



**ENEL COLOMBIA S.A. E.SP.**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE  
TRANSMISIÓN A 115 kV”**

**CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA  
SUBCAPÍTULO 5.1 MEDIO ABIÓTICO  
ACÁPITE 5.1.9 HIDROGEOLOGÍA**

**POR:**



**INGEDISA**  
INGENIERÍA & DISEÑO

**Bogotá, diciembre de 2023**



**ENEL COLOMBIA S.A. E.SP.**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**  
**PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE**  
**TRANSMISIÓN A 115 kV”**  
**CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA**  
**SUBCAPÍTULO 5.1 MEDIO ABIÓTICO**  
**ACÁPITE 5.1.7 HIDROGEOLOGÍA**


**POR:**



**INGEDISA**  
INGENIERÍA & DISEÑO

**Bogotá, diciembre de 2023**

1	Versión 1	F. Fuentes	S. Rocero	K. Martínez	21/11/2023
0	Versión inicial	F. Fuentes	S. Rocero J. Yopasa	K. Martínez	27/09/2023
<b>Rev.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Elaboró</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	<b>Fecha</b>

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.1
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 3

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....	5
5.1 Medio Abiótico .....	5
5.1.9 Hidrogeología .....	5
5.1.9.1 Unidades hidrogeológicas .....	6
5.1.9.2 Caracterización hidrogeológica.....	7
5.1.9.3 Inventario de captaciones de agua subterránea .....	12
5.1.9.4 Dirección de flujo .....	17
5.1.9.5 Zonas de recarga y descarga .....	19
5.1.9.6 Vulnerabilidad.....	23
5.1.9.7 Geofísica .....	28
5.1.9.8 Modelo hidrogeológico conceptual.....	29
BIBLIOGRAFIA .....	32

## LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 5-1 Distribución espacial de las unidades hidrogeológicas en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva .....	11
Figura 5-2 Puntos hidrogeológicos en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva .....	15
Figura 5-3 Direcciones de flujo somero en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva .....	18
Figura 5-4 Zonas potenciales de recarga en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva .....	22
Figura 5-5 Vulnerabilidad por método “GOD” en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva .....	27
Figura 5-6 Perfiles geofísicos regionales ubicados sobre el aeropuerto Guaymaral .....	29
Figura 5-7 Modelo hidrogeológico conceptual.....	31

## LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 5-1 Unidades hidrogeológicas en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva .....	7
Tabla 5-2 Características de la unidad hidrogeológica del área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva .....	10
Tabla 5-3 Piezómetros de la red de monitoreo Guaymaral .....	12
Tabla 5-4 Puntos de agua subterránea identificados por la SDA .....	13
Tabla 5-5 Inventario de puntos de agua subterránea en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva .....	16
Tabla 5-6 Variables y evaluación de zonas de recarga .....	19


	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 4</b>

Tabla 5-7 Potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto y distribución espacial de las zonas de recarga.....	20
Tabla 5-8 Valoraciones parámetros método GOD .....	24
Tabla 5-9 Vulnerabilidad de acuíferos en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva .....	26
Tabla 5-10 SEV’s usados en los perfiles geoeléctricos.....	28

#### LISTADO DE ANEXOS


**Pág.**

1. FUNIAS
2. Metodología recarga

#### LISTADO DE ANEXOS CARTOGRÁFICOS (cuando aplique)

**Pág.**

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 5</b>

## 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

### 5.1 Medio Abiótico

#### 5.1.9 Hidrogeología

El capítulo establecido en el numeral 5.1.9 (Hidrogeología), se realizó con base de los Términos de Referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17<sup>1</sup>, según lo expuesto por la Secretaría Distrital de Ambiente a través del Radicado 2023EE119018 del 29 de mayo de 2023 y la Metodología general para elaboración de estudios ambientales<sup>2</sup>.

Se presenta el componente hidrogeológico, en el marco de la caracterización del medio abiótico frente a las actividades del proyecto; por tanto, la caracterización hidrogeológica tiene como objetivos principales:

- Evaluar el potencial hidrogeológico de las rocas y sedimentos para almacenar y transmitir agua.
- Identificar la posible afectación de los acuíferos a ser contaminados mediante zonificación de vulnerabilidad de acuíferos.
- Identificar los diferentes usos y usuarios de los denominados puntos de agua subterránea.
- Describir posibles interconexiones hidráulicas de los acuíferos con los cuerpos superficiales.
- Evaluar zonas de recarga, tránsito y descarga de los acuíferos.
- Realizar las direcciones de flujo somero.

Para la elaboración del componente hidrogeológico se realizaron actividades de recopilación, análisis y validación de información existente, en la cual se tuvo en cuenta la Plancha geológica 228, realizada por el Servicio Geológico Colombiano<sup>3</sup> antiguo Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras (INGEOMINAS) y su respectiva memoria, y la memoria técnica del Atlas de aguas subterráneas, plancha 5-09<sup>4</sup>.

Se utilizó información adquirida en los aspectos de geología, geomorfología, edafología, cobertura vegetal e hidrología, se realizaron tareas específicas que incluyen información en campo para el reconocimiento de la zona de evaluación, así como el inventario de puntos de agua subterránea, el cual se realizó a partir de una visita a los sitios de intervención para identificar posibles puntos de agua subterránea que incluyen aljibes, pozos y manantiales, y su ronda de protección ambiental.


Para la elaboración de la cartografía hidrogeológica y caracterización de las unidades, se

<sup>1</sup> AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA). Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA para Proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica TdR-17. 2018. p 45.

<sup>2</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS). Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. 2018. P 64.

<sup>3</sup> SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC). Geología de la plancha 228 Santafé de Bogotá Noreste. 2015.

<sup>4</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (INGEOMINAS). Proyecto atlas de agua subterráneas de Colombia escala 1:500.000. Memoria técnica de la plancha 5-09. 2004.

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 6</b>

siguieron los lineamientos propuestos en los estándares internacionales, en este sentido se adopta la nomenclatura de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH) “Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos” (UNESCO,1983)<sup>5</sup>. La leyenda se basa en la asignación de categorías hidrogeológicas con base en el potencial de rocas y sedimentos para almacenar y transmitir agua subterránea, en función de la composición, permeabilidad y capacidad específica de cada unidad litológica evaluada.

El Proyecto para el tramo aéreo busca la ubicación de torres de soporte separadas a distancias considerables para el tendido de cuerdas eléctricas aéreas, tienen muy poco contacto con la superficie terrestre, no abran vertimientos, ni concesiones de agua subterránea, las intervenciones serán puntuales por lo que el proyecto no presenta restricciones desde el punto de vista hidrogeológico, para la subestación al estar en áreas intervenidas antrópicamente y al no requerir uso de agua subterránea se considera que el impacto es puntual e irrelevante.

En cuanto al tramo subterráneo la apertura de zanja alcanzará una profundidad máxima de 3 metros; teniendo en cuenta que la recuperación de estos sitios se da a corto plazo debido a las condiciones normales del acuífero de la Formación Sabana, se considera que la intervención no afectará la dinámica de este; adicional el acuífero de la Formación Sabana aprovechable se encuentra a mayores profundidades, donde se presentan pozos con profundidades de más de 30 metros.

#### **5.1.9.1 Unidades hidrogeológicas**

Tomado como referencia el capítulo 5.1.1 Geología se toman las unidades litoestratigráficas, a partir de estas formaciones geológicas se clasifican en unidades hidrogeológicas según el potencial de almacenamiento y transmisión de agua subterránea.

A continuación, se presenta la descripción de las unidades hidrogeológicas identificadas en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva.


##### **5.1.9.1.1 Acuíferos**

Es la unidad geológica que permite el almacenamiento y circulación del agua dadas sus condiciones de permeabilidad suficientes para generar acumulaciones significativas del recurso hídrico, los acuíferos más comunes son las arenas y gravas (materiales no consolidados), pero rocas sedimentarias permeables tales como las areniscas, calizas, rocas cristalinas fracturadas y volcánicas intensamente meteorizadas o fracturadas también pueden ser clasificadas como acuíferos<sup>6</sup>, en el área de influencia físico- biótica paisaje-definitiva, la mayor parte de la misma, está conformada por acuíferos de porosidad primaria de la Formación Sabana (Q1sa) abarcando el 81,27% del área con 367,79 ha (ver Tabla 5-1).

##### **5.1.9.1.2 Acuitardos**

<sup>5</sup> UNESCO, IAH, IAHS. International Legend for Hydrogeological Maps. 1983

<sup>6</sup> SANCHEZ, J. Conceptos Básicos de Hidrogeología, Universidad de Salamanca. Salamanca. 2014.

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 7</b>

Corresponde a una unidad geológica que contiene apreciables cantidades de agua y la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptos para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas, sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos, que puede llegar a ser muy importante.<sup>7</sup>, en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva se encuentra el acuitardo de la Formación Chía (Q2ch) que ocupan 84,76 ha (ver Tabla 5-1).

### 5.1.9.2 Caracterización hidrogeológica

En la Tabla 5-1 se presentan las unidades hidrogeológicas identificadas en el área de influencia físico-biótico-paisaje-definitiva, una vez llevada a cabo la fase de campo, se determinó que la zona cuenta con unidades acuíferas y acuitardos, con diferentes capacidades de almacenar y transmitir agua subterránea, como se muestra a continuación.

**Tabla 5-1 Unidades hidrogeológicas en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva**


Sistema de acuífero		Características de los acuíferos	Unidades hidrogeológicas			
Sedimentos y rocas con flujo intergranular			Área (ha)		%	
A1	Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m	Sistemas de acuíferos continuos de extensión regional a local, conformados por rocas de edad Neógena y cretácica de ambiente fluvial y continental, representan acuíferos libres y confinados. Almacena aguas dulces que requieren tratamientos para algunos usos.	Acuífero Sabana	Q1sa	367,79	81,27
Sedimentos y rocas con recursos limitados de agua			Área (ha)		%	
C1	Sistemas acuitardos de muy baja productividad, capacidad específica menor a 0,05 l/s/m	Complejo de rocas sedimentarias de origen marino, compuestas principalmente arcillosas, de poca importancia hidrogeológica.	Acuitardo Chía	Q2ch	84,76	18,73
Total					452,55	100

Fuente: INGEDISA S.A. 2023

A partir de la Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos<sup>8</sup>, se identificaron que en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva acuíferos de porosidad primaria perteneciente a los sedimentos y rocas con flujo intergranular representados por el acuífero Sabana; también se encontraron sistemas de muy baja productividad comportándose como acuitardos con extensiones locales compuestas principalmente por arcillas y de poca importancia hidrogeológica (Formación Chía).

<sup>7</sup> Ibid.

<sup>8</sup> UNESCO, IAH, IAHS. International Legend for Hydrogeological Maps. 1983

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 8</b>

#### **5.1.9.2.1 Sedimentos y rocas con flujo intergranular**

Esta corresponde a las unidades con mayor importancia hidrogeológica del área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva, la principal fuente de recarga se da a través de aguas lluvias y aguas de escorrentía.

Los sedimentos y rocas con flujo intergranular se encuentran representados por depósitos no consolidados de arenas, gravas, limos y arcillas intercaladas, de poco espesor, de edad Cuaternario Reciente (Holoceno). Estos acuíferos están conectados hidráulicamente con los acuíferos infrayacentes.

- **Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m**
- **Acuífero de la Formación Sabana (Q1sa)**

Presenta un acuífero superficial de origen continental y lacustrino, de tipo multicapa, de carácter semiconfinado a confinado, conformado principalmente por arcillas orgánicas, arenosas y turba-lignita, son depósitos antiguos de lagos que reposaban sobre la planicie constituidos por sedimentos finos y llegan a alcanzar espesores de hasta 320 metros<sup>9</sup>; es el acuífero de mayor extensión en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva lo que lo hace el de mayor importancia hidrogeológica.

El flujo del agua subterránea es de carácter regional, profundo, moviéndose desde la zona de recarga ubicada en la cordillera oriental, el flujo subterráneo es en dirección hacia río Bogotá, donde ocurre su descarga, también existen descargas artificiales mediante aljibes y pozos. Los niveles de agua en la mayor parte del área se encuentran entre 5 metros y 1 metros, varía de acuerdo con la condición climática que puede generar abatimientos.

#### **5.1.9.2.2 Sedimentos y rocas con recursos limitados de agua**


En este sistema acuífero se clasifican las formaciones que, aunque pueden contener agua, la transmiten de forma muy lenta por lo que se consideran impermeables, o de muy baja permeabilidad, de estos sistemas no es posible extraer agua subterránea en buenas cantidades para uso doméstico o pecuario.

- **Sistemas acuitardo de muy baja productividad, capacidad específica menor a 0,05 l/s/m**
- **Acuitardo de la Formación Chía (Q2ch)**

Es un acuífero conformado por sedimentos inconsolidados del cuaternario, son de tipo semiconfinado a confinado y por lo general están conectados hidráulicamente con los acuíferos infrayacentes, en este caso con los acuíferos de la Formación Sabana. Son de extensión local, discontinuos y en su mayoría de baja productividad, con una capacidad

<sup>9</sup> SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC). Geología de la plancha 228 Santafé de Bogotá Noreste. 2015. p.82.




	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 9</b>

específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m. Está compuesto principalmente por arcillas en ocasiones moteadas de color naranja y gris, intercalados con limos y arcillas orgánicas diatomíticas.

De acuerdo con la caracterización de las zonas de recarga realizada para los sedimentos con flujo esencialmente intergranular, el área de recarga de estos acuíferos se considera de baja capacidad de infiltración, la cual proviene principalmente de agua lluvia. Otro tipo de recarga se efectúa a través de las corrientes superficiales, pero únicamente durante las épocas de lluvia, por cuanto la mayoría de las corrientes son intermitentes. El flujo subterráneo vertical y lateral se considera de carácter local convirtiéndose en las épocas de sequía en un pequeño flujo base de las pocas corrientes perennes.

En la Tabla 5-2 se puede observar las principales características hidro geoquímicas y físicas de las unidades acuíferas del área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva y el porcentaje del área que abarca cada una de las diferentes unidades.

En la Figura 5-1 se puede observar la distribución espacial de las unidades hidrogeológicas en el área físico-biótica-paisaje-definitiva, donde se observa la predominancia del acuífero de la Formación Sabana.

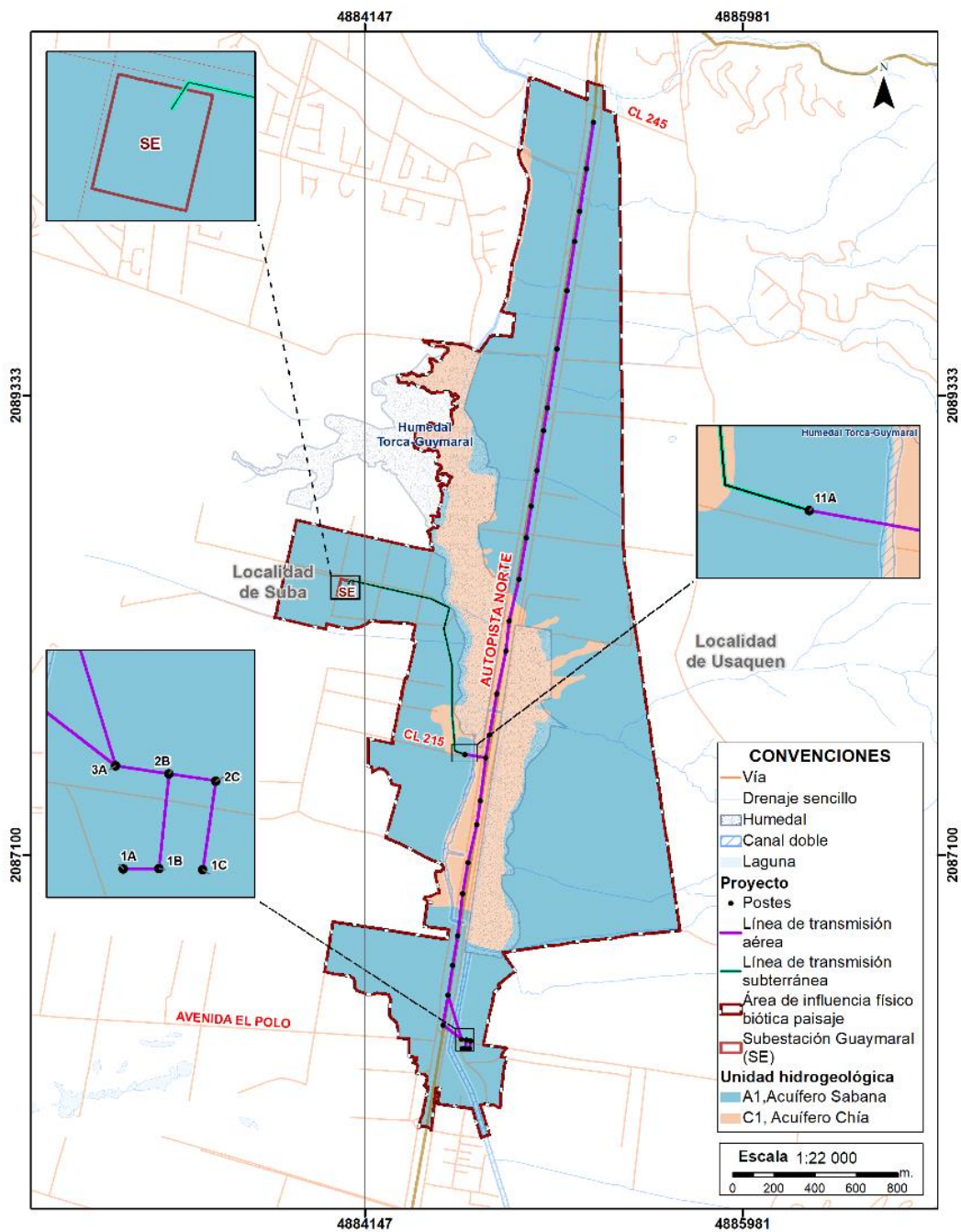
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.1
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 10

**Tabla 5-2 Características de la unidad hidrogeológica del área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva**


Unidad hidrogeológica	Espesor (m)	Conductividad Hidráulica	Transmisividad (T)	Características hidro geoquímicas	Capacidad específica	Área (ha)	Área (%)
Acuífero Sabana	320	3,6 - 6,24 (m/día)	5 – 75 (m2/día)	Temperatura promedio: 16,2°C. pH se conocen valores desde 5,57 hasta 7,82. Se debe realizar tratamiento para el hierro.	entre 1,0 y 2,0 l/s/m	367,79	81,27
Acuitardo Chía	<500	0,15-3,5 (m/día)	7,3-52,45 (m2/día)	Temperatura promedio: 16,2°C. pH se conocen valores desde 5,57 hasta 7,82. Se debe realizar tratamiento para el hierro.	entre 0,05 y 1,0 l/s/m	84,76	18,73
<b>TOTAL</b>						<b>452,55</b>	<b>100</b>

Fuente: POMCA Río Bogotá 2019 adaptado por INGEDISA S.A. 2023

**Figura 5-1 Distribución espacial de las unidades hidrogeológicas en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva**



Fuente: INGEDISA S.A. 2023

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 12</b>

### 5.1.9.3 Inventario de captaciones de agua subterránea

El inventario es un método de recopilación y análisis de los datos relacionados con la hidrogeología y que proceden de la información de usuarios de los denominados puntos de agua; se utiliza para conocer rápidamente las características hidrogeológicas de una zona determinada. De acuerdo con lo anterior se puede definir un punto de agua subterránea como un lugar, obra civil o circunstancia que permita un acceso directo o indirecto a un acuífero, estos pueden incluir perforaciones existentes (pozos o aljibes), también se cuentan las fuentes o surgencias naturales (manantiales).


Así mismo, para la verificación de la información del inventario de puntos de agua subterránea se realizó una visita en campo a los sitios de intervención del proyecto y 100 metros a la redonda de estos; el trabajo se llevó a cabo en una campaña en periodo climático seco como se pudo observar en la Tabla 5-5, adicional a estos puntos se tuvo en cuenta el inventario del capítulo 5.1.8 Usos y usuarios. En la Figura 5-2 se observan los puntos hidrogeológicos inventariados en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva.

Adicional al campo desarrollado en cercanía de las diferentes estructuras del proyecto, se tuvo en cuenta la información secundaria oficial de la Secretaria Distrital de Ambiente y de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, para determinar las concesiones que se tienen en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva.

En la Tabla 5-3 se observan los puntos de monitoreo instalados por el proyecto Lagos de Torca-Guaymaral, donde fueron identificados cinco (5) piezómetros que actualmente están en funcionamiento y siete (7) que no se encuentran en uso.

**Tabla 5-3 Piezómetros de la red de monitoreo Lagos de Torca-Guaymaral**

Id	Municipio	Condición	Uso	Coordenadas origen nacional CTM-12		Tipo de punto	Nivel Freático	Predio
				Este	Norte			
PZ-2	Bogotá D.C	Inactivo*	Monitoreo	4884943,765	2090799,995	Piezómetro	No aplica	S. I
PZ-4	Bogotá D.C	Inactivo*	Monitoreo	4885315,281	2088742,717	Piezómetro	No aplica	S. I
PZ-6	Bogotá D.C	Activo	Monitoreo	4884652,583	2089301,406	Piezómetro	2,22	Centro Comercial Bima
PZ-7	Bogotá D.C	Inactivo*	Monitoreo	4884739,52	2088661,676	Piezómetro	No aplica	S. I
PZ-10	Bogotá D.C	Inactivo*	Monitoreo	4885387,966	2088571,711	Piezómetro	No aplica	S. I
PZ-12	Bogotá D.C	Inactivo*	Monitoreo	4885257,395	2088156,181	Piezómetro	No aplica	S. I
PZ-14	Bogotá D.C	Inactivo*	Monitoreo	4885066,143	2089188,826	Piezómetro	No aplica	S. I
PZ-19	Bogotá D.C	Activo	Monitoreo	4884304,395	2086498,731	Piezómetro	2,11	Escuela Colombiana de ingeniería
PZ-20	Bogotá D.C	Inactivo*	Monitoreo	4884567,612	2087379,76	Piezómetro	No aplica	S. I
PZ- T1	Bogotá D.C	Activo	Monitoreo	4884766,218	2088480,748	Piezómetro	1,48	Bomba Texaco

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 5.1
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 13


Id	Municipio	Condición	Uso	Coordenadas origen nacional CTM-12		Tipo de punto	Nivel Freático	Predio
				Este	Norte			
PZ- T2	Bogotá D.C	Activo	Monitoreo	4884742,28	2088510,767	Piezómetro	1,52	Bomba Texaco
PZ- T3	Bogotá D.C	Activo	Monitoreo	4884773,259	2088509,719	Piezómetro	0,52	Bomba Texaco

\* Piezómetros no encontrados en las campañas, posiblemente colmatados

Se consultó y revisó la información oficial de la Secretaria Distrital de medio Ambiente (SDA) remitida a través del radicado 2023EE153193 del 07 de julio de 2023; en donde se encuentra la información de concesiones de aguas subterráneas ubicadas en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva, actualmente cuentan con 25 puntos de agua subterránea de los cuales 23 son pozos y dos (2) son aljibes, a continuación, se relacionan estos puntos (ver Tabla 5-4).

**Tabla 5-4 Puntos de agua subterránea identificados por la SDA**

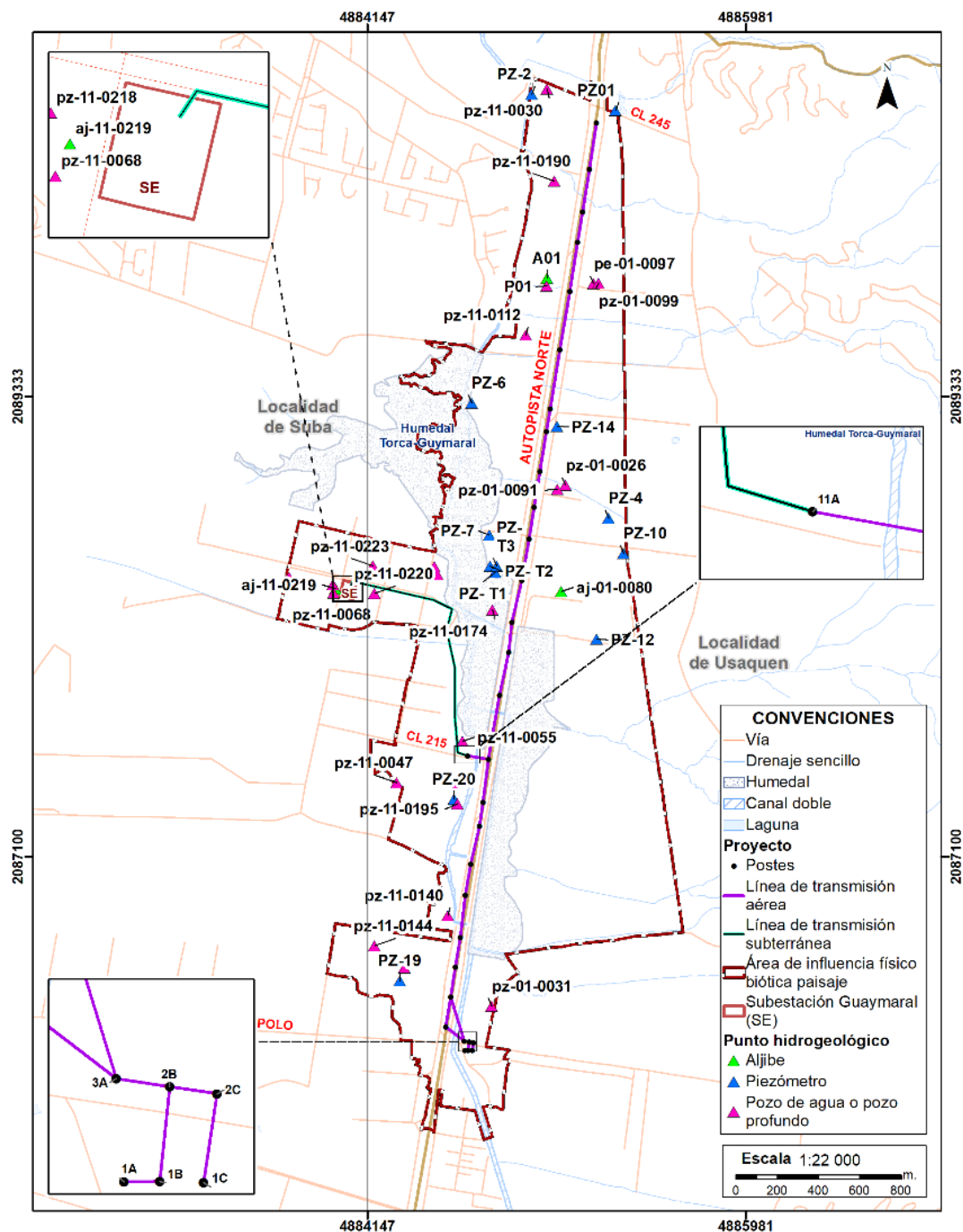
Id	Municipio	Predio	Tipo de punto	Uso	Coordenadas origen nacional CTM-12	
					Este	Norte
pz-01-0026	Bogotá D.C	Global Frb S.A.S. - Finca La Gloria	Pozo	Concesión vigente	4885106,76	2088902,8
pz-01-0031	Bogotá D.C	Jardines De Paz S.A.	Pozo	Concesión vigente	4884749,41	2086375,97
pz-11-0030	Bogotá D.C	Corporación Bogotá Tenis Club Campestre	Pozo	Concesión vigente	4885017,94	2090826,04
pz-11-0047	Bogotá D.C	Caja De Compensación Familiar Cafam	Pozo	Concesión vigente	4884289,27	2087459,16
pz-11-0051	Bogotá D.C	Comunidad Religiosa Clérigos De San Viator	Pozo	Concesión vigente	4884571,13	2087363,88
pz-11-0140	Bogotá D.C	Parques Y Funerarias S.A.S. - Jardines Del Recuerdo	Pozo	Concesión vigente	4884537,24	2086816,13
pz-11-0144	Bogotá D.C	Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito	Pozo	Concesión vigente	4884181,14	2086667,85
pz-11-0190	Bogotá D.C	Cemex Colombia S.A.	Pozo	Concesión vigente	4885053,9	2090378,68
pz-11-0195	Bogotá D.C	Comunidad Religiosa Clérigos De San Viator	Pozo	Concesión vigente	4884584,02	2087357,98
pz-11-0214	Bogotá D.C	Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito	Pozo	Concesión vigente	4884326,22	2086562,52
pz-11-0223	Bogotá D.C	San Ángelo S.A.S. Gimnasio San Ángelo	Pozo	Concesión vigente	4884173,68	2088511,27

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>		<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
			<b>VERSIÓN: 00</b>
			<b>PÁG. 14</b>

Id	Municipio	Predio	Tipo de punto	Uso	Coordenadas origen nacional CTM-12	
					Este	Norte
pz-11-0112	Bogotá D.C	Hyundai Colombia Automotriz S.A.	Pozo	En trámite ambiental	4884914,73	2089631,87
aj-01-0080	Bogotá D.C	Inversiones La Santamaria S.A En Liquidación - Chico Futbol Club	Aljibe	En trámite ambiental	4885087,52	2088387,69
aj-11-0219	Bogotá D.C	UDCA El Remanso No. 1	Aljibe	En trámite ambiental	4883993,17	2088400,86
pe-01-0097	Bogotá D.C	ETB	Pozo	En trámite ambiental	4885242,86	2089880,88
pz-01-0091	Bogotá D.C	Sociedad Global Frb SAS No. 2	Pozo	Concesión vigente	4885068,37	2088882,21
pz-01-0099	Bogotá D.C	Etb No. 2	Pozo	En trámite ambiental	4885268,33	2089883,66
pz-11-0032	Bogotá D.C	Transportadora Escolar Camargo Hermanos Tech No. 1	Pozo	En trámite ambiental	4884487,78	2088468,98
pz-11-0035	Bogotá D.C	Gimnasio Campestre Lasalett	Pozo	En trámite ambiental	4884473	2088509,23
pz-11-0055	Bogotá D.C	Mazmotor - Finca Monteperla	Pozo	En trámite ambiental	4884608,8	2087661,24
pz-11-0068	Bogotá D.C	Industrias El Oasis	Pozo	En trámite ambiental	4883983,65	2088379,55
pz-11-0148	Bogotá D.C	Colegio Santa Mariana De Jesús No. 1	Pozo	En trámite ambiental	4883769	2088455,83
pz-11-0174	Bogotá D.C	Lote San Mauricio	Pozo	En trámite ambiental	4884752,72	2088298,34
pz-11-0218	Bogotá D.C	UDCA El Remanso No. 2	Pozo	En trámite ambiental	4883980,47	2088421,46
pz-11-0220	Bogotá D.C	UDCA Oriental	Pozo	En trámite ambiental	4884182,44	2088377,22

Fuente: INGEDISA S.A. 2023




Figura 5-2 Puntos hidrogeológicos en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva



Fuente: INGEDISA S.A. 2023




**Tabla 5-5 Inventario de puntos de agua subterránea en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva**

Id	Municipio	Predio	Condición	Uso	Coordenadas origen nacional CTM-12		Tipo de punto	Caudal (l/s)	Unidad acuífera captada	Registro fotográfico
					Este	Norte				
A01	Bogotá D.C	Sin información	En uso	Doméstico y pecuarios	4885017,72	2089906,98	Aljibe	0,8	Acuífero Sabana	
P01	Bogotá D.C	Sin información	Abandonado	Sin uso	4885017	2089870	Pozo	No aplica	Acuífero Sabana	
PZ01	Bogotá D.C	Vía publica	No aplica	Monitoreo	4885348,93	2090721,05	Piezómetro	N/A	Acuífero Sabana	

Fuente: INGEDISA S.A. 2023



	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 17</b>

#### 5.1.9.4 Dirección de flujo

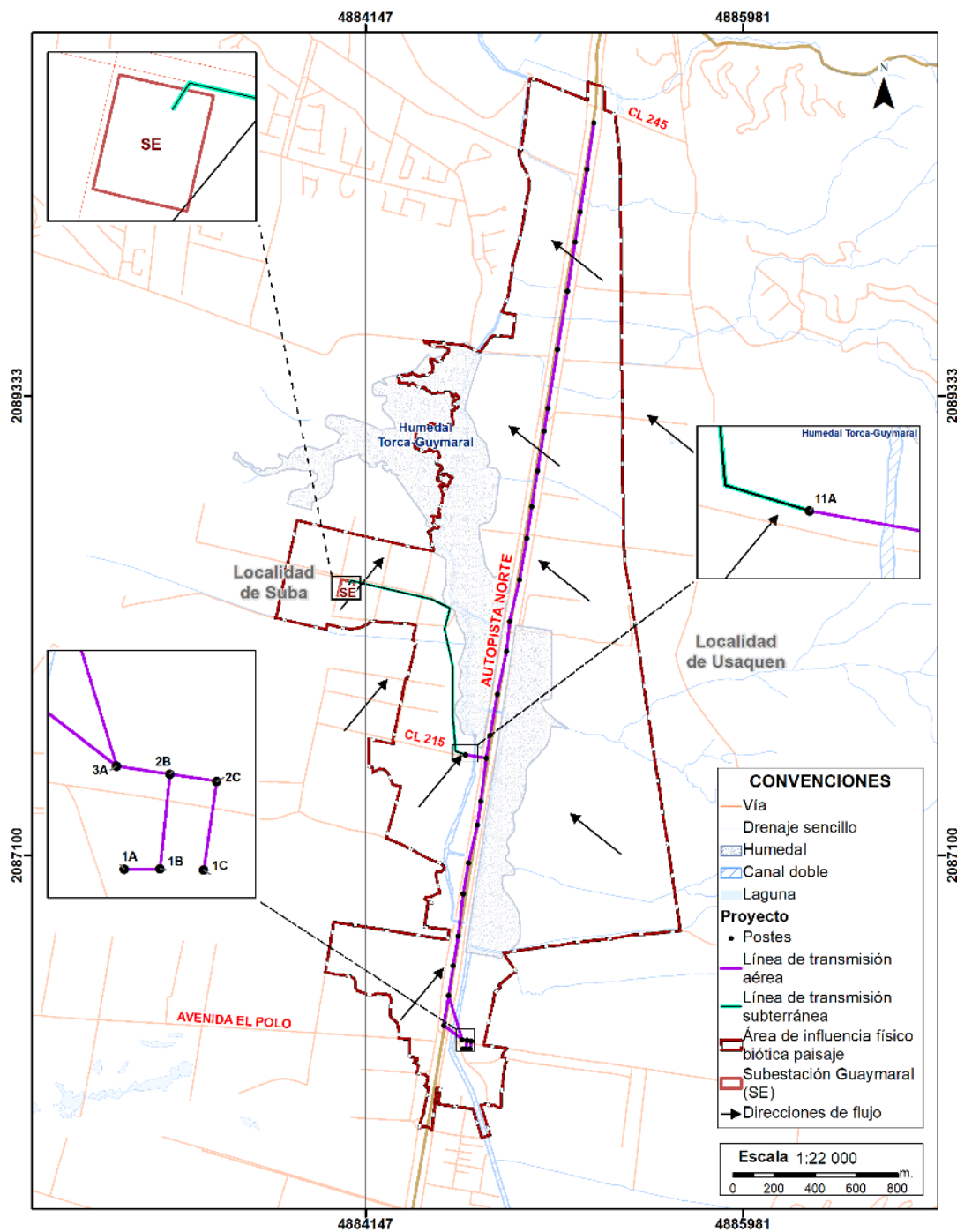
La definición de las direcciones de flujo consiste en representar la dirección y el sentido del flujo de aguas subterráneas y su interconexión hidráulica con sistemas acuíferos adyacentes; la caracterización del flujo subterráneo somero, que se presenta en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva se da a través de acuíferos porosos del cuaternario donde el recurso hídrico subterráneo logra acumular y transmitir agua. Las direcciones de flujo en el presente estudio se identificaron tomando como base la topografía del área, la orientación de las pendientes y su relación con los rumbos de los principales drenajes del área, determinando así las direcciones de flujo locales<sup>10</sup>.

En la zona saturada, el agua subterránea llena todos los intersticios de las rocas, la porosidad es una medida directa del contenido de agua por unidad de volumen. Una parte de esta agua drena hacia horizontes acuíferos más profundos o en sentido vertical, hacia ríos, lagos o manantiales. La zona de saturación se caracteriza por el hecho de que las aguas presentan por lo general elevados contenidos de minerales. Emergen al exterior a través de manantiales naturales, aljibes o pozos perforados por el hombre.


En el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva se tiene una dirección de flujo somero predominante; esta dirección tiene un rumbo SE al NW, estas direcciones convergen al norte en el río Bogotá, siendo este la principal zona de descarga de los acuíferos más someros del área (ver Figura 5-3), adicional se encuentran zonas de descarga artificiales mediante aljibes artesanales que dan acceso directo a los acuíferos superficiales y algunos pozos profundos.

<sup>10</sup> SANCHEZ, J. Conceptos Básicos de Hidrogeología, Universidad de Salamanca. Salamanca. 2014.

**Figura 5-3 Direcciones de flujo somero en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva**



Fuente: INGEDISA S.A. 2023

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 19</b>

#### 5.1.9.5 Zonas de recarga y descarga

Se han identificado en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva como principales mecanismos de recarga, la infiltración de agua de escorrentía, la precipitación para los acuíferos Cuaternarios y Neógenos para las zonas donde afloran las unidades hidrogeológicas con mayor capacidad de almacenamiento.

Los acuíferos predominantes en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva son los acuíferos semiconfinados a confinados. La composición química de las aguas que se mueven en este tipo de acuífero refleja las propiedades litológicas del mismo; en general, las aguas subterráneas poseen una composición química que es el resultado de un proceso complejo de interacciones, donde primeramente las aguas procedentes de las precipitaciones adquieren los gases que se originan en la zona del suelo en el proceso de descomposición de la materia orgánica y luego, reaccionan con los minerales que subyacen en el medio rocoso.

Una vez ocurre la precipitación, el agua que se infiltra se acumula en los poros del suelo si es posible hasta que este logra la capacidad de campo, que es la máxima humedad que puede tener un suelo no saturado. Una vez cesa la lluvia, se da inicio al proceso de evapotranspiración en el que las plantas toman el agua almacenada en los poros del suelo a través de sus raíces, el agua excedente de estos procesos se infiltrara a los horizontes profundos de los acuíferos y recargarán los mismos<sup>11</sup>.

Para determinar las zonas de recarga en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva se realizó el método<sup>12</sup>, que está basado en dar ponderaciones de 1 a 5 para los siguientes parámetros: pendiente (Pend), tipo de suelo (Ts), tipo de roca (Tr), cobertura vegetal permanente (Cve) y el uso del suelo (Us); con base en estas ponderaciones se obtuvo el mapa de zonas de recarga potenciales para el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva (ver Tabla 5-6).

**Tabla 5-6 Variables y evaluación de zonas de recarga**

<b>Pendiente (Pend)</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Posibilidad de recarga</b>
Ligeramente inclinada, 0-7% (b)	5	Muy Alta
Moderadamente inclinada, 7-12% (c)	4	Alta
Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	3	Moderada
Ligeramente escarpada o empinada, 25-50% (e)	2	Baja
Moderadamente escarpada o empinada, >50% (f)	1	Muy Baja
<b>Tipo de suelo (Ts)</b>		
<b>Textura</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Posibilidad de recarga</b>
Suelos franco-arenosos a arenosos.	5	Muy Alta
Suelos francos	4	Alta
Suelos franco-limosos	3	Moderada
Suelos Franco arcillosos	2	Baja
Suelos arcillosos	1	Muy Baja

<sup>11</sup> SCHOSINSKY, GUNTHER. Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. 2006.

<sup>12</sup> MATUS, OSCAR. Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa. Costa Rica. 2007.

Tipo de roca (Tr)		
Tipo de roca o sedimento	Ponderación	Posibilidad de recarga
Rocas muy permeables, muy suaves constituidas por agregados gruesos, con macro poros interconectados	5	Muy Alta
Rocas permeables constituidas por agregados medianos con poros conectados entre sí, ejemplo arenas finas.	4	Alta
Rocas moderadamente permeables, con regular conexión de poros entre si	3	Moderada
Rocas poco permeables un poco duras, moderadamente compactas, constituidas por partículas finas, una combinación de gravas con arcillas, con presencia de fracturas conectadas entre si	2	Baja
Rocas impermeables	1	Muy Baja
Cobertura vegetal permanente (Cve)		
Porcentaje	Ponderación	Posibilidad de recarga
>80%	5	Muy Alta
70-80%	4	Alta
50-70%	3	Moderada
30-50%	2	Baja
<30%	1	Muy Baja
Uso de suelo (Us)		
Uso de suelo	Ponderación	Posibilidad de recarga
Bosque que presentan los tres estratos con árboles, arbustos y hierbas	5	Muy Alta
Sistemas agroforestales o silvopastoriles	4	Alta
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo	3	Moderada
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua	2	Baja
Terrenos agropecuarios, con manejo intensivo	1	Muy Baja

Fuente: A partir de (Matus,2007)<sup>13</sup>, adaptado por INGEDISA S.A. 2023

Luego de realizar la calificación y la ponderación a cada una de estas variables se aplica la siguiente relación para obtener la zona potencial de recarga:

$$ZR = (0.27 \cdot \text{Pend}) + (0.23 \cdot \text{TS}) + (0.12 \cdot \text{Tr}) + (0.25 \cdot \text{Cve}) + (0.13 \cdot \text{Us})$$


Para más información del desarrollo de la metodología de recarga, se presenta en el **Anexos, 5.1.9 Hidrogeología, Metodología Recarga** donde se detalla el proceso de zonificación para zonas de recarga y descarga.

Como resultado final obtenemos una escala entre 1 y 5 con valores de posibilidad de recarga desde baja hasta alta, la Tabla 5-7 muestra las zonas de recarga potencial para el área de influencia físico-biótico-paisaje definitiva.

**Tabla 5-7 Potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto y distribución espacial de las zonas de recarga**

Posibilidad de recarga	Rango	Área (ha)	Área (%)
Muy Alta	4,1 - 5	40,34	8,91
Alta	3.5 – 4,09	125,38	27,71
Moderada	2.6 – 3,49	146,08	32,28
Baja	2 – 2,59	138,87	30,69
Muy baja	1 – 1,99	1,87	0,41

<sup>13</sup> Ibid.

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 21</b>

Posibilidad de recarga	Rango	Área (ha)	Área (%)
Total		452,55	100

Fuente: A partir de (Matus,2007)<sup>14</sup>, adaptado por INGEDISA S.A. 2023

Como resultado tenemos que el 8,91% del área pertenecen a zonas con potencial de recarga muy alto, esto se debe a la predominancia de pendientes bajas que se encuentran en el área junto con zonas con vegetación alta y suelos de texturas moderadas a gruesas.

Las zonas con posibilidad de recarga alta poseen pendientes moderadamente inclinadas, en cercanías al piedemonte de la cordillera oriental, presenta por lo general pastos limpios y suelos de texturas moderadamente finas a finas, en cuanto al sustrato rocoso se encuentra sobre depósitos de la Formación Sabana que está compuesta principalmente por arcillas inconsolidadas con pequeñas intercalaciones de arena gruesa hasta conglomerados.

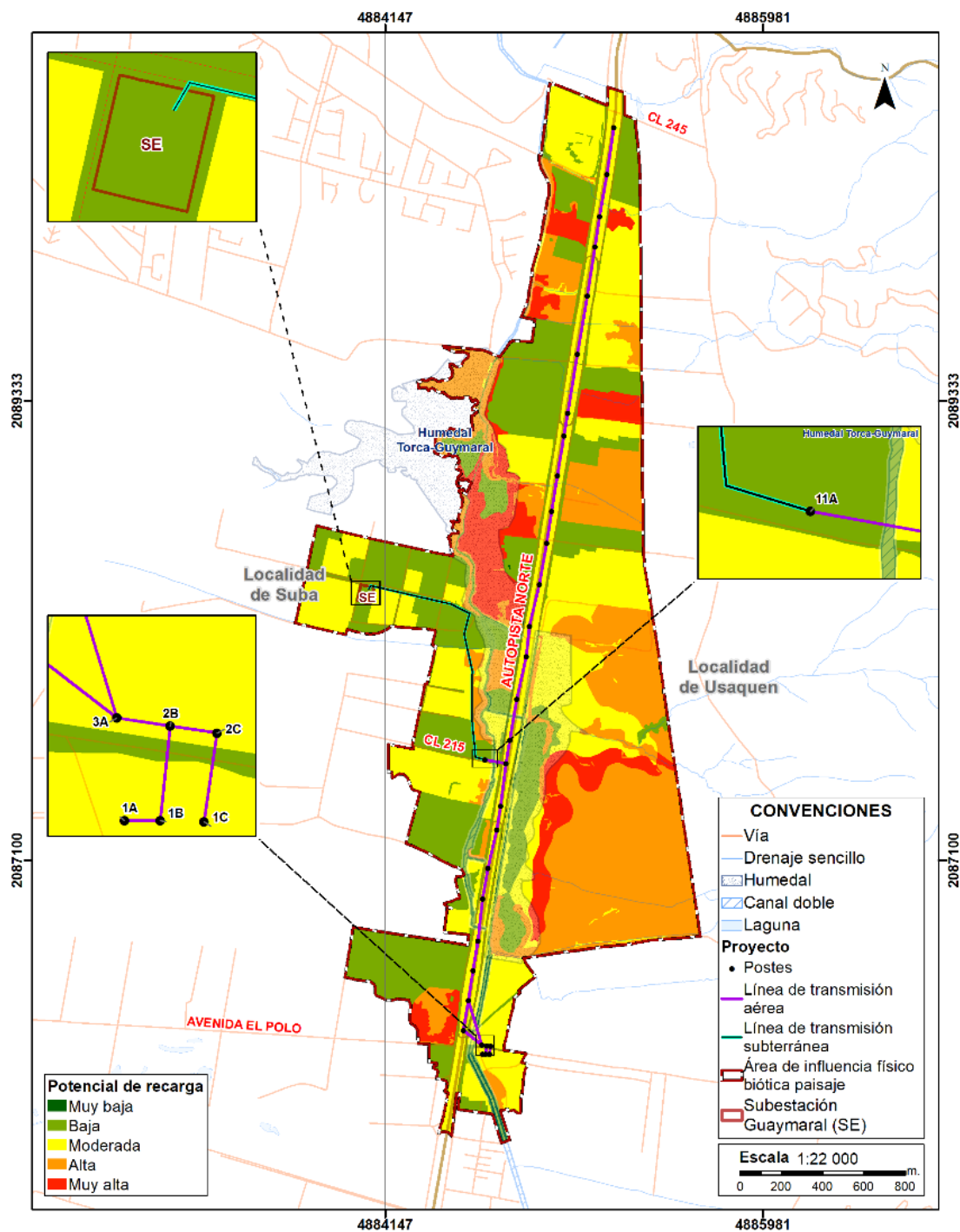
La mayor área de recarga potencial es la moderada, con un 32,28% posee pendientes moderadas a fuertemente inclinadas, las coberturas están asociadas a pastos limpios y los suelos tienen una predominancia franco-arcillosa.

Las zonas de recarga baja y muy baja están asociadas principalmente a las áreas urbanas cuyos procesos antrópicos han afectado las áreas debido a la impermeabilización de suelos, también se encuentran suelos con texturas muy finas y rocas de la Formación Chía que están compuestas principalmente por arcillas inconsolidadas.


Las descargas a nivel local se dan principalmente hacia el río Bogotá que se encuentra al norte del área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva; en el área no se identificaron descargas naturales de los acuíferos por medio de manantiales. Se presentan descargas artificiales en el área a través de pozos profundos y aljibes. Estas zonas de descarga se pueden observar en la Figura 5-4.

<sup>14</sup> Ibid.

**Figura 5-4 Zonas potenciales de recarga en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva**



Fuente: INGEDISA S.A. 2023

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 23</b>

#### 5.1.9.6 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación se define como la facilidad con la cual ingresan sustancias que puedan afectar la calidad de agua subterránea siendo penetradas por una carga contaminante mediante infiltración a través del suelo y/o la zona no saturada.

Para realizar la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos, se valoró cuantitativamente cada uno de los siguientes parámetros: naturaleza litológica de la zona no saturada, condición de confinamiento y profundidad de la tabla de agua, calificando cada uno de estos parámetros utilizando el sistema de indexación GOD, propuesto por Foster<sup>15</sup>.

- Parámetro “G”: se refiere a la condición de confinamiento del acuífero más superficial, y establece las siguientes categorías: no confinado, no confinado-cubierto, semiconfinado, confinado, surgente sin presencia de acuífero.
- Parámetro “O”: este parámetro incluye una caracterización global de la zona saturada para acuíferos libres, o del estado confinante, para acuíferos confinados. Se valora la naturaleza litológica, el grado de consolidación y el fracturamiento de la roca.
- Parámetro “D”: profundidad del nivel freático para los acuíferos libres, o el techo para los acuíferos de tipo semiconfinado o confinado.

<sup>15</sup> FOSTER, S. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. Holanda. 1987.



**Tabla 5-8 Valoraciones parámetros método GOD**

Tabla 3-6 Valoraciones parámetros método GOD					
Ocurrencia del agua subterránea “G”					
Ninguno	0				
Surgente	0.1				
Confinado	0.3				
Semiconfinado	0.5				
No Confinado (cubierto)	0.9				
Libre	1				
Litología predominante sobre el acuífero “O”					
No Consolidados	Consolidados (Rocas porosas)	Consolidados (Rocas masivas)	Ponderación		
Arcillas			0.4		
Limos	Arcillolitas		0.5		
	Lutitas				
Gravas con matriz arcillosa	Limolitas	Complejos ígneos, metamórficos, volcánicos antiguas	0.6		
Arcilla/Grava y/o Arena (intercalaciones)	Areniscas		0.7		
	Tobas volcánicas				
Arenas	Litoarenitas	Lavas volcánicas recientes	0.8		
Gravas	Calcarenitas		0.9		
	Calizas Blandas				
		Caliche	1.0		
		Otras calizas duras			
Profundidad del agua “D”					
> 100m			0.4		
50 – 100m			0.5		
20 – 50m			0.6		
10 – 20m			0.7		
5 – 10m			0.8		
2 – 5m			0.9		
0 – 2m			1.0		
Vulnerabilidad a la contaminación de sistemas acuíferos					
Grado de vulnerabilidad a la contaminación “GOD”	Despreciable	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
	0 – 0.1	0.1 – 0.3	0.3 – 0.5	0.5 – 0.7	0.7 – 1


Fuente: A partir de (Foster, 1987)<sup>16</sup> adaptado por INGEDISA S.A. 2023

Se definen las siguientes categorías de vulnerabilidad, de acuerdo con el método de indexación GOD:

- Acuíferos con Vulnerabilidad Muy Alta (índices entre 0,7 y 1,0), son vulnerables a la mayoría de los contaminantes y con impacto relativamente rápido, para la mayoría de los escenarios de contaminación.
- Acuíferos con Vulnerabilidad Alta (índices entre 0,5 y 0,7), son vulnerables a muchos contaminantes, excepto a los que son rápida y fácilmente biodegradables, se da muchos escenarios de contaminación.
- Acuíferos con Vulnerabilidad Moderada (índices entre 0,3 y 0,5), son vulnerables a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados o lixiviados.

<sup>16</sup> Ibid.



	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 25</b>

- Acuíferos con Vulnerabilidad Baja (índices entre 0,1 y 0,3) son vulnerables a contaminantes muy móviles y/o persistentes y a eventos de contaminación continuos durante largos periodos de tiempo.
- Acuíferos con Despreciable Vulnerabilidad (índices entre 0 y 0,1), las capas confinantes representan un obstáculo que dificulta un flujo significativo hacia el acuífero.

El método “GOD” establece escalas de valores para cada parámetro de acuerdo con su contribución en la defensa de los acuíferos a la contaminación. Estas tienen valores entre cero (0) y uno (1), siendo los valores más bajos los que más retienen o atenúan el transporte de contaminantes. La evaluación de la vulnerabilidad se determina multiplicando los valores dados a cada parámetro obteniendo valores entre cero (0) y uno (1), donde cero (0) significa vulnerabilidad nula y uno (1) vulnerabilidad muy alta a la contaminación.

Cabe aclarar que la metodología “GOD” se encamina a estudiar los acuíferos más someros o la parte más superficial de los acuíferos de interés, ya que se considera que las características de la zona no saturada son las que finalmente determinan el grado de protección, porque son las más susceptibles a ser afectadas adversamente por una carga contaminante y una vez contaminadas, este fenómeno se puede inducir fácilmente a los horizontes profundos según<sup>17</sup>.

- **Ocurrencia del agua subterránea “G”**

El parámetro “G” analiza el acuífero más somero a partir de la información de litología, estableciendo de esta manera la categorización del acuífero de acuerdo con su condición de confinamiento. Para determinar el grado de confinamiento de los diferentes acuíferos se tuvo la geología superficial a detalle de las diferentes unidades litoestratigráficas encontradas en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva. En el área se determinó que el acuífero de la Formación Sabana y el acuitardo de la Formación Chía se comporta principalmente como aguas confinadas teniendo en cuenta las capas arcillosas que se encuentran cerca de la superficie dando una ponderación de 0,3.


- **Litología predominante sobre el acuífero “O”**

El parámetro “O” se obtiene a partir de las descripciones de las unidades litoestratigráficas y de la cartografía geológica realizada para el presente estudio; en donde predominan en superficie rocas sedimentarias de diferentes orígenes; en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva se observan sedimentos predominantes de arcilla con intercalaciones de arena lo que nos da una ponderación de 0,7 para el parámetro O, para la Formación Sabana. Y para los sedimentos de la Formación Chía que son principalmente arcillas inconsolidadas se les da una ponderación de 0,4.

- **Profundidad de la tabla de agua “D”**

Para la determinación del parámetro se utilizó la información de los niveles de agua subterránea estimados para este tipo de acuíferos, se determinó que el agua subterránea

<sup>17</sup> Ibid.

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>				<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
					<b>VERSIÓN: 00</b>
					<b>PÁG. 26</b>

en los niveles acuíferos ronda entre los 1 y 5 metros, dependiendo el periodo climático dada esta agua que se encuentra en niveles muy someros se le da la máxima ponderación siendo 1.

En la Tabla 5-9 se presenta la vulnerabilidad de los acuíferos identificados.

**Tabla 5-9 Vulnerabilidad de acuíferos en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva**

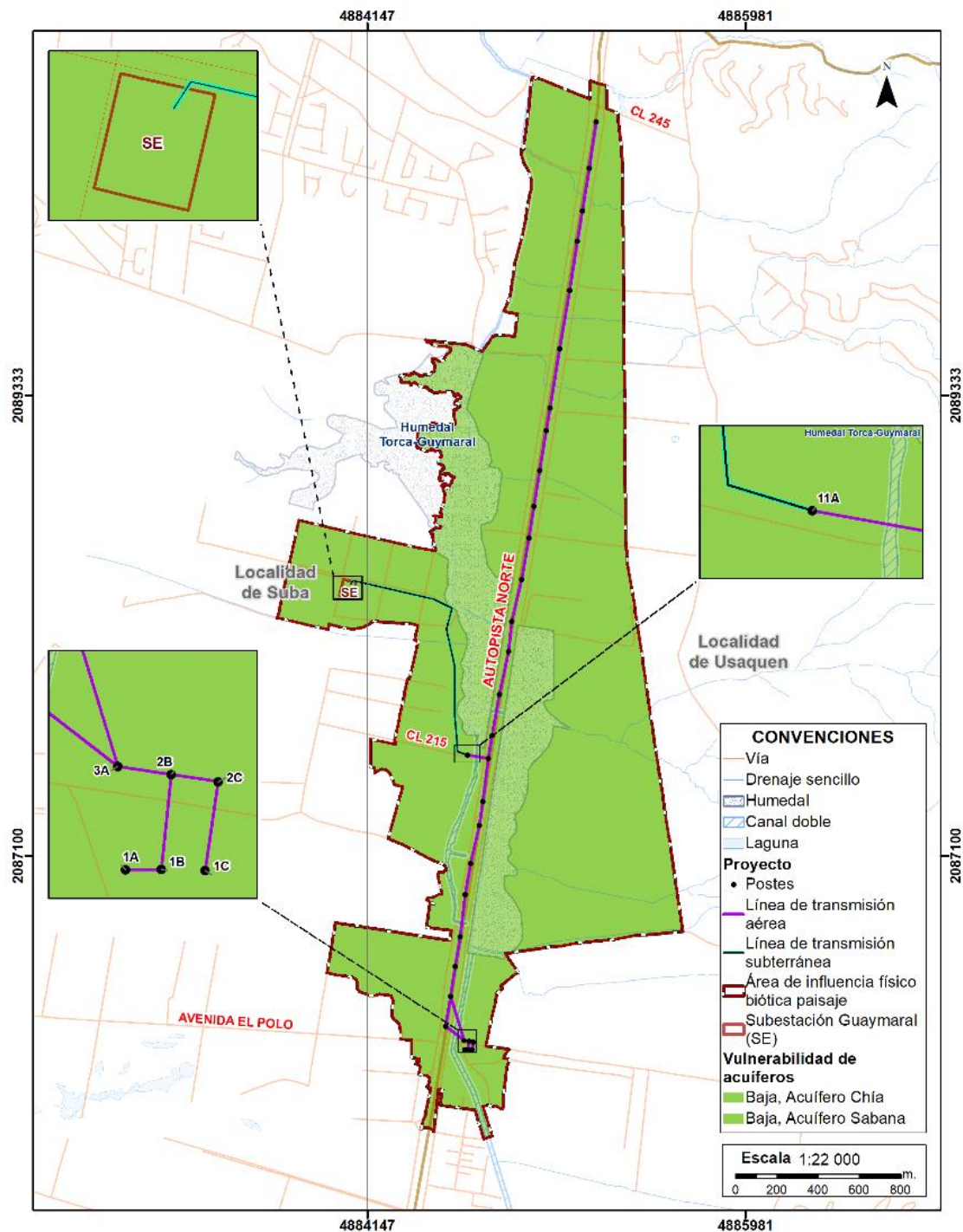
Unidad Hidrogeológica	G	O	D	GOD	Vulnerabilidad	Área (ha)	Área (%)
Acuífero Sabana	0,3	0,7	1	0,21	Baja	367,79	81,27
Acuitardo Chía	0,3	0,4	1	0,12	Baja	84,76	18,73
<b>TOTAL</b>						<b>452,55</b>	<b>100</b>

Fuente: INGEDISA S.A. 2023


En conclusión, el área presenta un (1) tipo de vulnerabilidad (ver Figura 5-5) que es baja dado la naturaleza de los acuíferos en el área siendo estos confinados, las litologías predominantes son de arcillas inconsolidadas y el nivel freático se encuentra a menos de 5 metros lo que nos da este rango de vulnerabilidad.

A continuación, se observa la distribución espacial de la susceptibilidad de acuíferos en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva.

**Figura 5-5 Vulnerabilidad por método “GOD” en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva**



Fuente: INGEDISA S.A. 2023

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 28</b>

### 5.1.9.7 Geofísica

Para los datos geofísicos del área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva se tiene en cuenta que los perfiles geofísicos se basan en la información de Servicio e Investigaciones ambientales SIAM S.A en colaboración con la CAR para determinar el comportamiento físico del acuífero Formación Sabana a nivel regional. Se tomo este estudio de geofísica como referencia con el objeto de evaluar las condiciones geométricas y de profundidad de las unidades geológicas potencialmente acuíferas y para estimar la continuidad de estas, hasta la profundidad que lo permite el método de investigación, para el análisis de las unidades del AIFBPD se toman los sondeos 13,16 y 17 dada su cercanía al proyecto.

Se presentan dos perfiles geoeléctricos el primero entre el sondeo 13 y 16 y el segundo sobre los sondeos 16 y 17, sobre la vía que conduce al aeropuerto Guaymaral hacia la autopista norte. En el primer tramo de este perfil se encuentran niveles de diferente resistividad dentro de un mismo paquete evidenciando variaciones de composiciones tanto laterales como verticales que varían entre arenas arcillosas hasta arcillas arenosas, los cuales se pueden correlacionar con sedimentos de la Formación Sabana. Bajo este primer nivel y a una profundidad de 97 metros se detectó datos de resistividad de 394 ohm (SEV No. 16) que se pueden correlacionar con sedimentos granulares gruesos de la Formación Sabana <sup>18</sup>.

**Tabla 5-10 SEV´s usados en los perfiles geoeléctricos**

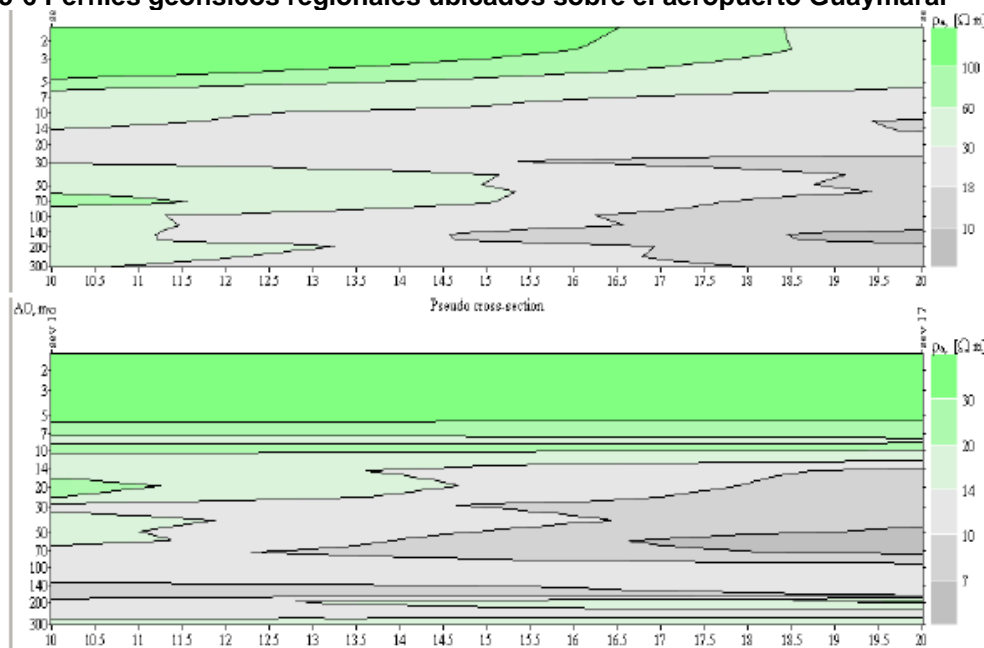
Id	Municipio	Tipo de punto	Rumbo	Coordenadas origen nacional CTM-12	
				Este	Norte
13	Bogotá D.C	SEV	25	4908032	2067209
16	Bogotá D.C	SEV	40	4903072	2065901
17	Bogotá D.C	SEV	15	4903254	2070281

Fuente: SIAM S.A, CAR, s.f., Inclusión del balance hídrico, implementación del modelo hidrogeológico y capacitación en modflow. <sup>19</sup>

<sup>18</sup> SIAM S.A, CAR. Inclusión del balance hídrico, implementación del modelo hidrogeológico y capacitación en modflow. Página 87.

<sup>19</sup> Ibid

**Figura 5-6 Perfiles geofísicos regionales ubicados sobre el aeropuerto Guaymaral**



Fuente: SIAM S.A, CAR s.f., Inclusión del balance hídrico, implementación del modelo hidrogeológico y capacitación en modflow.<sup>20</sup>

- **Zona de Resistividad Z1**

Corresponde al nivel más superficial, que coincide con la zona no saturada, se encuentra constituida por arenas, limos, arcillas y algunos conglomerados secos de depósitos Cuaternarios. Se caracteriza por presentar un rango de resistividades muy amplio.

- **Zona de Resistividad Z2**


Caracterizada por presentar un rango de resistividades que varía entre 7 y 20 Ohm/m, litológicamente estas resistividades pueden asociarse con intercalaciones de arenas de grano fino saturadas y limos y arcillas pobremente saturadas, pertenecientes a la Formación hidrogeológicamente posee buen potencial, por esta razón, de esta zona se abastecen la mayoría de los aljibes y pozos poco profundos usados por los habitantes del sector. A profundidades de 97 metros se detectó datos de resistividad de 394 ohm (SEV No. 16) que se pueden correlacionar con sedimentos granulares gruesos de la Formación Sabana.<sup>21</sup>

#### **5.1.9.8 Modelo hidrogeológico conceptual**

El modelo hidrogeológico conceptual realizado para el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva se encuentra en la Sabana de Bogotá, tiene como unidad hidrogeológica predominante es la Formación Sabana, a nivel regional el área se encuentra sobre la

<sup>20</sup> Ibid

<sup>21</sup> Ibid

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 30</b>

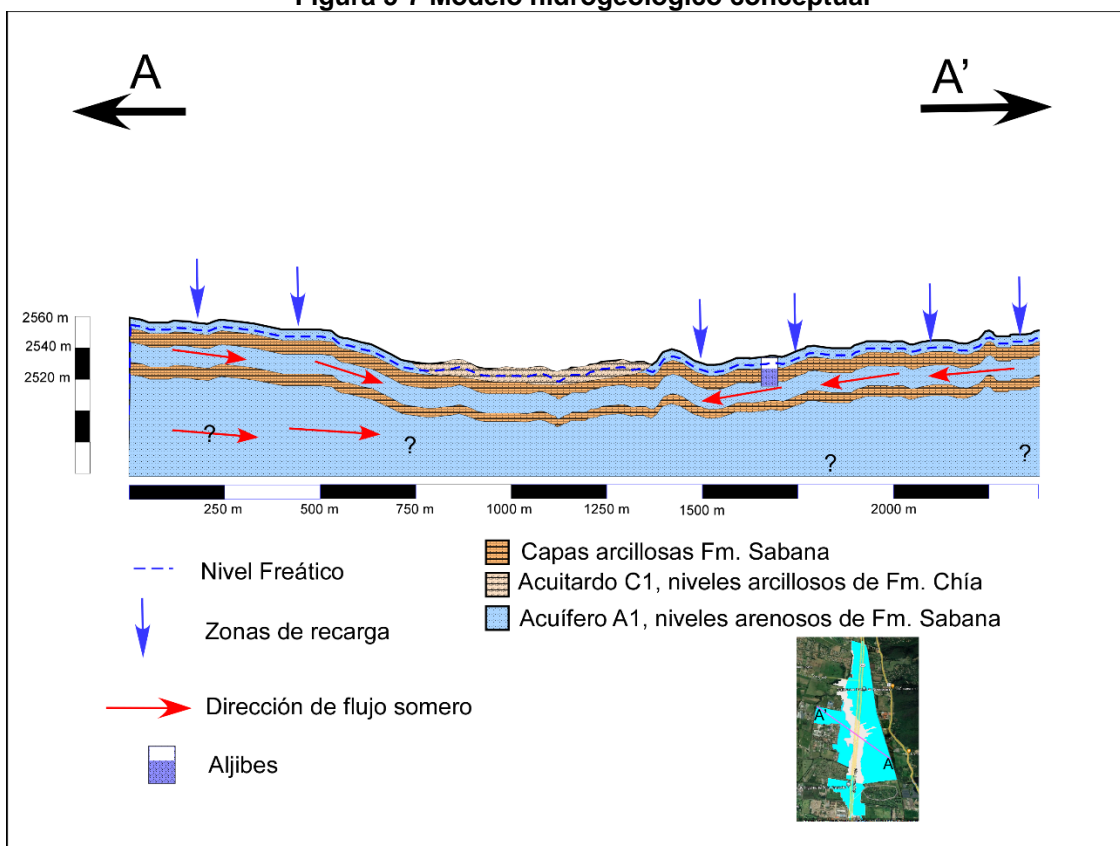
Sabana de Bogotá, donde reposan los depósitos cuaternarios producto de la erosión de las rocas Cretácicas de la cordillera oriental, dentro del área se encontraron 1 aljibe y un pozo profundo aprovechables del acuífero Sabana.

Las principales zonas de recarga se dan por precipitaciones, el agua de estas se infiltra a través del suelo y la zona vadosa llegando así a los niveles más someros del acuífero cuaternario, esta se da principalmente por las granulometrías gruesas presentados en el suelo, el tipo de roca ayuda también a la infiltración de aguas lluvias y la poca pendiente que se encuentra en el sector ayuda a la infiltración de esta.

En el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva se tiene una dirección de flujo somero predominante; esta dirección tiene un rumbo SE al NW, estas direcciones convergen al norte y descargan finalmente hacia río Bogotá, siendo este la principal zona de descarga de los acuíferos más someros del área, adicional se encuentran zonas de descarga artificiales mediante aljibes artesanales que dan acceso directo a los acuíferos superficiales y pozos profundos.


Para determinar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos se utilizó el método GOD, este presenta un (1) tipo de vulnerabilidad que es baja dada la naturaleza de los acuíferos en el área siendo estos confinados a semiconfinados, las litologías predominantes son de arcillas inconsolidadas intercaladas con pequeños lentes de arenas, el nivel freático se encuentra a entre 1 a 5 metros, estas fluctuaciones varían con la condición climática.

**Figura 5-7 Modelo hidrogeológico conceptual**



Fuente: INGEDISA S.A. 2023



	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A</b> <b>115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: Cap. 5.1</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 32</b>

## BIBLIOGRAFIA

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA). Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA para Proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica TdR-17. 2018.

FOSTER, S. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. Holanda. 1987.

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (INGEOMINAS). Proyecto atlas de agua subterráneas de Colombia escala 1:500.000. Memoria técnica de la plancha 5-09. 2004.

MATUS, OSCAR. Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa. Costa Rica. 2007.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS). Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. 2018.

SANCHEZ, J. Conceptos Básicos de Hidrogeología, Universidad de Salamanca. Salamanca. 2014.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC). Geología de la plancha 228 Santafé de Bogotá Noreste. 2015.

SCHOSINSKY, GUNTHER. Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. 2006.

UNESCO, IAH, IAHS. International Legend for Hydrogeological Maps. 1983