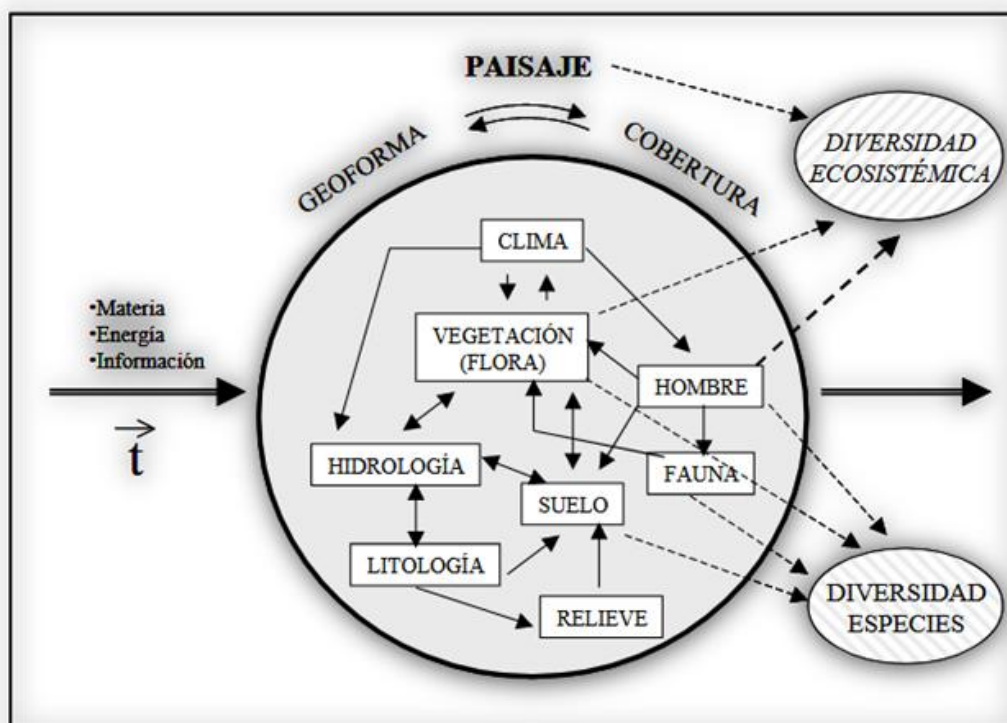
Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

De acuerdo con lo anterior, la presión admisible neta (q_n) recomendada para el diseño de las cimentaciones superficiales varía de **6,0 a 10,0 t/m²** dependiendo de las dimensiones del cimiento ($B < 3,0$ m) y profundidad de cimentación, sin embargo, se recomienda limitar a una presión máxima de 6,0 t/m² con el fin de limitar los asentamientos. Esta presión admisible se determinó con un factor de seguridad de 3 frente a falla por resistencia al corte.

3.2.10 Paisaje

Un paisaje está conformado por una serie de elementos espaciales (componentes estructural-funcionales), los cuales corresponden a porciones homogéneas del espacio geográfico equiparables a la noción de ecosistema. Los elementos de paisaje son el resultado de la interacción entre los factores formadores del paisaje (clima, geología, hidrología, suelos, vegetación, fauna y el hombre) así como de su variabilidad en el espacio geográfico, a través del tiempo. En la Figura 3-75 se muestra un esquema general con los factores formadores del paisaje y las relaciones que los integran (Etter, 1991).

Figura 3-75 Factores formadores del paisaje y sus interrelaciones



Fuente: Etter, 1991; Etter, 1994; adaptado de Zonneveld, 1979

El análisis ecológico de un paisaje, concebido dentro del marco de la ecología del paisaje, consiste en primera instancia, en la identificación y la delimitación de unidades de paisaje, con base en las características de su expresión externa, en este caso del fenosistema (González-Bernaldez, 1981).

El Fenosistema de un paisaje consta de dos (2) partes principales:

La geoforma: refiere a todos los aspectos relacionados con la morfología de la superficie terrestre como:

- Relieve-volumen
- Forma y longitud de pendientes
- Tipo y densidad de disección del patrón de drenaje

La cobertura: refiere a todos los aspectos que recubren la superficie terrestre, ya sean de origen natural o cultural. Generalmente son de origen biótico, o producidos por algún tipo de proceso natural y/o antrópico como son:

- Fisonomía y composición de la cobertura vegetal expresada por las formas de vida dominantes y sus formas de asociación.
- Estratificación de biomasa
- Coberturas naturales no bióticas (hielo, agua, rocas)
- Coberturas culturales (edificaciones, infraestructura)

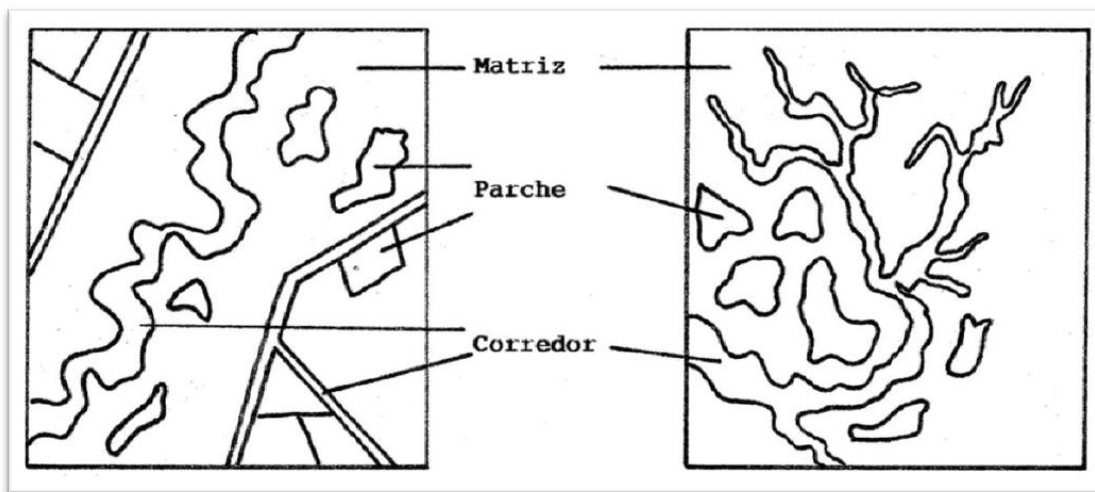
Desde el punto de vista estructural-funcional general, en un paisaje se pueden encontrar tres (3) tipos de elementos espaciales (Forman & Godron, 1986).

- Elementos tipo parche
- Elementos tipo corredor
- Elementos tipo matriz

El carácter de agrupación, heterogeneidad y grado de dominancia de los tres tipos de elementos son características específicas para cada paisaje a la vez que le imprimen propiedades funcionales propias. Los patrones y su configuración están relacionados con el concepto de heterogeneidad espacial (Etter, 1991).

Desde el punto de vista ecológico, el estudio de la estructura del paisaje, así como de sus propiedades de composición (elementos del paisaje) y configuración (disposición espacial de dichos elementos), han sido un objeto de estudio de la ecología del paisaje (Dramstad, Olson & Forman, 1996).

Figura 3-76 Elementos estructurales del paisaje



Fuente: Etter, 1991

3.2.10.1 Área de influencia directa e indirecta

El área de influencia para intervención corresponde al lote preestablecido para la construcción de la subestación, donde la cobertura está dominada por pastizal y maleza, y cuyos alrededores están predominado por el casco urbano. Para el análisis de paisaje aquí expuesto, se tomaron en cuenta el AID y el AII, para definir las unidades de paisaje.

3.2.10.1.1 Calidad de paisaje

- **Escenario natural**

En el área de influencia directa e indirecta del proyecto, los elementos del paisaje de tipo parche, matriz y corredor son evidentes, siendo las estructuras de tipo parche aquellas cuya cobertura vegetal corresponde a remanentes de vegetación de carácter urbano, con fines recreacionales como parques urbanos u otras áreas verdes. La matriz del paisaje corresponde en este caso a zonas netamente antrópicas o de infraestructura como el tejido urbano continuo y las zonas industriales y comerciales. Los elementos de tipo corredor para este caso en particular no son evidentes, se presentan estructuras lineales de carácter artificial que corresponden a la red vial, pero no son consideradas como corredores ya que en términos de funcionalidad y ecología los corredores son remanentes lineales de cobertura natural que conectan de alguna manera los relictos de bosque o facilitan el flujo de fauna además de que brindan un sin número de servicios ecosistémicos.

Es evidente la fragmentación del paisaje a lo largo del tiempo, dada la predominancia de la infraestructura urbana, lo que hace pensar que la cobertura vegetal ha sido intervenida a lo largo del tiempo, permaneciendo únicamente relictos de vegetación que igualmente han sido intervenidas, restauradas o mejoradas.

Se identificaron 11 unidades de paisaje en el área de influencia del proyecto, las cuales se encuentran descritas en la Tabla 3-78 y la Figura 3-77. La unidad que ocupa una mayor porción del terreno comprende las zonas industriales o comerciales en planos y campos de llenos antrópicos, seguido de la red vial y terrenos asociados

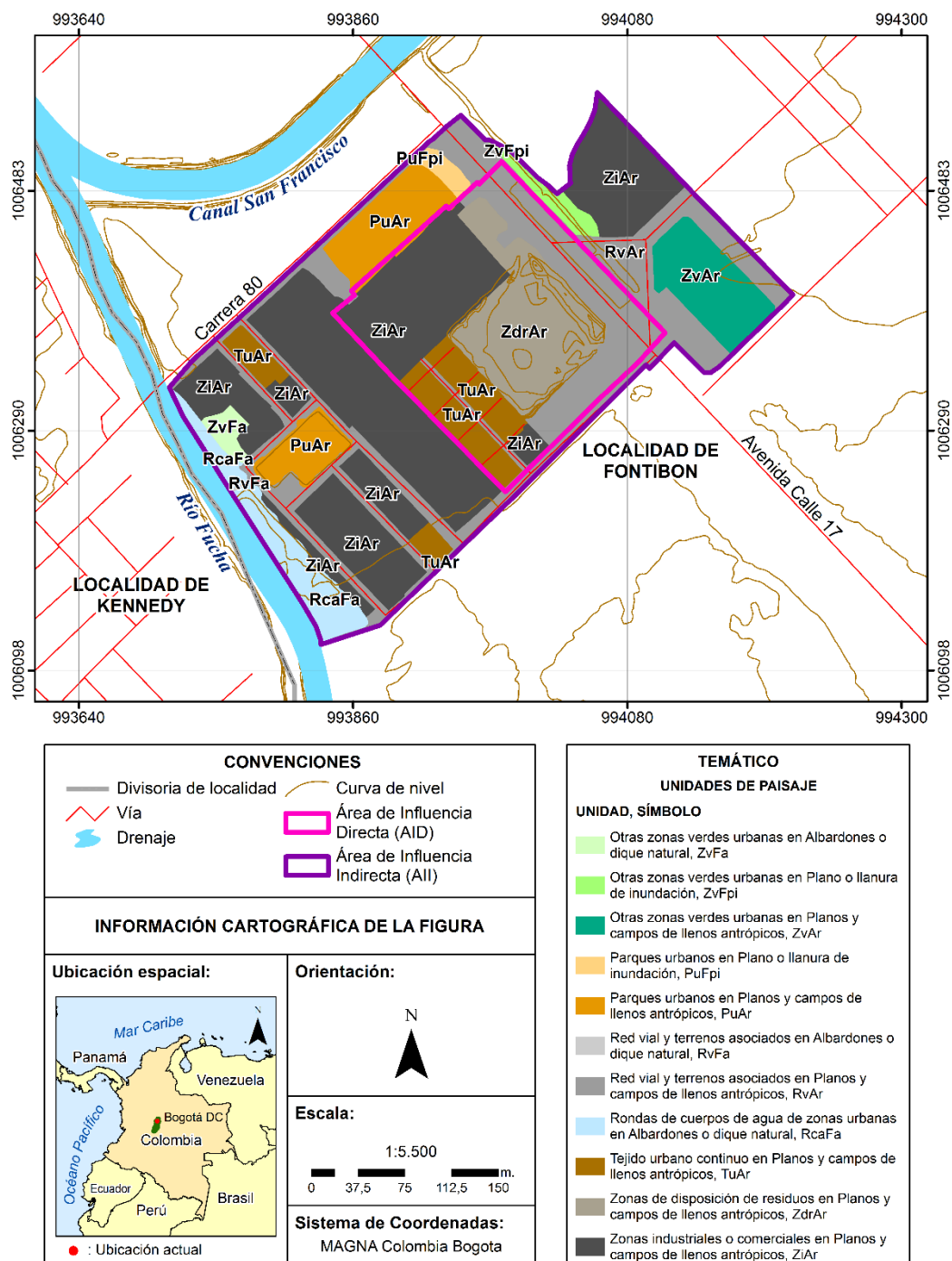
en planos y campos de llenos antrópicos. A nivel general, el paisaje está dominado por coberturas de tipo antrópico en terrenos que han sido transformados a lo largo del tiempo. En las zonas verdes predominan los pastizales enmalezados. Los parques urbanos son los sitios con mayor número de especies arbóreas sumadas las rondas de protección hídrica.

Tabla 3-78 Unidades de paisaje para el área de influencia directa e indirecta

UNIDAD DE PAISAJE	ID	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	
		Área (Ha)	(%)	Área (Ha)	(%)
Otras zonas verdes urbanas en Albardones o dique natural	ZvFa	-	0,00	0,09	1,26
Otras zonas verdes urbanas en Plano o llanura de inundación	ZvFpi	-	0,00	0,13	1,85
Otras zonas verdes urbanas en Planos y campos de llenos antrópicos	ZvAr	-	0,00	0,55	7,63
Parques urbanos en Plano o llanura de inundación	PuFpi	0,00	0,01	0,08	1,09
Parques urbanos en Planos y campos de llenos antrópicos	PuAr	0,03	0,87	0,72	10,04
Red vial y terrenos asociados en Albardones o dique natural	RvFa	-	0,00	0,004	0,06
Red vial y terrenos asociados en Planos y campos de llenos antrópicos	RvAr	0,99	27,73	1,90	26,51
Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas en Albardones o dique natural	RcaFa	-	0,00	0,49	6,76
Tejido urbano continuo en Planos y campos de llenos antrópicos	TuAr	0,52	14,54	0,19	2,65
Zonas de disposición de residuos en Planos y campos de llenos antrópicos	ZdrAr	1,04	28,99	-	0,00
Zonas industriales o comerciales en Planos y campos de llenos antrópicos	ZiAr	1,00	27,85	3,03	42,16
Total general		3,581	100%	7,177	100

Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Figura 3-77 Unidades de paisaje (AII y AID)



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

- **Zonas verdes urbanas**

Fotografía 3-16 Otras zonas verdes aledañas a la Avenida Centenario-Cll 17



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

- **Zonas de disposición de residuos**

Fotografía 3-17 Zonas de disposición de residuos dentro del predio destinado para la construcción de la subestación



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

Fotografía 3-18 Residuos registrados dentro del predio destinado para la construcción de la subestación



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

- **Rondas de cuerpos de agua**

Fotografía 3-19 Ronda del río Fucha



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

La ronda del Río Fucha hace parte del AII del proyecto, donde se presentan árboles que generan un mayor valor paisajístico, cuya geomorfología corresponde a albardones o dique natural. Es de anotar que, el canal del río Fucha propiamente dicho no hace parte del área de influencia, razón por la que no se encuentra definido dentro de las unidades de paisaje.

- **Impacto escénico**

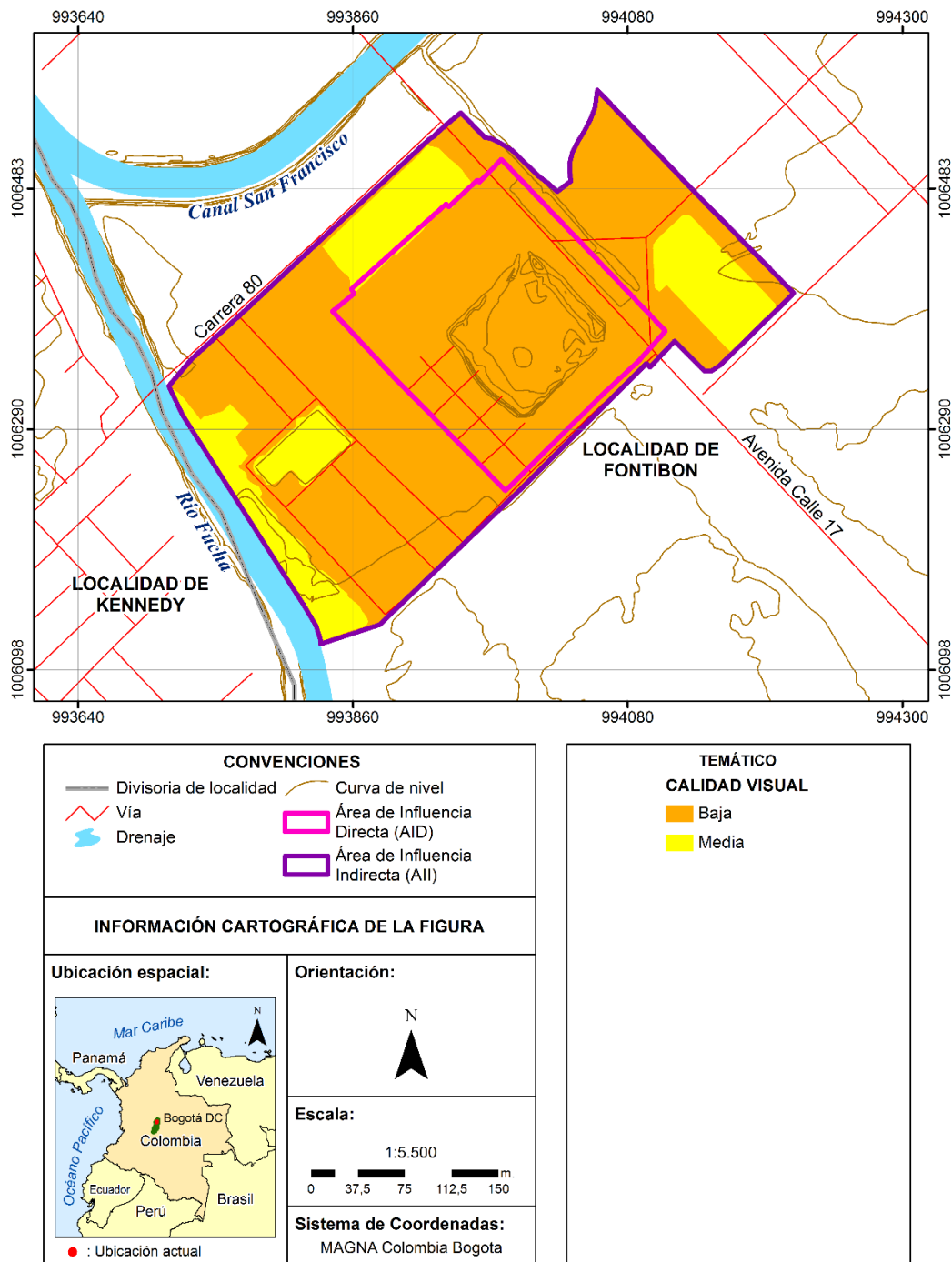
Uno de los mayores impactos generados por proyectos de transmisión de energía es la afectación de la calidad visual del paisaje. Con la implementación del proyecto “construcción de la subestación terminal y línea asociada a 115 kV” se promoverán cambios en cuanto a la calidad visual del paisaje y el cambio en la percepción del territorio, los cuales son analizados en el capítulo 5 evaluación ambiental.

- **Calidad visual del paisaje**

Para estimar la calidad visual del paisaje se tuvo en cuenta la metodología expuesta por Montoya, Padilla & Camargo (2003). Tomando en cuenta la información cartográfica disponible para Bogotá, que para el caso correspondió a la capa de vías, topografía, vegetación, cuerpos de agua e infraestructura urbana; se evaluó cada unidad de paisaje asignando valores que permitieron agrupar cada componente y asignar criterios de calidad de paisaje.

La calidad visual del paisaje es de baja a moderada ya que es un sector netamente urbano, que ha sido ampliamente impactado y modificado antrópicamente a lo largo de los años, evidenciándose la fragmentación del paisaje.

Figura 3-78 Calidad visual del paisaje (AII y AID)



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

- **Sitios de interés paisajístico**

Para este caso en particular los sitios que por su belleza escénica deben ser considerados de interés paisajístico son los remanentes de vegetación que se ubican en las rondas de protección hídrica, los cuales se encuentran fuera de las áreas de influencia del proyecto. Otro aspecto relevante del paisaje trata de las especies arbóreas que se ubican en los alrededores de las vías y parques urbanos ya que brindan una mejor calidad paisajística, por lo que deben ser considerados al momento de la implementación de la subestación.

**Fotografía 3-20 Especies de flora ubicadas en el
AID del proyecto**



Fuente: INGEDISA Ingeniería y Diseño, 2018

BIBLIOGRAFÍA

AC ENERGY, Ingeniería de diseño. Informe de Estudio de Suelos, Subestación Terminal, OT16-152, 2016.

ACOSTA, J. (2001). GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 227 LA MESA, MEMORIA EXPLICATIVA. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Decreto 523 (16, diciembre, 2010). Por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C. Bogotá D.C.: La Alcaldía.

AUGE, Miguel. Vulnerabilidad de acuíferos, conceptos y métodos. Buenos Aires, 2004, 38 h. Investigación. Universidad de Buenos Aires. Disponible en el catálogo en línea de la Biblioteca de la Universidad de Buenos Aires: [http://www.filo.uba.ar/contenidos/investigacion/institutos/geo_bkp/geocritica2010/gaye/archivos_pdf/Vulnerabilidad Conceptos.pdf](http://www.filo.uba.ar/contenidos/investigacion/institutos/geo_bkp/geocritica2010/gaye/archivos_pdf/Vulnerabilidad_Conceptos.pdf) > [citado en 20 de abril de 2018]

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ - DAPD. Decreto Distrital 190 de 2004. Por medio del Cual se Compilan las Disposiciones Contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003. Plan de ordenamiento Territorial de Bogotá. (2004)

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Decreto 469 (23, diciembre, 2003). Por el cual se revisa el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C. La Alcaldía: Bogotá.

SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. Decreto Distrital 622 (29 de diciembre de 2006). Por el cual se reglamenta la Unidad de Planeamiento Zonal UPZ N°112, Granjas de Techo, Ubicada en la Localidad de Fontibón. Disponible en línea: <http://www.sdp.gov.co/gestion-territorial/norma-urbana/proyectos-de-norma/unidad-de-planeamiento-zonal-no-112-granjas-de>. [citado: 28 de febrero 2019].

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. (2013). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca hidrográfica del Río Bogotá [en línea]. < <http://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=43316> [citado en 13 de abril de 2018].

DRAMSTAD, W., Olson, J., & Forman, R. T. T. (1996). Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning. Harvard.

ETTER, Andrés. Introducción a la ecología del paisaje [1991] [en línea] < https://www.researchgate.net/profile/Andres_Etter/publication/266391069_INTRODUCCION_A_LA_ECOLOGIA_D_EL_PAISAJE_Un_Marco_de_Integracion_para_los_Levantamientos_Ecologicos/links/543052fb0cf29bbc12771d98/INTRODUCCION-A-LA-ECOLOGIA-DEL-PAISAJE-Un-Marco-de-Integracion-para-los-Levantamientos-Ecologicos.pdf > [citado en 16 de abril de 2018].

FORMAN, R. T. T., & Godron, M. 1986. Landscape Ecology: J. Wiley & N. Y. Sons, Eds. ISBN-13: 978-0471870371, p. 619.

FUNDACIÓN HUMEDALES BOGOTÁ. Humedal El Burro [en línea] < <http://humedalesbogota.com/humedal-el-burro/> > [citado en 16 de abril de 2018].

GONZALEZ, Álvaro. Calculo Simplificado de capacidad portante de cimientos superficiales en ladera. Escuela Colombiana De Ingeniería - III Encuentro de ingenieros de suelos y estructuras, 2003.

GONZÁLEZ-BERNALDEZ, F. 1981. Ecología y Paisaje: Blume, Ed. Barcelona. ISBN-10: 8472142272, p 256.

HISCOCK, K. 2005. Hydrogeology. Principles and Practice. XVI + 389 pp. Malden, Oxford, Carlton: Blackwell Publishing. ISBN 0 632 05763 7. Geological Magazine - Volume 144 Issue 1

IDEAM. Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo [en línea] < <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21135/CARACTERIZACION+CLIMATICA+BOGOTA.pdf/d7e42ed8-a6ef-4a62-b38f-f36f58db29aa> [citado en 11 de abril de 2018].

IDEAM. Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000 [en línea] < http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152722/Guia_Enero_201401+%281%29.pdf/501aa421-a0e4-4a1d-a5c8-d6cb1b0de520 [citado en 11 de abril de 2018].

JULIVERT, M. (2014). Observaciones sobre el cuaternario de la Sabana de Bogotá. Boletín de Geología, [S.l.], n. 7. ISSN 2145-8553.

MONTOYA, R., Padilla, J., & Camargo, S. (2003). Valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje en el Valle De Zapotitlán De Las Salinas, Puebla (México). Boletín de la A. G. E., 35, 123–136.

OBSERVATORIO AMBIENTAL DE BOGOTÁ. PLAN AMBIENTAL LOCAL LOCALIDAD DE FONTIBÓN 2017 – 2020 [en línea] < <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/plan-ambiental-local-br-localidad-de-fontibon-br-2017-2020> [citado en: 28 de agosto de 2018]

SECRETARÍA DE AMBIENTE. Plan de manejo humedal de Techo [en línea] < https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0ahUKEwiQ_eX5lr_aAhUkxVkkHZeiBpQQFghmMAU&url=http%3A%2F%2Foab2.ambientebogota.gov.co%2Fapc-aa-files%2F57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a%2Fplan_de_manejo_humedal_techo.pdf&usg=AOvVaw2zN2VLOu2ia-hY-mAn6bQf [citado en 16 de abril de 2018].

SECRETARÍA DE AMBIENTE. Plan de manejo humedal La Vaca [en línea] < https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0ahUKEwiBgr2y3b_aAhXwp1kKHV_dCgMQFghgMAG&url=http%3A%2F%2Foab2.ambientebogota.gov.co%2Fapc-aa-files%2F57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a%2FPMA_LaVaca.pdf&usg=AOvVaw3DqaYZf3642Blcsrq71JhH [citado en 16 de abril de 2018].

SUAREZ, Jaime. Deslizamientos – Análisis Geotécnicos. 2001. [En línea]. Disponible en: http://www.erosion.com.co/index.php?option=com_content&task=view&id=155&Itemid=1. Citado en abril 20 de 2018.

TORRES, D. M. (2005). Geología de la sabana de Bogotá. Bogotá: INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS.

VARGAS CUERVO, German "Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimiento en masa" En: Colombia 1999. Ed: ISBN: 958-33-1276-2 v. 2500, pág. 197.

ROBINS, N. Groundwater pollution, aquifer recharge and vulnerability. En: Geological Society Special Publication No. 130 (1998); p ISBN-10 1897799985.