

--	--	--	--	--	--	--

A0	29/08/2017	CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO	Juan Manuel Martinez	Gabriel Martinez	Primera Emisión	A
Rev	Fecha	Elaborado por nombre/firma	Revisado por nombre/firma	Aceptado por nombre/firma	Descripción	Estado



**PROYECTO  
“CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 230 KV LA  
REFORMA - SAN FERNANDO”**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**CAPÍTULO 3.2 MEDIO FÍSICO**



ESCALA	FORMATO	CÓDIGO EEB	CÓDIGO CONTRATISTA	HOJA	REV
<b>SIN</b>	<b>Carta</b>	<b>EEB-SFDO-CT100614-L000-EST1000</b>	<b>AG-2780</b>	<b>1 de 553</b>	<b>A0</b>

### 3.2.4 Hidrología

El componente de hidrología del presente estudio tiene como objetivo describir las principales características hidrológicas para el ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA LÍNEA DE TRASMISIÓN A 230 KV LA REFORMA – SAN FERNANDO localizado en los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva en el departamento del Meta, se presenta en este numeral, los resultados de los procedimientos metodológicos señalados en el **Capítulo 1, numeral 1.5**, a partir de los cuales se identifican cada uno de los elementos y parámetros requeridos por la autoridad ambiental según los términos de referencia LI-TER-1-01 para la elaboración del estudio de impacto ambiental de tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 Kv que requieran de licencia ambiental.

La caracterización hidrológica del área de estudio, comprende el análisis de la dinámica del recurso hídrico (de acuerdo con los términos de referencia) para establecer el estado del recurso actual (oferta hídrica) y/o conflictos de uso como se presenta a continuación:

1. Actualización de la base cartográfica a partir de fotointerpretación y de la información capturada en campo, con respecto a las unidades hidrográficas presentes.
2. Identificación de sistemas lenticos y loticos, en el cual se describen los principales cuerpos de agua localizados en al área de influencia, y análisis morfométrico de cuencas.
3. Patrones de drenaje de las corrientes presentes en el área.
4. Régimen Hidrológico y caudales característicos de las corrientes de mayor interés.
5. Dinámica fluvial, donde se incluye análisis de la alteración de la dinámica fluvial.
6. Identificación de usos y usuarios del recurso, a partir de la información capturada durante la fase de trabajo en campo.

En este sentido, la información utilizada para el desarrollo de dicha caracterización se obtuvo de dos maneras diferentes, la primera corresponde a la consulta de información secundaria proveniente de diversas fuentes (**Tabla 3.2-60**), en tanto que la segunda fuente de información corresponde a las actividades de levantamiento en campo, el cual se desarrolló entre los días 21 al 30 de abril y del 11 al 14 de mayo de 2016, en donde se corroboró y complemento la información consultada inicialmente.

**Tabla 3.2-60 Información secundaria contemplada**

TIPO	DESCRIPCIÓN
Información municipal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de Ordenamiento Territorial – POT Municipio de Villavicencio “POT “Norte” 2015</li> <li>• Plan Básico de Ordenamiento Territorial –PBOT Municipio de Acacias</li> <li>• Plan Básico de Ordenamiento Territorial –PBOT Municipio de Castilla La Nueva</li> </ul>

TIPO	DESCRIPCIÓN
Información ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan de Ordenación y manejo de la cuenca del río Acacias - Pajure. Gestión Ambiental y Desarrollo UT, 2011</li> <li>Formulación de la fase de diagnóstico del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Guayuriba, en el departamento del Meta. CORMACARENA</li> <li>Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Ocoa, Villavicencio Meta. CORMACARENA, 2005.</li> <li>Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Guatiquia, CORMACARENA, 2009.</li> <li>Estudio Nacional del Agua del año 2014.</li> </ul>
Estudio de Referencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la construcción y operación de la línea de transmisión a 230 Kv La Reforma – San Fernando</li> <li>Diagnostico preliminar Línea Eléctrica de 230 kV Termocusiana - San Fernando</li> </ul>
Información cartográfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planchas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), a escala 1:25.000 de 2000 (226-II-A, 266-II-C, 166-IV-A, 266-IV-B, 266-IV-C y 266-IV-D)</li> <li>Imágenes del satélite RAPIDEYE con fechas entre el 15 de febrero de 2014 y el 27 de diciembre de 2015. Resolución Espectral: 5 Bandas (azul, verde, rojo, red edge e infrarrojo cercano). Resolución Radiométrica: 16 bits, Resolución Espacial: 5m.</li> </ul>
Información hidrometeorológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Información de registros mensuales multianuales de estaciones meteorológicas (SERVITA (35030290), GUAMAL (3501000), UNILLANOS (35035070), APTO VANGUARDIA (35035020) Y ACACIAS (35010020) cercanas al área de estudio y administradas por el IDEAM.</li> <li>Estaciones Limnigráficas más cercanas al área de estudio como PTE CARRETERA (3027140), PTE AMOR (35037130) y RANCHO ALEGRE (35017070)</li> <li>Mapas de zonas hidrográficas, y subzonas hidrográficas. Decreto número 1640 del 2 de agosto de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (en adelante MADS).</li> <li>Resolución 337 de 1978. Codificación de Cuencas.</li> </ul>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Como punto de partida para la caracterización hidrológica del área intersectada por la línea de transmisión de 230 Kv La Reforma – San Fernando, se realizó la identificación de la red de drenaje presente, está utilizando como base la información relacionada en la **Tabla 3.2-60**; tomando como punto inicial la información cartográfica del IGAC (planchas a escala 1:25.000) y la fotointerpretación de las Imagen satelital RAPIDEYE y así se procedió a realizar la respectiva actualización cartográfica a partir de la información capturada en campo, ajustado al área de estudio.

Una vez actualizada la red de drenajes, se delimitaron las unidades hidrográficas contenidas dentro del área de influencia la línea de transmisión de 230 Kv La Reforma – San Fernando, esta delimitación tuvo en cuenta las curvas de nivel, y que cada unidad hidrográfica se definiera desde el nacimiento de cada corriente hasta su desembocadura en otra corriente de mayor orden.

Como resultado de lo anterior, se obtuvo el **Mapa Hidrológico (EEB-SFDO-CT100614-L170-HSE-2038)**, en donde se identifican las diferentes unidades hidrográficas presentes en el área de estudio como unidades espaciales de análisis y caracterización.

### 3.2.4.1 Área de influencia indirecta (AII)

#### 3.2.4.1.1 *Identificación de sistemas lóticos*

De acuerdo con la definición establecida para el área de influencia indirecta y el área de influencia directa se tiene que los sistemas lóticos se presentan para las dos (2) áreas, por ello esta información se precisa en el numeral 3.2.4.2.2 Identificación de los sistemas lóticos.

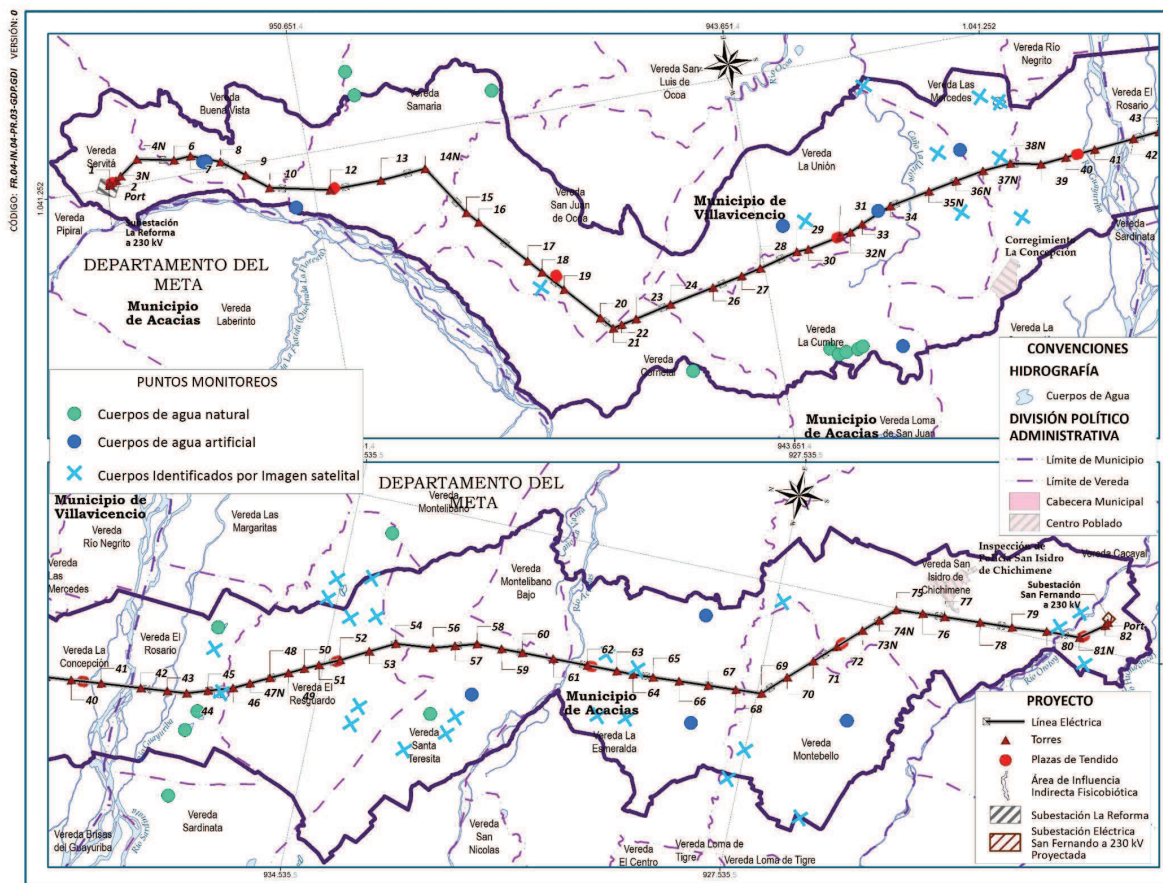
#### 3.2.4.1.2 *Identificación de los sistemas lénticos*

Los sistemas lénticos existentes en el área se originan como consecuencia de la topografía del terreno en zonas de depresiones, las cuales conforman condiciones onduladas y quebradas que permiten la acumulación del agua y la conformación de estos sistemas. Adicionalmente, estos cuerpos de agua surgen y se mantienen gracias a los aportes de lluvia (precipitaciones), las cuales en el área de estudio presentan un comportamiento monomodal a lo largo del año, estas comienzan desde abril hasta noviembre teniendo el pico mayor entre los meses de mayo y junio.

El reconocimiento de estos sistemas se desarrolló con una previa identificación con base en las imágenes satelitales, posteriormente se llevó a cabo la comprobación de estos puntos durante las fases de campo, las cuales tuvieron lugar entre los días 21 al 30 de abril y del 11 al 14 de mayo de 2017. Se evidenciaron varios tipos de sistemas lénticos tanto naturales como artificiales; en cuanto a los concernientes al origen natural se identificaron 27, así: un (1) esteros, trece (13) lagunas y dos (2) bajos inundables; adicionalmente los cuerpos de agua artificial corresponden a tres (3) tanques piscícolas y ocho (8) jagüeyes, para un total de 11 sistemas lénticos artificiales. En la **Tabla 3.2-61** se presentan los sistemas lénticos naturales y en el caso de los catalogados como artificiales se precisan en la **Tabla 3.2-62** como se presenta en la **Imagen 3.2-45** su ubicación espacial.







Para el caso de los sistemas lénticos referenciados en la **Tabla 3.2-63** que no fue posible su validación en campo debido a condiciones de accesibilidad, permisos a predios; pero sin embargo se presenta su respectiva ubicación geográfica (coordenadas, ubicación según división político administrativa), identificados por la fotointerpretación de la imagen satelital.







Imagen 3.2-45 Inventario de sistemas lenticos identificados en el área de influencia indirecta (AII), del proyecto







Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Tabla 3.2-61 Sistemas lénticos naturales, identificados en campo dentro del área de influencia indirecta (AII) del proyecto

Id	NOMBRE	COORDENADAS (MAGNA SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ)		FOTOGRAFÍA	UBICACIÓN DEL SITIO		DESCRIPCIÓN
		ESTE	NORTE		MUNICIPIO	VEREDA	
Can_1	Laguna	1041724,24	947518,09		Villavicencio	Samaria	Cuerpo de agua natural asociado a Bosques de galería y vegetación secundaria en uso de protección
Can_2	Laguna	1036625,09	942822,78		Villavicencio	La Cumbre	Cuerpo de agua natural Cuerpo de agua natural asociado a Bosques de galería
Can_3	Laguna	1036506,55	942701,42		Villavicencio	La Cumbre	Laguna de origen natural, presenta un estado de conservación moderado, sirve como área para alimentación y cría de fauna.
Can_4	Laguna	1036527,81	942571,28		Villavicencio	La Cumbre	Cuerpo natural con presencia de vegetación acuática y en cobertura de bosque de galería.
Can_5	Laguna	1036542,22	942376,77		Villavicencio	La Cumbre	Cuerpo de agua natural con lámina de agua y se presenta en cobertura boscosa.
Can_6	Laguna	1036572,34	942291,64		Villavicencio	La Cumbre	Cuerpo de agua natural con lámina de agua y se presenta en cobertura pastos limpios.







Id	NOMBRE	COORDENADAS (MAGNA SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ)		FOTOGRAFÍA	UBICACIÓN DEL SITIO		DESCRIPCIÓN
		ESTE	NORTE		MUNICIPIO	VEREDA	
Can_7	Laguna	1042443,54	949816,38		Villavicencio	Samaria	Cuerpo de agua natural con presencia de lámina de agua, presenta una apariencia de agua traslucida.
Can_8	Laguna	1042041,76	949734,68		Villavicencio	Samaria	Cuerpo de agua natural con presencia de lámina de agua, presenta una apariencia de agua traslucida.
Can_9	Laguna	1036660,92	945085,52		Villavicencio	Cometal	Cuerpo de agua natural con lámina de agua y se presenta en cobertura pastos limpios.
Can_10	Laguna	1038610,54	936522,66		Acacias	El Rosario	Cuerpo de agua natural con presencia de lámina de agua, sirve como área para alimentación y cría de fauna.
Can_11	Laguna	1038952,08	936385,12		Acacias	El Rosario	Cuerpo de agua natural con presencia de lámina de agua, sirve como área para alimentación y cría de fauna.
Can_12	Bajo	1040357,65	936338,30		Acacias	El Rosario	Depreciación de la sabana que retiene agua durante la lluvia y se seca al final de la época de estiaje.


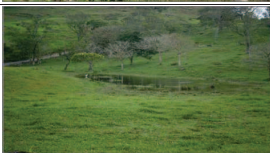



Id	NOMBRE	COORDENADAS (MAGNA SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ)		FOTOGRAFÍA	UBICACIÓN DEL SITIO		DESCRIPCIÓN
		ESTE	NORTE		MUNICIPIO	VEREDA	
Can_13	Estero	1037512,47	936564,33		Acacias	Sardinata	Ecosistema con espejo de agua intermitente, de gran importancia para la fauna aun en época de estiaje.
Can_14	Laguna	1039699,73	932668,25		Acacias	Santa Teresita	Laguna natural con presencia de vegetación acuática y en cobertura de bosque de galería.
Can_15	Laguna	1042443,87	933881,57		Acacias	El resguardo	Laguna natural con presencia de poca vegetación acuática con presencia de lámina de agua en época de estiaje.
Can_16	Bajo	1041002,67	926007,15		Acacias	Montebello	Depreciación de la sabana que retiene agua durante la lluvia y se seca al final de la época de estiaje.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.  
Siglas: Can: Cuerpo de agua natural









Tabla 3.2-62 Sistemas lénticos artificiales, identificados en campo dentro del área de influencia indirecta (AII) del proyecto




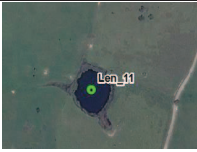


Id	NOMBRE	COORDENADAS (MAGNA SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ)		FOTOGRAFÍA	UBICACIÓN DEL SITIO	
		ESTE	NORTE		MUNICIPIO	VEREDA
Caa_1	Jagüey	1040404,77	950984,50		Villavicencio	Samaria
Caa_2	Jagüey	1038730,36	943235,58		Villavicencio	La Unión
Caa_3	Jagüey	1038699,17	941662,21		Villavicencio	La Unión
Caa_4	Jagüey	1039443,04	940177,08		Villavicencio	Las Mercedes
Caa_5	Jagüey	1041405,74	952350,98		Villavicencio	Buenavista
Caa_6	Jagüey	1041402,54	952302,09		Villavicencio	Buenavista







Id	NOMBRE	COORDENADAS (MAGNA SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ)		FOTOGRAFÍA	UBICACIÓN DEL SITIO	
		ESTE	NORTE		MUNICIPIO	VEREDA
Caa_7	Jagüey	1041386,55	952314,04		Villavicencio	Buenavista
Caa_8	Piscinas	1036460,00	941648,44		Villavicencio	La Cumbre
Caa_9	Jagüey	1042200,00	928610,00		Acacias	La Esmeralda
Caa_10	Piscinas	1040148,65	932074,72		Acacias	Santa Teresita
Caa_11	Piscinas	1040436,75	928484,82		Acacias	La Esmeralda

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.  
Siglas: Caa: Cuerpo de agua artificial



Tabla 3.2-63 Sistemas lénticos identificados por información secundaria



ID	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		TIPO DE SISTEMA	IMAGEN
				ESTE	NORTE		
ID_1	META	Villavicencio	San Juan de Ocoa	1038423,18	947297,27	Jagüey	
ID_2	META	Villavicencio	La Unión	1038745,51	942864,74	Jagüey	
ID_3	META	Villavicencio	La Unión	1039449,56	940544,26	Jagüey	
ID_4	META	Villavicencio	La Unión	1038433,18	940336,81	Jagüey	
ID_6	META	Villavicencio	La Concepción	1038180,06	939380,11	Jagüey	
ID_7	META	Villavicencio	Las Mercedes	1040740,15	941546,45	Jagüey	

ID	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		TIPO DE SISTEMA	IMAGEN
				ESTE	NORTE		
ID_8	META	Villavicencio	Las Mercedes	1039209,85	939557,25	Jagüey	
Len_9	META	Villavicencio	Las Mercedes	1040233,16	939713,59	Jagüey	
ID_10	META	Villavicencio	Las Mercedes	1040089,51	939415,89	Piscina	
ID_11	META	Acacias	El Rosario	1039997,48	936324,13	Jagüey	
ID_12	META	Acacias	El Rosario	1039326,33	936071,88	Bajo	
ID_13	META	Acacias	El Resguardo	1039270,60	933899,84	Jagüey	

ID	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		TIPO DE SISTEMA	IMAGEN
				ESTE	NORTE		
ID_14	META	Acacias	El Resguardo	1041529,65	934612,13	Jagüey	
ID_15	META	Acacias	El Resguardo	1039572,42	933830,60	Piscinas	
ID_16	META	Acacias	Santa Teresita	1039035,14	932969,14	Jagüey	
ID_17	META	Acacias	Santa Teresita	1039432,63	932349,81	Jagüey	
ID_18	META	Acacias	La Esmeralda	1040235,24	929991,49	Piscina	
ID_19	META	Acacias	La Esmeralda	1041238,27	930056,74	Piscina	

ID	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		TIPO DE SISTEMA	IMAGEN
				ESTE	NORTE		
ID_20	META	Acacias	La Esmeralda	1041118,00	929527,53	Bajo	
ID_21	META	Acacias	La Esmeralda	1040291,55	929537,30	Jagüey	
ID_22	META	Acacias	Montebello	1039677,02	927715,53	Piscina	
ID_23	META	Acacias	Montebello	1040191,19	927536,73	Jagüey	
ID_24	META	Acacias	San Isidro de Chichimene	1042674,03	927430,60	Jagüey	
ID_25	META	Acacias	Montebello	1039292,32	926430,41	Piscina	

ID	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		TIPO DE SISTEMA	IMAGEN
				ESTE	NORTE		
ID_26	META	Acacias	San Isidro de Chichimene	1043207,61	922945,87	Madrevieja	
ID_27	META	Acacias	San Isidro de Chichimene	1043515,26	922650,51	Madrevieja	
ID_28	META	Castilla La Nueva	Betania	1042703,51	922424,01	Jagüey	
ID_29	META	Acacias	Santa Teresita	1039737,35	932253,00	Jagüey	
ID_30	META	Acacias	El Resguardo	1041187,28	934695,10	Jagüey	
ID_31	META	Acacias	El Resguardo	1040954,95	934265,13	Jagüey	

ID	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		TIPO DE SISTEMA	IMAGEN
				ESTE	NORTE		
ID_32	META	Acacias	El Resguardo	1041063,47	933854,37	Jagüey	
ID_33	META	Acacias	El Resguardo	1041659,90	934051,24	Jagüey	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.  
Siglas: ID: Lentico identificado con imagen



### 3.2.4.2 Área de influencia directa (AID)

#### 3.2.4.2.1 *Identificación de los sistemas lénticos*

De acuerdo con la interpretación de las imágenes satelitales y posteriormente con la comprobación de estos puntos durante las fases de campo, las cuales tuvieron lugar entre los días 21 al 30 de abril y del 11 al 14 de mayo de 2017. Se evidencio que dentro del área del AID no se identificaron sistemas lenticos interceptados por la línea de trasmisión de 230 kV La Reforma – San Fernando.

#### 3.2.4.2.2 *Identificación de los sistemas lóticos*

Para caracterizar la red hidrográfica de la zona de estudio, la clasificación de las cuencas del área interceptada por la línea de trasmisión de 230 Kv La Reforma – San Fernando se realizó con base en la metodología IDEAM de Sistema de codificación para las estaciones hidrometeorologicas incluidas en la Resolución 337 de 1978, fundamentada en la ordenación de las corrientes a nivel nacional, la cual define la codificación de unidades hidrográficas por medio de una metodología de llave primaria y llave foránea, cuya denominación se ajustó según lo definido en el Decreto 1640 de 2012.

El código llave del IDEAM se compone de siete (7) dígitos, estos dígitos se forman a partir de una llave primaria (raíz) que contiene cuatro (4) dígitos (abcc) y otra llave foránea que tiene tres (3) dígitos (ddd), según el esquema se presenta a continuación (**Tabla 3.2-64**):

**Tabla 3.2-64 Código llave IDEAM**

CÓDIGO	
LLAVE	
LLAVE PRIMARIA (RAÍZ)	LLAVE FORÁNEA
(abcc)	(ddd)

Fuente: IDEAM-Instituto De Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

**Llave Primaria:** Esta parte de la llave se compone de cuatro (4) dígitos que permiten identificar aquellas cuencas de primer y segundo orden mediante un código raíz (fija e inmodificable). Esta llave primaria es suministrada por el IDEAM a las CAR's. Lo anterior, con la finalidad de coordinar, promover y orientar las acciones de codificación de las cuencas en donde exista dos o más autoridades ambientales (CAR) que compartan la misma cuenca, con lo cual permitirá mantener y actualizar una base de datos. La llave primaria consta de lo siguiente (**Tabla 3.2-65**):

**Tabla 3.2-65 Código llave primaria**

LLAVE PRIMARIA	NUMERO DE DÍGITOS	CAMPOS
(a): Zona hidrográfica	1	(0-9)
(b): Cuenca	1	(0-9)
(cc): Subcuenca	2	(0-99)

Fuente: IDEAM-Instituto De Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

**Llave Foránea:** Esta otra parte de la llave, se compone de tres (3) dígitos que permiten numerar en forma secuencial las cuencas que llegan a las subcuencas, esta labor será ejecutada por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales - CAR quienes una vez hayan obtenido la llave primaria (raíz) de la cuenca, procederán a numerar en orden ascendente las cuencas que alimentan a las Subcuencas, una vez cumplida esta labor queda conformado el código para cada cuenca. Las CAR reportaran al IDEAM el código completo con los atributos de la cuenca. Lo anterior con el objeto de definir y organizar una base de datos con la información suministrada por parte de las corporaciones y con la información obtenida por parte del IDEAM. La llave foránea consta como se presenta en la **Tabla 3.2-66**.

**Tabla 3.2-66 Código llave foránea**

LLAVE PRIMARIA	NUMERO DE DÍGITOS	CAMPOS
(ddd)	3	(0-999)

Fuente: IDEAM-Instituto De Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

La llave foránea es un número secuencial (consecutivo) que permite numerar cada cuenca en forma ascendente. Es decir, con este número se puede numerar cuencas de tercer orden en adelante.

La distribución hidrográfica en el área de estudio, se estableció de acuerdo al Decreto 1640 del 2 de agosto de 2012, título I Art.4, modificado en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, Título 3, Art. 2, en el cual se establecen los lineamientos adecuados para realizar la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos, desarrollado por el IDEAM y emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Según este Decreto, la red de drenaje principal del proyecto, se localiza en el área hidrográfica del Orinoco (3), en la zona hidrográfica del Meta (35), entre las Sub-zonas hidrográficas del río Metica (Guamal – Humadea) (3501), río Guayuriba (3502), río Guacavía (3504) y río Negro (3510). La distribución hidrográfica correspondiente, se presenta en la **Tabla 3.2-67**, y se especializan en la **Imagen 3.2-46** y en el **MAPA EEB-SFDO-CT100614-L170-HSE-2038**.

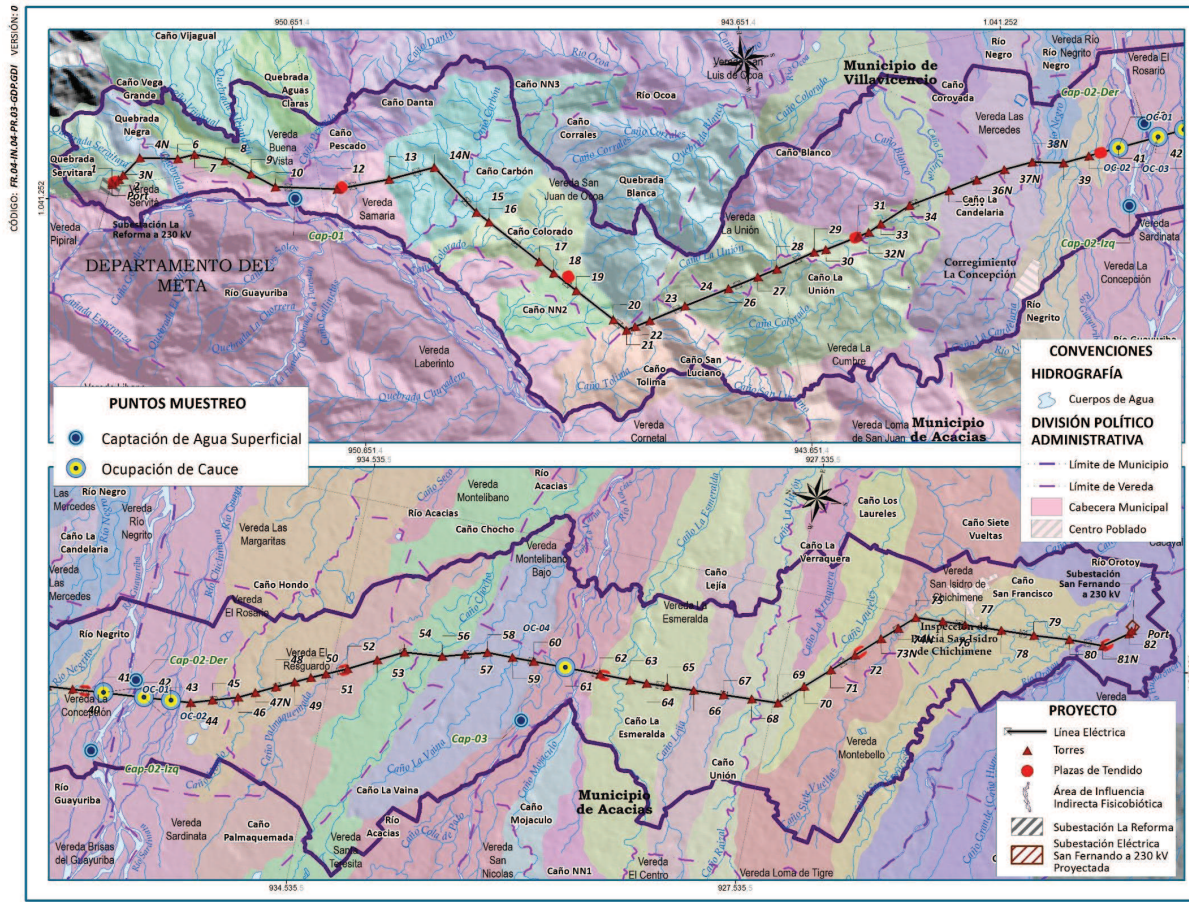
Tabla 3.2-67 Codificación de cuencas hidrográficas para el área de estudio de la línea de transmisión 230 kV. La Reforma – San Fernando

CORRIENTE															
ORDEN															
0	1		2		3		4	5	6	7					
	Área Hidrográfica		Zona Hidrográfica		Sub-Zona Hidrográfica		Microcuenca	Microcuenca	Microcuenca	Microcuenca					
NOMBRE OCEANO	NOMBRE	Código (IDEAM)	NOMBRE	Código (IDEAM)	NOMBRE	Código (IDEAM)	NOMBRE	NOMBRE	NOMBRE	NOMBRE					
Océano Atlántico	Río Orinoco	3	Río Meta	35	Río Metica (Guamal - Humadea)	3501	Río Acacias	Río Orotoy	Caño San Francisco						
								Caño Unión	Caño Siete Vueltas	Caño La Verrquera					
									Caño Lejia	Caño Los Laureles					
								Caño Hondo							
								Caño La Esmeralda							
								Caño Mojaculo							
								Caño NN1							
								Caño La Vaina							
								Caño Chocho	Caño Palmaquemada						
								Río Humeada	Caño Grande						
					Río Negrito										
					Caño San Luciano										
					Caño Tolima										
					Caño NN2										
					Caño Colorado										
										Río Guayuriba	3502				

CORRIENTE												
ORDEN												
0	1		2		3		4	5	6	7		
	Área Hidrográfica		Zona Hidrográfica		Sub-Zona Hidrográfica		Microcuena	Microcuena	Microcuena	Microcuena		
NOMBRE OCEANO	NOMBRE	Código (IDEAM)	NOMBRE	Código (IDEAM)	NOMBRE	Código (IDEAM)	NOMBRE	NOMBRE	NOMBRE	NOMBRE		
							Caño Carbón					
Océano Atlántico	Río Orinoco	3	Río Meta	35	Rio Guayuriba	3502	Caño Pescado	Caño Danta				
								Quebrada Aguas Claras				
								Caño Vijagual	Caño Vega Grande			
								Quebrada Negra				
								Quebrada Servita				
						Río Guatiquia	3503	Río Ocoa	Caño La Unión	Caño Blanco		
									Quebrada Blanca	Caño Corrales		
									Caño Corovada			
									Caño NN3			
						Río Negro	3505	Caño La Candelaria				

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-46 Cuencas hidrográficas presentes en el área del proyecto



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

A continuación, se describe de forma más detallada cada uno de los componentes del área hidrográfica de interés específico para el área de estudio, partiendo de un escenario nacional general (cuencas de orden 1-según IDEAM) hasta alcanzar un nivel clasificación más detallada (cuenca orden 3-7 según IDEAM) para cada una de las corrientes hídricas de interés.

- **Área hidrográfica del Orinoco<sup>39</sup>**

Gran parte de las corrientes que pertenecen al área hidrográfica del Orinoco nacen en la cordillera Oriental, en los departamentos de Boyacá, Meta y Cundinamarca; luego transcurren a través de los llanos orientales por corrientes de grandes caudales como los ríos Meta, Guaviare, Inírida, Arauca, Vichada, Guayabero y Upía. El régimen hidrológico en toda el área es de tipo monomodal, con caudales máximos entre junio y agosto, mientras que los caudales mínimos tienen lugar entre enero y marzo.

- **Zona hidrográfica – Rio Meta**

El río Meta nace en la Cordillera Oriental en el páramo de Sumapaz y tiene una longitud aproximada de 804 Km, durante su recorrido recorre parte los departamentos del Casanare, Vichada, Arauca y Meta. Dentro de los principales afluentes con que cuenta esta cuenca dentro del departamento del Meta se tiene: los ríos Humadea, Guamal, Orotoy, Acacias, Guayuriba, Negro, Ocoa, Guatiquía, Guacavía, Humea, Upía, Cabuyarito, Melúa, Manacacías, Yucao, y los caños: Camoa, Blanco, La Unión, Grande, Chichimene, Quenane, Mayuga, Caibe, Pecuca, Naguaya, Macapay, Pirigua, Mucoya, Aceite, Nare, Cumaral y Casibare; algunos de ellos abastecedores de acueductos municipales.

Esta unidad hidrográfica cubre las partes norte y oriente del departamento del Meta, en una extensión superficial aproximada de 36.954 Km<sup>2</sup> equivalentes al 43,17% del total de este departamento. Igualmente, conforman la cuenca parte de los Parques Nacionales Naturales Sumapaz, Chingaza, las Zonas de Reserva Forestal Buenavista, Alto de Menegua y Vanguardia. Esta zona hidrográfica, tiene un área aproximada de 93.800 Km<sup>2</sup> y un gran porcentaje de este cauce es navegable.

*Sub – zona hidrográfica río metica (Guamal – Humadea) (3501)*

El río Meta nace en la cordillera oriental, y en la primera parte de su recorrido se conoce con el nombre del Río Metica, conformado por el caño Camoa y el Río Guamal; al recibir el río Humea se le llama Río Meta, y tiene una longitud aproximada de 804 Km.


El río Guamal río recorre una cuenca de montaña de 220 km<sup>2</sup> drenada por una corriente con longitud total de 38,5 km. El río transcurre encañonado desde su nacimiento en el páramo de Peña Lisa (Sumapaz) hasta su salida al llano, donde adquiere un régimen trezado, típico de la salida de los ríos caudalosos al llano. Los principales tributarios son las quebradas La Playa, Agualinda y La Chorrera, los caños Colorado, San Antonio, Cristalino, Aguepanelo y los ríos Minero y Guamalito.

---




<sup>39</sup> Estudio Nacional del Ambiental del Agua. 2014

En zonas de cambio de pendiente de fuerte a moderada, con grandes caudales en lechos de suelos granulares gruesos (arenas gravas) se presenta sedimentación de material de textura gruesa por disminución de la velocidad de la corriente después de las avenidas torrenciales o por el mismo cambio de pendiente. Los materiales se sedimentan en barras o puntas formándose varios cauces o brazos con islas intermedias, algunas veces con vegetación. Los lechos, en general son amplios y existe inestabilidad lateral. En la **Tabla 3.2-68** se presentan microcuencas intersectadas por la línea de transmisión perteneciente a la sub zona hidrográfica del río Metica (Guamal – Humadea).




**Tabla 3.2-68 Inventario de sistemas loticos presentes en la Sub-zona hidrográfica Río Metica (Guamal – Humadea) (3501).**




CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Río Acacias – Pajure	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea) Microcuenca orden 4: Río Acacias</p> <p>La cuenca del Río Acacias Pajure, cuenta con un área de 93,000 hectáreas, es una cuenca de la zona hidrográfica Orinoco, de orden 4 donde su tributario principal, el Río Orotoy, río Acaciitas y el caño Chichimene como sus tributarios secundarios más importantes. La cuenca está compuesta por 13 subcuencas con áreas que van desde 244 Km<sup>2</sup> (subcuenca de drenajes directos al Río Acacias) a 3.5 Km<sup>2</sup> (subcuenca de drenaje S/N). La subcuenca del Caño Chichimene representa el 24% del área total de la cuenca y la subcuenca del Río Orotoy representa el 19.3 %<sup>40</sup>.</p> <p>Esta cuenca, está constituida por drenajes que discurren en dirección preferencial O-E desde el flanco oriental de la Cordillera oriental sobre un relieve moderadamente ondulado a plano que descargan sobre el Río Metica. Recibe este nombre porque el cauce en su desembocadura lleva el nombre del Río Pajure, pero corresponde al Río Acacias, que al recibir su tributario El Río Chichimene cambia de nombre a Río Pajure. Ver <b>Fotografía 3.2-58</b>.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-58 Panorámica Río acacias, vereda Santa Teresita. E: 1040033,56 N: 931121,24</b></p>

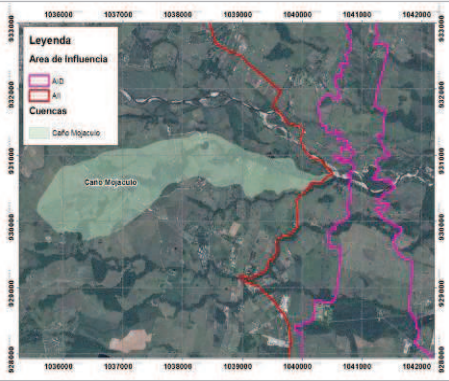
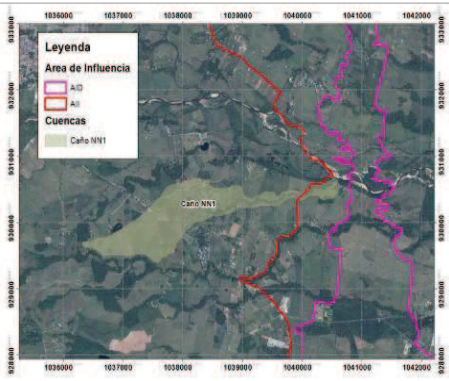

<sup>40</sup> Tomado de Plan de Ordenación y manejo de la cuenca del río Acacias - Pajure. Gestión Ambiental y Desarrollo UT, 2011

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Rio Orotoy	<p><u>Área Hidrográfica: Orinoco</u>  <u>Zona Hidrográfica: Río Meta</u>  <u>Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea)</u>  <u>Microcuenca orden 4: Río Acacias</u>  <u>Microcuenca de orden 5 – Río Orotoy</u></p> <p>La cuenca hidrográfica del río Orotoy se encuentra localizada al Nor-Oriente del departamento de Meta, sus aguas recorren por el costado norte los municipios de Acacias y San Carlos de Guaroa, por el Sur los municipios de Guamal y Castilla la nueva. El río Orotoy posee un área aproximadamente de 178,89 Km<sup>2</sup> con una longitud de la corriente de 88.84 Km. El gradiente altitudinal varía entre los 1698 msnm, estribaciones de la cordillera oriental, hasta los 263 msnm, donde sus aguas se mezclan con las del río Acacias. En la <b>Fotografía 3.2-59</b>, se observa la vista general del río Orotoy.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-59 Panorámica Río Orotoy, vereda Betania.</b>  <b>E: 1043751,75 N: 922351,23</b></p>
Caño San Francisco	<p><u>Área Hidrográfica: Orinoco</u>  <u>Zona Hidrográfica: Río Meta</u>  <u>Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea)</u>  <u>Microcuenca orden 4: Río Acacias</u>  <u>Microcuenca de orden 5 – Río Orotoy</u>  <u>Microcuenca de orden 6 – Caño San Francisco</u></p> <p>El caño San Francisco es una corriente de tipo permanente, de forma muy alargada y moderadamente drenada, su recorrido va en dirección norte-este, tiene una longitud de drenaje de 10,41 Km, con una extensión aproximadamente de 7,24 km<sup>2</sup>, presenta pendientes del orden de 0,73% y se caracteriza por ser una cuenca pequeña; Nace en el municipio de Acacias – Meta, a una altura de 515 msnm y desemboca el río Orotoy a una altura de 438 msnm En la <b>Fotografía 3.2-60</b>, se observa la vista general del caño San Francisco.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-60 Panorámica caño San Francisco, vereda Montebello.</b>  <b>E: 1039568,48 N: 925641,83</b></p>
Caño Unión	<p><u>Área Hidrográfica: Orinoco</u>  <u>Zona Hidrográfica: Río Meta</u>  <u>Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea)</u>  <u>Microcuenca orden 4: Río Acacias</u>  <u>Microcuenca de orden 5 – Caño Unión</u></p> <p>El caño Unión es una corriente de forma muy alargada, de tipo permanente y presenta una densidad de drenaje moderadamente drenada. Tiene una longitud total de la corriente de 33,11 Km, con un área de drenado aproximadamente de 62,16 km<sup>2</sup>, presenta pendientes del orden de 0,88% con un tipo de relieve plano y se caracteriza por ser una cuenca pequeña. En la <b>Fotografía 3.2-61</b>, se observa la vista en planta del caño Unión. Su recorrido va en dirección oriente-occidente hasta desembocar al río Acacias donde vierte sus aguas.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-61 Panorámica caño Unión, vereda La Esmeralda. E: 1044766,54 N: 927735,85</b></p>



CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Caño Siete Vueltas	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea) Microcuenca orden 4: Río Acacias Microcuenca de orden 5 – Caño Unión Microcuenca de orden 6 – Caño Siete Vueltas</p> <p>El caño siete Vueltas es una corriente de forma muy alargada, de tipo permanente y moderadamente drenada; presenta un tipo de relieve plano, con longitud de la corriente de 10,49 Km, una extensión aproximadamente de 16,80 km2, pendientes del orden de 0,75% y se caracteriza por ser una cuenca pequeña. <b>Fotografía 3.2-62</b></p>	 <p><b>Fotografía 3.2-62</b> Panorámica caño Siete Vueltas, vereda San Isidro de Chichimene. E: 1044766,54 N: 927735,85</p>
Caño La Verraquera	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea) Microcuenca orden 4: Río Acacias Microcuenca de orden 5 – Caño Unión Microcuenca de orden 6 – Caño Siete Vueltas Microcuenca de orden 7 – Caño La Verraquera</p> <p>El caño La Verraquera, nace en el municipio de Acacias a los 493 msnm aproximadamente y drena sus aguas en dirección oriente-occidente. El área de drenado de esta microcuenca es de 2,36 Km2 y la longitud del cauce principal de 4,91 Km, es de forma muy alargada y presenta unas pendientes de 0,86% clasificándose con un tipo de relieve plano. <b>Fotografía 3.2-63.</b></p>	 <p><b>Fotografía 3.2-63</b> Panorámica caño la Verraquera, vereda San Isidro de Chichimene. E: 1043248,81 N: 926952,65</p>
Caño Los Laureles	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea) Microcuenca orden 4: Río Acacias Microcuenca de orden 5 – Caño Unión Microcuenca de orden 6 – Caño Siete Vueltas Microcuenca de orden 7 – Caño Los Laureles</p> <p>El caño Los Laureles es una microcuenca de orden 7, nace en el municipio de Acacias en la parte media de la vereda Montebello a una altura de 498 msnm aproximadamente hasta entregar las aguas al caño Siete vueltas a la altura de 454 msnm. Drena sus aguas en dirección oriente-occidente y el área de drenado de esta microcuenca es de 3,21 Km2 y la longitud del cauce principal de 6,49 Km de forma muy alargada, presenta unas pendientes de 0,68% clasificándose con un tipo de relieve plano. <b>Fotografía 3.2-64</b></p>	 <p><b>Fotografía 3.2-64</b> Panorámica caño los Laureles, vereda San Isidro de Chichimene. E: 1043664,83 N: 926281,83</p>

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Caño Lejía	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea) Microcuenca orden 4: Río Acacias Microcuenca de orden 5 – Caño Unión Microcuenca de orden 6 – Caño Lejía</p> <p>El caño Lejía es una corriente de forma muy alargada, permanente y moderadamente drenada, la longitud total de la corriente es de 13,31 Km, con una extensión aproximadamente de 6,74 km<sup>2</sup>, presenta pendientes en el orden de 0,63% con un tipo de relieve plano y se caracteriza por ser una cuenca pequeña. En la <b>Fotografía 3.2-65</b>, se observa la vista en planta del caño Lejía.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-65</b> Panorámica caño Lejía, vereda La Esmeralda</p>
Caño Hondo	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea) Microcuenca orden 4: Río Acacias Microcuenca de orden 5 – Caño Hondo</p> <p>El caño Hondo es una corriente de forma muy alargada, de tipo permanente y moderadamente drenada. La longitud total de la corriente es de 27,21 Km, con un área de drenaje aproximadamente de 37,31 km<sup>2</sup>, presenta pendientes del orden de 0,60% y se caracteriza por ser una cuenca pequeña. En la <b>Fotografía 3.2-66</b>, se observa la vista general del caño Hondo. Nace en el municipio de Acacias – Meta, a una altura de 505 msnm y desemboca a una altura de 343 msnm.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-66</b> Panorámica caño Hondo, El Resguardo. E: 1039986,25 N: 935700,09</p>
Caño La Esmeralda	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea) Microcuenca orden 4: Río Acacias Microcuenca de orden 5 – caño La Esmeralda</p> <p>El caño La Esmeralda nace a una altura de 568 msnm hasta entregar las aguas al río Acacias a la altura de 414 msnm, presenta una pendiente de 1,14% considerándose de tipo de relieve plano. Es una corriente de forma muy alargada, permanente y moderadamente drenad, tiene una longitud del drenaje de 13,46 Km, con una extensión aproximadamente de 12,97 km<sup>2</sup>, y se caracteriza por ser una cuenca pequeña. En la <b>Fotografía 3.2-67</b>, se observa la vista general del caño La Esmeralda.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-67</b> Panorámica caño La Esmeralda, vereda La Esmeralda</p>

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Caño Mojaculo	<p><u>Área Hidrográfica: Orinoco</u>  <u>Zona Hidrográfica: Río Meta</u>  <u>Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea)</u>  <u>Microcuenca orden 4: Río Acacias</u>  <u>Microcuenca de orden 5 – Caño Mojaculo</u>                      El caño Mojaculo es una cuenca pequeña, que entrega sus aguas al río Acacias, se caracteriza por tener una forma muy alargada y moderadamente drenada, presenta un gradiente longitudinal que va desde 525 msnm hasta los 472 msnm, presentando una pendiente del orden de 0,90% característico de un tipo de relieve plano; tiene un área de drenado de 3,60 km<sup>2</sup> y una longitud del drenaje principal aproximadamente de 5,86 km, en dirección este – oeste.</p>	 <p>Mapa de la cuenca del Caño Mojaculo. El mapa muestra el área de influencia (línea roja) y la cuenca (línea magenta) del caño. El caño Mojaculo está etiquetado en el centro. El mapa incluye una leyenda con los ítems: Área de Influencia, AID, AI, Cuencas, y Caño Mojaculo. Las coordenadas de la cuadrícula van de 1038000 a 1042000 en el eje horizontal y de 931800 a 932200 en el eje vertical.</p>
Caño NN1	<p><u>Área Hidrográfica: Orinoco</u>  <u>Zona Hidrográfica: Río Meta</u>  <u>Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea)</u>  <u>Microcuenca orden 4: Río Acacias</u>  <u>Microcuenca de orden 5 – Caño NN1</u>                      El caño NN1 es una corriente de forma muy alargada, pobremente drenada y se caracteriza por ser una cuenca pequeña, presenta una longitud del drenaje principal de 2,94 km, con un área de drenado de 1,78 km<sup>2</sup>; presentando un gradiente longitudinal que va desde los 519 msnm hasta los 474 msnm donde entrega sus aguas al río Acacias, presentando un tipo de relieve plano con pendientes del orden de 1,53 %.</p>	 <p>Mapa de la cuenca del Caño NN1. El mapa muestra el área de influencia (línea roja) y la cuenca (línea magenta) del caño. El caño NN1 está etiquetado en el centro. El mapa incluye una leyenda con los ítems: Área de Influencia, AID, AI, Cuencas, y Caño NN1. Las coordenadas de la cuadrícula van de 1038000 a 1042000 en el eje horizontal y de 931800 a 932200 en el eje vertical.</p>
Caño La Vaina	<p><u>Área Hidrográfica: Orinoco</u>  <u>Zona Hidrográfica: Río Meta</u>  <u>Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea)</u>  <u>Microcuenca orden 4: Río Acacias</u>  <u>Microcuenca de orden 5 – Caño La Vaina</u>                      El caño La Vaina es una corriente de forma muy alargada, de tipo permanente y moderadamente drenada. La longitud total de la corriente es de 6,65 Km, con un área de drenado de 7,13 km<sup>2</sup>, presenta pendientes del orden de 1,17% y se caracteriza por ser una cuenca pequeña. En la <b>Fotografía 3.2-68</b>, se observa la vista general del caño La Vaina.                      Esta corriente nace en el municipio de Acacias – Meta, en la parte alta de la vereda santa Teresita a una altura de 510 msnm y desemboca a una altura de 432 msnm en el río Acacias.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-68</b> Panorámica caño La Vaina, vereda Santa Teresita.  <b>E: 1041144,77 N: 931632,95</b></p>

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Caño Chocho	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea) Microcuenca orden 4: Río Acacias Microcuenca de orden 5 – Caño Chocho</p> <p>El caño Chocho es una microcuenca de orden 5, tiene una longitud de cauce aproximadamente de 10,49 km con un área de drenaje de 18,18 km<sup>2</sup>, es una cuenca pequeña, con pendientes del orden de 1,19% de tipo de relieve plano y de forma muy alargada. El gradiente altitudinal varía entre los 549 msnm a 424 msnm donde entrega sus aguas al río Acacias. En la <b>Fotografía 3.2-69</b>, se observa la vista general del caño Chocho.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-69</b> Panorámica caño Chocho, vereda Santa Teresita. E: 1041030,95 N: 932639,41</p>
Caño Palmaquemada	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Metica (Guamal – Humadea) Microcuenca orden 4: Río Acacias Microcuenca de orden 5 – Caño Chocho Microcuenca de orden 6 – Caño Palmaquemada</p> <p>El caño Palmaquemada es una corriente de forma muy alargada, de tipo intermitente y pobremente drenada, su recorrido es va en dirección nor-este a sur-oeste hasta entregar sus aguas al caño Chocho. La longitud total de la corriente es de 10,84 Km, con una extensión aproximadamente de 7,68 km<sup>2</sup>, presente de pendientes en el orden de 0,61% con tipo de relieve plano y se caracteriza por ser una cuenca pequeña, en la <b>Fotografía 3.2-70</b>, se observan las características del drenaje intermitente.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-70</b> Panorámica caño Palmaquemada, vereda El Resguardo. E: 1040691,55 N: 934176,90</p>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

### Sub – zona hidrográfica río Guayuriba (3502)

El río Guayuriba desde su nacimiento en la confluencia de los ríos Blanco y Negro hasta la desembocadura en el río Meticia recorre una longitud aproximada de 118,1 km. Los principales afluentes del río Guayuriba son los ríos Manzanares, Negrito y Sardinata, y las quebradas Vijagual, La Florida, Blancas, El Cascabel y El Engaño.

El Cauce del río Guayuriba en la parte alta hasta el piedemonte se caracteriza por poseer un valle en forma de “V” con ladera de pendientes muy pronunciadas y muy estrecho en el fondo, lo que da lugar a la formación de quebradas de gran pendiente y escasa longitud, en donde se pueden presentar un gran caudal máximo instantáneo de poca duración y un volumen que genera arrastre de material sólido. Los ríos Guayuriba y Sardinata son de gran capacidad de transporte de material de fondo y lateral, constituido por bloques espesos, cantos rodados, guijarros, gravas y arenas, dando lugar a grandes formaciones de

depósitos aluviales sobre todo el recorrido del cauce de la zona plana<sup>41</sup>. En la **Fotografía 3.2-71** se observa la vista general del río Guayuriba como un posible punto de captación y en la **Tabla 3.2-69** se presenta el inventario de microcuencas que intersecta la línea de trasmisión perteneciente a la sub zona hidrográfica del río Guayuriba.










**Fotografía 3.2-71** Panorámica río Guayuriba – La Concepción. E: 1038141,50 N: 938025,71  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.



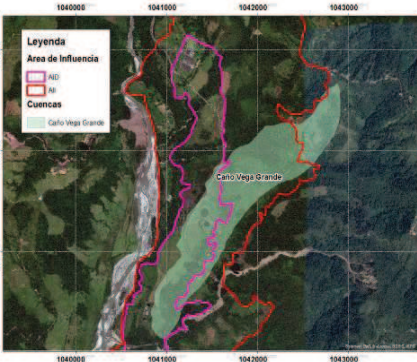
**Tabla 3.2-69** Inventario de sistemas loticos presentes en la Sub-zona hidrográfica Río Guayuriba (3502).

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Río Negrito	<p><u>Área Hidrográfica: Orinoco</u>  <u>Zona Hidrográfica: Río Meta</u>  <u>Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba</u>  <u>Microcuenca de orden 4 – Río Negrito</u></p> <p>El río Negrito es una microcuenca de orden 4, se caracteriza por ser una corriente de forma muy alargada, de tipo permanente y altamente drenada, su recorrido va en dirección este - oeste hasta entregar sus aguas al río Guayuriba. Presenta un gradiente longitudinal que va desde 923 msnm hasta los 475 donde entrega sus aguas, tiene un área de drenaje de 4,33 km<sup>2</sup> con una longitud de la corriente principal aproximadamente de 7,05 km, y pendientes en el orden de 6,35 % con tipo de relieve suave y se caracteriza por ser una cuenca pequeña, en la <b>Fotografía 3.2-72</b>, se observan las características del río Negrito.</p>	<p><b>Fotografía 3.2-72</b> Panorámica río Negrito, vereda La Concepción. E: 1038241,16 N: 938961,94</p>

<sup>41</sup> Tomado del Plan de ordenamiento de la cuenca del río Guayuriba. Junio 12 de 2009

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Caño San Luciano	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Caño San Luciano</p> <p>El caño San Luciano, se caracteriza por poseer un valle en forma de “V” con ladera de pendientes muy pronunciadas y muy estrecho en el fondo, se caracteriza por ser una corriente de forma muy alargada, de tipo permanente y altamente drenada, presenta un gradiente longitudinal que va desde 1174 msnm en la parte alta de la vereda La Cumbre hasta los 571 donde entrega sus aguas al río Guayuriba, tiene un área de drenaje de 3,68 km<sup>2</sup> con una longitud de la corriente aproximadamente de 4,62 km, con una pendiente del orden de 13,05 % de tipo de relieve accidentado y se caracteriza por ser una cuenca pequeña, en la <b>Fotografía 3.2-73</b>, se observan las características del caño San Luciano.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-73 Panorámica caño San Luciano, vereda La Cumbre.</b> E: 1036017,95 N: 943843,20</p>
Caño Tolima	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Caño Tolima</p> <p>El caño Tolima es una microcuenca de orden 4, característico por ser una corriente de montaña, de forma moderadamente alargada, permanente y moderadamente drenada, nace en la parte alta de la vereda Cornetal a 1195 msnm hasta los 634 donde entrega sus aguas al río Guayuriba, con pendientes del orden de 20,48% de tipo de relieve accidentado; presenta un área de drenaje de 2,19 km<sup>2</sup> con una longitud de la corriente aproximadamente de 2,74 km, y se caracteriza por ser una cuenca pequeña, en la <b>Fotografía 3.2-74</b>, se observan las características del caño Tolima.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-74 Panorámica caño Tolima, vereda Cornetal.</b> E: 1036724,60 N: 946807,19</p>
Caño NN2	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Caño NN2</p> <p>El caño NN2 es una corriente de forma moderadamente alargada, con una densidad de drenaje altamente drenada, presenta un gradiente longitudinal que va desde 1115 msnm en la vereda San Juan de Ocoa hasta los 656 donde entrega sus aguas al río Guayuriba, con pendientes del orden de 23,78% de tipo de relieve accidentado; presenta un área de drenaje de 1,60 km<sup>2</sup> con una longitud de la corriente aproximadamente de 1,93 km, y se caracteriza por ser una cuenca pequeña, en la <b>Fotografía 3.2-75</b>, se observan las características del caño NN2.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-75 Panorámica caño NN2, vereda Buenavista.</b> E: 1042413,67 N: 949833,39</p>

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Caño Colorado	<p><u>Área Hidrográfica: Orinoco</u>  <u>Zona Hidrográfica: Río Meta</u>  <u>Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba</u>  <u>Microcuenca de orden 4 – Caño Colorado</u></p> <p>El caño Colorado es una microcuenca de orden 4, se caracteriza por ser una corriente de montaña, de forma muy alargada, de tipo permanente y moderadamente drenada, presenta un gradiente longitudinal que va desde 1032 msnm hasta 648 msnm donde entrega sus aguas al río Guayuriba, presenta pendientes del orden de 12,50% de tipo de relieve accidentado; la longitud de su drenaje principal es aproximadamente de 3,07 km y con un área de drenaje de 2,18 km<sup>2</sup>; en la <b>Fotografía 3.2-76</b>, se observan las características del caño Colorado.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-76 Panorámica caño Colorado, vereda Cornetal. E: 1039121,59 N: 948977,84</b></p>
Caño Carbón	<p><u>Área Hidrográfica: Orinoco</u>  <u>Zona Hidrográfica: Río Meta</u>  <u>Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba</u>  <u>Microcuenca de orden 4 – Caño Carbón</u></p> <p>El caño Carbón es una de forma moderadamente alargada, permanente y altamente drenada, presenta un gradiente longitudinal que va desde 1063 msnm en la parte alta de la vereda Samaria hasta los 653 donde entrega sus aguas al río Guayuriba, con pendientes del orden de 11,52 % de tipo de relieve mediano, presenta un área de drenaje de 4,10 km<sup>2</sup> con una longitud de la corriente aproximadamente de 3,56 km y se caracteriza por ser una cuenca pequeña, en la <b>Fotografía 3.2-77</b>, se observan las características del caño Carbón.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-77 Panorámica caño Carbón, vereda San Juan De Ocoa. E: 1039625,03 N: 949181,64</b></p>
Caño Pescado	<p><u>Área Hidrográfica: Orinoco</u>  <u>Zona Hidrográfica: Río Meta</u>  <u>Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba</u>  <u>Microcuenca de orden 4 – Caño Pescado</u></p> <p>El caño Pescado, es una microcuenca de orden 4, nace en la parte alta de la vereda Buenavista presentando un gradiente longitudinal que va desde 1174 msnm hasta los 571 msnm donde entrega sus aguas al río Guayuriba, presentando pendientes del orden de 13,49 % con tipo de relieve accidentado; la longitud de su cauce principal es aproximadamente de 4,47 km con un área de drenaje de 13,72 km<sup>2</sup> clasificándose como una cuenca de tamaño pequeña, en la <b>Fotografía 3.2-78</b>, se observan las características del caño Pescado.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-78 Panorámica caño Pescado, vereda Buenavista. E: 1040566,27 N: 951084,87</b></p>
Caño Danta	<p><u>Área Hidrográfica: Orinoco</u>  <u>Zona Hidrográfica: Río Meta</u>  <u>Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba</u>  <u>Microcuenca de orden 4 – Caño Pescado</u>  <u>Microcuenca de orden 5 – Caño Danta</u></p> <p>El caño Danta es una corriente de montaña, de forma moderadamente alargada, permanente y altamente drenada, presenta un gradiente longitudinal que va desde 1154 msnm hasta los 799 donde entrega sus aguas al caño Pescado, con pendientes del orden de 16,59 % de tipo de relieve accidentado, presenta un área de drenaje de 1,75 km<sup>2</sup> y una longitud de la corriente aproximadamente de 2,14 km, en la <b>Fotografía 3.2-79</b>, se observan las características del caño Danta.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-79 Panorámica caño Danta, vereda Samaria. E: 1042027,64 N: 949735,55</b></p>

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Quebrada Aguas Claras	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Caño Pescado Microcuenca de orden 5 – Quebrada Aguas Claras</p> <p>La quebrada Aguas Claras, nace en la parte alta de la vereda Buenavista presentando un gradiente longitudinal que va desde 1308 msnm hasta los 744 msnm donde entrega sus aguas al caño Pescado, con pendientes del orden de 28,04 % y tipo de relieve accidentado; la longitud de su cauce principal es aproximadamente de 2,01 km con un área de drenado de 2,01 km<sup>2</sup> clasificándose como una cuenca de tamaño pequeña, en la <b>Fotografía 3.2-80</b> se observan las características de la quebrada Aguas Claras.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-80 Panorámica quebrada Aguas Claras, vereda Buenavista. E: 1041584,03 N: 950522,47</b></p>
Caño Vijagual	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Caño Pescado Microcuenca de orden 5 – Caño Vijagual</p> <p>El caño Vijagual es una microcuenca de orden 5, que nace en la parte alta de la vereda Buenavista a una altura de 1188 msnm y entrega sus aguas al caño Pescado a una altura de 712 msnm, presentando pendientes del orden 10,40% de tipo de relieve mediano, es una cuenca de forma muy alargada y con densidad de drenaje altamente drenada, tiene un área de drenado aproximadamente 5,49 km<sup>2</sup> y una longitud total de la corriente principal de 4,58 km. <b>Fotografía 3.2-81</b></p>	 <p><b>Fotografía 3.2-81 Panorámica caño Vijagual, vereda Buenavista. E: 1041031,01 N: 951168,68</b></p>
Caño Vega Grande	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Caño Pescado Microcuenca de orden 5 – Caño Vijagual Microcuenca de orden 6 – Caño Vega Grande</p> <p>El Vega Grande es una corriente de características de montaña, de forma muy alargada, permanente y moderadamente drenada, presenta un gradiente longitudinal que va desde 1119 msnm hasta los 712 donde entrega sus aguas al caño Vijagual, con pendientes del orden de 13,71% de tipo de relieve accidentado, presenta un área de drenaje de 1,36 km<sup>2</sup> y una longitud de la corriente aproximadamente de 2,97 km.</p>	 <p>The map displays a topographic view of the watershed area. A pink line outlines the boundary of the 'Caño Vega Grande' watershed. A legend in the top-left corner identifies the 'Área de Influencia' (Area of Influence) with a pink outline, 'AQ' (Aguas Claras) with a red outline, and 'Cuencas' (Watersheds) with a green outline. The map includes a coordinate grid with UTM Easting (E) and Northing (N) values.</p>





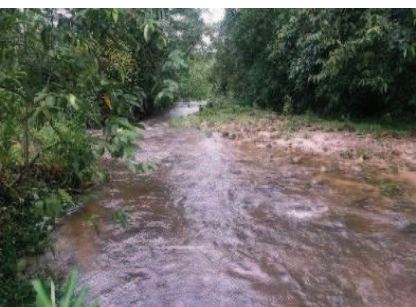
CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Quebrada Negra	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Quebrada Negra</p> <p>La quebrada Negra se encuentra en el piedemonte, se caracteriza por poseer un valle en forma de “V” con ladera de pendientes muy pronunciadas y muy estrecho en el fondo, se caracteriza por ser una corriente de forma muy alargada, permanente y moderadamente drenada, presenta un gradiente longitudinal que va desde 1125 msnm hasta los 695 donde entrega sus aguas al río Guayuriba, tiene un área de drenaje de 88,32 km<sup>2</sup> con una longitud de la corriente aproximadamente de 2,61 km, con una pendiente del orden de 16,48 % de tipo de relieve accidentado y se caracteriza por ser una cuenca pequeña, en la <b>Fotografía 3.2-82</b>, se observan las características de la quebrada Negra.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-82 Panorámica de la quebrada Negra, vereda Servita.</b> E: 1041671,80 N: 953215,86</p>
Quebrada Servita	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Quebrada Servita</p> <p>La quebrada Servita es una corriente de características de montaña, de forma muy alargada, permanente y altamente drenada, presenta un gradiente longitudinal que va desde 1474 msnm hasta los 699 donde entrega sus aguas al río Guayuriba, con pendientes del orden de 28,70% de tipo de relieve accidentado, presenta un área de drenaje de 2,33 km<sup>2</sup> y una longitud de la corriente aproximadamente de 2,70 km. en la <b>Fotografía 3.2-83</b>, se observan las características de la quebrada Servita.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-83 Panorámica de la quebrada Servita, vereda Servita.</b> E: 1041422,94 N: 953543,18</p>



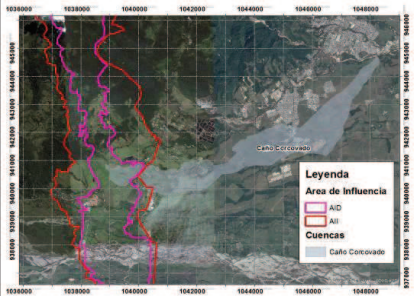

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

### Sub – zona hidrográfica río Guatiquía (3503)

El río Guatiquía, Nace en el Páramo de Chingaza en el Municipio de Fómeque (Cundinamarca); su distribución irregular del caudal durante el año, sumado al inadecuado uso de los recursos naturales en la cuenca alta causa una serie de adversidades en la temporada de lluvias. El cauce de este río es vecino a la ciudad de Villavicencio y genera expectativas sobre la influencia que sus crecientes tienen sobre la comunidad que se ubica en las proximidades de sus márgenes, especial. En la **Tabla 3.2-70** se presenta el inventario de microcuencas que intersecta la línea de trasmisión perteneciente a la sub zona hidrográfica del río Guatiquia.

**Tabla 3.2-70 Inventario de sistemas loticos presentes en la Sub-zona hidrográfica Río Guatiquia (3503).**

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Río Ocoa	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Río Ocoa</p> <p>El río Ocoa nace al suroccidente del municipio de Villavicencio (Meta) en la vertiente oriental de la cordillera oriental, en la vereda San Juan de Ocoa a 1.350 m.s.n.m., fluye al este para desembocar en el río Guatiquía a una altura aproximada de 150 m.s.n.m., entre las veredas Indostán y Peralonso, recorre 7,76 kilómetros antes de verter sus aguas al río Guatiquía. Tiene como particularidad que nace y desemboca dentro de la jurisdicción del municipio de Villavicencio (EOT Villavicencio y POMCA Río Ocoa). Este río en el caserío de San Luis de Ocoa, presenta un patrón de drenaje trenzado y después de varios kilómetros se convierte en meándrico. En la <b>Fotografía 3.2-84</b>, se presenta el río Ocoa, en el punto de control se observa que en sus márgenes se tiene una cobertura de bosque de galería.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-84 Panorámica río Ocoa, vereda San Luis de Ocoa. E: 1041166,09 N: 944354,77</b></p>
Caño La Unión	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Río Ocoa Microcuenca de orden 5 – Caño La Unión</p> <p>El caño La Unión, es una corriente de forma muy alargada y altamente drenada, presenta un gradiente longitudinal que va desde 1213 msnm hasta los 448 donde entrega sus aguas al río Ocoa, con una pendiente del orden de 4,86 % de tipo suave, tiene un área de drenaje de 18,44 km<sup>2</sup> y una longitud de la corriente aproximadamente de 15,74 km. en la <b>Fotografía 3.2-85</b>, se observan las características del caño La Unión.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-85 Panorámica caño La Unión, vereda La Unión. E: 1038803,35 N: 941099,40</b></p>
Caño Blanco	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Río Ocoa Microcuenca de orden 5 – Caño La Unión Microcuenca de orden 6 – Caño Blanco</p> <p>El caño Blanco nace en la parte alta de la vereda San Luis de Ocoa a una altura de 1058 msnm hasta entregar sus aguas al río Ocoa a la altura de 478 msnm, presentando un gradiente longitudinal del orden de 9,11%, tiene un área de drenado de 4,39 km<sup>2</sup> y una longitud del cauce principal de 6,36 km aproximadamente, en la <b>Fotografía 3.2-86</b>, se observan las características del caño Blanco.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-86 Panorámica caño Blanco, vereda la Unión. E: 1040613,90 N: 941884,22</b></p>

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Quebrada Blanca	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Río Ocoa Microcuenca de orden 5 – Quebrada Blanca</p> <p>La Quebrada Blanca es una microcuenca de orden 5, de forma muy alargada y altamente drenada, presenta una longitud de su cauce principal aproximadamente 5,08 km con un área de drenado de 5,75 km<sup>2</sup>, presenta un gradiente longitudinal medio que va desde 1108 msnm hasta 551 msnm con pendientes de 10,96% y se caracteriza por ser una cuenca pequeña; en la <b>Fotografía 3.2-87</b>, se observan las características de la quebrada Blanca.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-87</b> Panorámica Quebrada Blanca, vereda San Juan De Ocoa. E: 1040900,17 N: 943818,10</p>
Caño Corrales	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Río Ocoa Microcuenca de orden 5 – Quebrada Blanca Microcuenca de orden 6 – Caño Corrales</p> <p>El caño Corrales nace a una altura 1047 msnm hasta los 581 msnm donde entrega sus aguas a la quebrada Blanca, es de forma alargada y altamente drenada, tiene un área aproximadamente de 1,72 km<sup>2</sup> y longitud del cauce principal de 2,28 km y se encuentra en un tipo de relieve accidentado. En la <b>Fotografía 3.2-88</b>, se observan las características del caño Los Corrales.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-88</b> Panorámica caño Los Corrales, vereda San Juan De Ocoa. E: 1040372,53 N: 946215,83</p>
Caño Corcovada	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Río Ocoa Microcuenca de orden 5 – Caño Corcovada</p> <p>El caño Corcovada es una microcuenca de orden 5, que presenta una longitud de cauce aproximadamente de 7,47 km con un área de drenaje de 9,17 km<sup>2</sup>, es una cuenca pequeña, con pendientes del orden de 1,34% de tipo de relieve plano y de forma muy alargada. El gradiente altitudinal varía entre los 512 msnm a 412 msnm donde entrega sus aguas al río Ocoa.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-89</b> Panorámica Caño Corcovada, vereda San Juan De Ocoa. E: 1041030,95 N: 932639,41</p>
Caño NN3	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Guayuriba Microcuenca de orden 4 – Río Ocoa Microcuenca de orden 5 – Caño NN3</p> <p>El caño NN3 es una microcuenca de orden 5, tiene una longitud de cauce aproximadamente de 2,35 km con un área de drenaje de 1,71 km<sup>2</sup>, es una cuenca pequeña, con pendientes del orden de 16,17% de tipo de relieve accidentado y de forma muy alargada. El gradiente altitudinal varía entre los 1026 msnm a 646 msnm donde entrega sus aguas al río Ocoa. En la <b>Fotografía 3.2-89</b>, se observa la vista general del caño NN3.</p>	 <p><b>Fotografía 3.2-89</b> Panorámica caño NN3, San Luis de Ocoa. E: 1041030,95 N: 932639,41</p>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Sub – zona hidrográfica río Negro

Este río nace en la cordillera oriental y recorre una longitud de 17 km hasta su desembocadura en el río Meta, en la que presenta un patrón de drenaje de tipo meándrico. En la **Fotografía 3.2-90** se observan las características del río Negro. En la **Tabla 3.2-71** se presenta el inventario de microcuencas que intersecta la línea de trasmisión perteneciente a la sub zona hidrográfica del río Negro.



**Fotografía 3.2-90** Panorámica río Negro – La Concepción. E: 1041795,03 N: 938600,58  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

**Tabla 3.2-71** Inventario de sistemas loticos presentes en la Sub-zona hidrográfica Río Negro (3510).

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Caño La Candelaria	<p>Área Hidrográfica: Orinoco Zona Hidrográfica: Río Meta Sub-Zona Hidrográfica: Río Negro Microcuenca de orden 4 – Caño La Candelaria</p> <p>El caño La Candelaria es uno de los principales afluentes del río Negro, nace en la parte alta de la vereda Concepción a un altura de 855 msnm hasta los 463 donde entrega sus aguas al río Negro, con tipo de relieve plano y pendientes del orden de 4,72%, tiene un área de drenado de aproximadamente de 7,04 km<sup>2</sup> y una longitud de cauce de 8,31 km, es una cuenca pequeña de forma muy alargada y moderadamente drenada; En la <b>Fotografía 3.2-91</b> se observan las características del caño La Candelaria.</p>	<p><b>Fotografía 3.2-91</b> Panorámica caño La Candelaria, vereda Las Mercedes. E: 1037029,99 N: 940036,17</p>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

3.2.4.3 Análisis morfométrico de la red hidrográfica

La morfometría de una cuenca hidrográfica, corresponde al estudio cuantitativo de las características físicas de la misma, como son área, perímetro y longitud, a fin de evaluar la

red de drenaje, las pendientes y la forma de una cuenca a partir del cálculo de valores numéricos, correspondiente a la estimación de los principales parámetros físicos que definen la morfometría de una cuenca, tales como, densidad de drenajes, área, perímetro, pendiente, factor de forma, coeficiente de compacidad, tiempo de concentración.

El procedimiento implementado consistió en la caracterización de cada unidad a partir del cálculo de sus variables básicas (superficie, perímetro, longitud de la corriente principal, elevación, desnivel del cauce principal y número y longitud de cauces de menor orden), a partir de un análisis geométrico basado en información cartográfica escala 1:25.000 y el producto de la respectiva actualización cartográfica, teniendo en cuenta la delimitación de las unidades hidrográficas y la red de drenaje del área de estudio, integrando la hidrografía regional desde el nacimiento de los cuerpos de agua hasta su desembocadura; a continuación se indica el análisis de los principales parámetros morfométricos para cada una de las unidades hidrográficas presentes dentro el área del proyecto:

#### 3.2.4.3.1 Características generales

Las características generales de una cuenca hacen referencia a sus características geométricas tales como área y perímetro, longitud total y axial del cauce principal, como se detallan a continuación:

- **Área (A)**

El área de la cuenca tiene gran importancia por constituir el criterio de la magnitud del caudal, en condiciones normales, los caudales promedios, mínimos y máximos crecen a medida que crece el área de la cuenca. En la **Tabla 3.2-72**, se indica la clasificación de cuencas de acuerdo a su área.

**Tabla 3.2-72 Clasificación tamaño de la cuenca**

RANGOS DE ÁREAS (KM <sup>2</sup> )	CLASES DE TAMAÑO
<25 -250	Pequeña
251-500	Intermedia Pequeña
501-2500	Intermedia Grande
2500-5000	Grande

Fuente: Hidrología en la Ingeniería. Monsalve. 1995.

- **Perímetro (P)**

El perímetro es la longitud del límite de la unidad hidrográfica, o en otras palabras la distancia que habría que recorrer si se transitara por todos los filos que envuelve la cuenca. Si bien el perímetro es una medida o parámetro que no indica nada por si solo se convierte en un factor fundamental para el cálculo de los parámetros de forma de la cuenca, como, por ejemplo, el coeficiente de compacidad (Kc).

- **Longitud alta**

Distancia entre el punto de desagüe y el punto más alejado de la cuenca siguiendo la dirección del drenaje.

De acuerdo con lo anterior, en la **Tabla 3.2-73**, se presentan los parámetros generales descritos anteriormente para cada corriente hídrica de interés, se puede analizar que las sub-zonas Hidrográficas considerada grande la del río Guayuriba, seguida por cuencas como la del río Acacias y Río Negro que presentan un tamaño de intermedia-grande, las microcuencas de orden 4, 5, 6 y 7 restantes son catalogadas como cuencas pequeñas.

**Tabla 3.2-73 Parámetros generales unidades hidrográficas de interés**

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	GENERALES					CLASIFICACIÓN TAMAÑO
		ÁREA (km <sup>2</sup> )	LONGITUD AXIAL (km)	LONGITUD TOTAL DEL DRENAJE (km)	SUMATORIA LONGITUDES CAUCES INTEGRADOS	PERÍMETRO (km)	
		A	La	Lt	Li	P	
Sub-zona hidrográfica	Río Guayuriba	3215,42	180,07	192,52	4117,99	592,70	Grande
Sub-zona hidrográfica	Río Negro	958,30	89,41	166,61	908,59	303,80	Intermedia grande
Microcuenca de orden 4	Caño San Luciano	3,68	3,57	4,62	13,21	9,88	Pequeña
Microcuenca de orden 4	Caño Tolima	2,19	2,21	2,74	5,22	6,57	Pequeña
Microcuenca de orden 4	Caño NN2	1,60	1,78	1,93	4,72	5,20	Pequeña
Microcuenca de orden 4	Caño Colorado	2,18	2,64	3,07	5,49	7,59	Pequeña
Microcuenca de orden 4	Caño Carbón	4,10	3,01	3,56	15,94	8,96	Pequeña
Microcuenca de orden 4	Caño Pescado	13,72	3,66	4,47	59,96	16,20	Pequeña
Microcuenca de orden 4	Quebrada Negra	0,88	2,04	2,61	0,65	5,19	Pequeña
Microcuenca de orden 4	Quebrada Servita	2,33	2,52	2,70	7,82	7,51	Pequeña
Microcuenca de orden 4	Río Ocoa	288,52	49,94	77,78	511,06	149,27	Intermedia pequeña
Microcuenca de orden 4	Caño La Candelaria	7,04	6,39	8,31	13,87	16,55	Pequeña
Microcuenca de orden 4	Río Acacias	797,29	69,80	199,52	1323,66	192,03	Intermedia grande
Microcuenca de orden 4	Río Negrito	4,33	5,63	7,05	15,90	14,97	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño Grande	99,57	44,35	55,91	91,52	108,29	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño Danta	1,75	1,91	2,14	7,54	5,60	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Quebrada Aguas Claras	2,01	2,36	2,01	5,89	6,75	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño NN3	1,71	2,15	2,35	4,78	6,64	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Río Orotoy	178,98	54,24	88,84	284,65	162,72	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño Unión	62,16	34,14	33,11	137,97	84,22	Pequeña

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HIDRICA	GENERALES					CLASIFICACIÓN TAMAÑO
		ÁREA (km <sup>2</sup> )	LONGITUD AXIAL (km)	LONGITUD TOTAL DEL DRENAJE (km)	SUMATORIA LONGITUDES CAUCES INTEGRADOS	PERÍMETRO (km)	
		A	La	Lt	Li	P	
Microcuenca de orden 5	Caño Hondo	37,31	21,37	27,21	29,83	51,52	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño La Esmeralda	12,97	12,82	13,46	9,08	30,10	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño Mojaculos	3,60	4,95	5,86	2,73	11,55	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño NN1	1,78	4,17	2,94	0,41	10,09	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño La Vaina	5,49	6,36	6,65	6,64	12,16	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño Chocho	18,18	10,84	10,49	22,82	33,29	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño Vijagual	5,49	3,96	4,58	20,21	10,44	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño La Unión	18,44	7,45	15,74	56,44	29,99	Pequeña
Microcuenca de orden 5	Caño Corcovada	9,17	10,16	7,47	10,35	26,08	Pequeña
Microcuenca de orden 6	Caño vega Grande	1,36	3,11	2,97	3,12	7,15	Pequeña
Microcuenca de orden 6	Caño San Francisco	7,24	6,37	10,41	14,46	17,23	Pequeña
Microcuenca de orden 6	Caño Siete Vueltas	16,80	9,06	10,49	23,17	26,56	Pequeña
Microcuenca de orden 6	Caño Lejía	6,74	10,31	13,31	6,09	24,33	Pequeña
Microcuenca de orden 6	Caño Palmaquemada	7,68	8,59	10,87	2,20	23,08	Pequeña
Microcuenca de orden 6	Quebrada Blanca	5,75	3,58	5,08	24,59	12,69	Pequeña
Microcuenca de orden 6	Caño Blanco	4,39	3,09	6,36	14,53	9,32	Pequeña
Microcuenca de orden 7	Caño Los Corrales	1,72	2,58	2,28	6,33	6,62	Pequeña
Microcuenca de orden 7	Caño La Verraquera	2,36	4,16	4,91	0,33	10,26	Pequeña
Microcuenca de orden 7	Caño Los Laureles	3,21	5,41	6,49	0,54	12,16	Pequeña

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.4.3.2 Formas de la cuenca

- **Factor forma (kf)**

Es un índice que permite establecer la tendencia morfológica general en función de la longitud axial de la cuenca, y de su ancho promedio. Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es redonda, en la medida que el factor forma tiende a uno. Este factor es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca, teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas, tienden a presentar un flujo de agua más veloz, a comparación de las cuencas redondeadas, logrando una evacuación de la cuenca más rápida, mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base, principalmente (Ecuación -1). De acuerdo al anterior se infiere que las cuencas de interés se alejan de 1

inferiendo que estas muy probablemente no generen flujo de agua rápida cuando se presente una precipitación en las cuencas.

$$K_f = \frac{A_p}{L_a^2} \text{ (Ecuación - 1)}$$

Dónde:

Kf: Factor de forma

Ap: Ancho promedio

La: longitud axial

- **Coefficiente de compacidad (kc)**

El coeficiente de compacidad es una relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia con la misma superficie de la cuenca. Este coeficiente define la forma de la cuenca, respecto a la similaridad con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación (FAO):

Clase Kc1: Rango entre 1 y 1,25. Corresponde a forma redonda a oval redonda.

Clase Kc2: Rango entre 1,25 y 1,5 Corresponde a forma oval redonda a oval oblonga.

Clase Kc3: Rango entre 1,5 y 1,75 Corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga.

El índice de Gravelius está dado por la relación entre el área de un círculo equivalente cuyo perímetro es el perímetro de la cuenca (P), que es la misma longitud del parte aguas y el área de la **Ecuación -2**:

$$K_c = \frac{0.28 P}{A^{1/2}} \text{ (Ecuación - 2)}$$

Dónde:

Kc: Coeficiente de compacidad

P: Perímetro de la cuenca.

A: Área de la cuenca

El coeficiente de compacidad es la relación entre el perímetro de la cuenca y su área. Cuanto más irregular sea la cuenca mayor será su coeficiente de compacidad, existe mayor tendencia a las crecientes en la medida en que este número sea próximo a la unidad, por el contrario, en una cuenca con un factor de forma bajo está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño, pero con mayor factor de forma.



En cuanto el factor de forma se entiende este como la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la cuenca se mide cuando se sigue el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la cuenca.

- **Índice de alargamiento**

El índice de alargamiento es otro parámetro que muestra el comportamiento de forma de la cuenca, pero esta vez no respecto a su redondez, sino a su tendencia a ser de forma alargada en relación a su longitud axial, y al ancho máximo de la cuenca. Este índice propuesto por Horton se calcula de acuerdo con la Ecuación-3, y en la **Tabla 3.2-74** se presentan los rangos y clases de alargamiento:

$$Ia = \frac{La}{Ap} \quad Ia = \frac{La}{Ap} \quad (\text{Ecuación- 3})$$

Dónde:

Ia=Índice de Alargamiento

La= Longitud axial

Ap= Ancho Promedio

**Tabla 3.2-74 Rangos y clases de alargamiento**

RANGOS Ia	CLASES DE ALARGAMIENTO
0,0-1,4	Poco alargada
1,5-2,8	Moderadamente alargada
2,9-4,2	Muy alargada

Fuente: Hidrología en la Ingeniería. Monsalve. 1995.

Este índice permite hacer referencia a la dinámica rápida o lenta del agua en los drenajes y su potencial erosivo o de arrastre.

En la **Tabla 3.2-75**, se identifican los parámetros morfométricos relacionados directamente con la forma de las unidades hidrográficas de interés.

**Tabla 3.2-75 parámetros de forma de sub-zonas hidrográficas y microcuencas de interés**

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	FORMA					
		ANCHO PROMEDIO (KIM)	FACTOR DE FORMA	COEF. DE COMPACIDAD	CLASIFICACIÓN	ÍNDICE DE ALARGAMIENTO	CLASIFICACIÓN
		Ap	Kf	Kc	Kc	Ia	Ia
Sub-zona hidrográfica	Rio Guayuriba	17,9	0,1	2,9	oval oblonga a rectangular oblonga	10,8	Muy Alargada

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HIDRICA	FORMA					
		ANCHO PROMEDIO (KM)	FACTOR DE FORMA	COEF. DE COMPACIDAD	CLASIFICACIÓN	ÍNDICE DE ALARGAMIENTO	CLASIFICACIÓN
		Ap	Kf	Kc	Kc	Ia	Ia
Sub-zona hidrográfica	Rio Negro	10,7	0,1	2,7	oval oblonga a rectangular oblonga	15,5	Muy Alargada
Microcuenca de orden 4	Caño San Luciano	1,0	0,3	1,4	oval redonda a oval oblonga	4,5	Muy Alargada
Microcuenca de orden 4	Caño Tolima	1,0	0,4	1,2	Redonda a Oval Redonda	2,8	Moderadamente Alargada
Microcuenca de orden 4	Caño NN2	0,9	0,5	1,2	Redonda a Oval Redonda	2,1	Moderadamente Alargada
Microcuenca de orden 4	Caño Colorado	0,8	0,3	1,4	oval redonda a oval oblonga	3,7	Muy Alargada
Microcuenca de orden 4	Caño carbón	1,4	0,5	1,2	Redonda a Oval Redonda	2,6	Moderadamente Alargada
Microcuenca de orden 4	Caño Pescado	3,7	1,0	1,2	Redonda a Oval Redonda	1,2	Poco Alargada
Microcuenca de orden 4	Quebrada Negra	0,4	0,2	1,5	oval oblonga a rectangular oblonga	6,1	Muy Alargada
Microcuenca de orden 4	Quebrada Servita	0,9	0,4	1,4	oval redonda a oval oblonga	2,9	Muy Alargada
Microcuenca de orden 4	Rio Ocoa	5,8	0,1	2,5	oval oblonga a rectangular oblonga	13,5	Muy Alargada
Microcuenca de orden 4	Caño La Candelaria	1,1	0,2	1,7	oval oblonga a rectangular oblonga	7,5	Muy Alargada
Microcuenca de orden 4	Rio Acacias	11,4	0,2	1,9	oval oblonga a rectangular oblonga	17,5	Muy Alargada
Microcuenca de orden 4	Rio Negrito	0,8	0,1	2,0	oval oblonga a rectangular oblonga	9,2	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño Grande	2,2	0,1	3,0	oval oblonga a rectangular oblonga	24,9	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño Danta	0,9	0,5	1,2	Redonda a Oval Redonda	2,3	Moderadamente Alargada
Microcuenca de orden 5	Quebrada Aguas Claras	0,9	0,4	1,3	oval redonda a oval oblonga	2,4	Moderadamente Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño NN3	0,8	0,4	1,4	oval redonda a oval oblonga	2,9	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Rio Orotoy	3,3	0,1	3,4	oval oblonga a rectangular oblonga	26,9	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño Unión	1,8	0,1	3,0	oval oblonga a rectangular oblonga	18,2	Muy Alargada

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	FORMA					
		ANCHO PROMEDIO (KM)	FACTOR DE FORMA	COEF. DE COMPACIDAD	CLASIFICACIÓN	ÍNDICE DE ALARGAMIENTO	CLASIFICACIÓN
		Ap	Kf	Kc	Kc	Ia	Ia
Microcuenca de orden 5	Caño Hondo	1,7	0,1	2,4	oval oblonga a rectangular oblonga	15,6	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño La Esmeralda	1,0	0,1	2,3	oval oblonga a rectangular oblonga	13,3	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño Mojaculos	0,7	0,1	1,7	oval oblonga a rectangular oblonga	8,1	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño NN1	0,4	0,1	2,1	oval oblonga a rectangular oblonga	6,9	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño La Vaina	0,9	0,1	1,5	oval redonda a oval oblonga	7,7	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño Chocho	1,7	0,2	2,2	oval oblonga a rectangular oblonga	6,3	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño Vijagual	1,4	0,4	1,2	Redonda a Oval Redonda	3,3	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño La Unión	2,5	0,3	2,0	oval oblonga a rectangular oblonga	6,4	Muy Alargada
Microcuenca de orden 5	Caño Corovada	0,9	0,1	2,4	oval oblonga a rectangular oblonga	8,3	Muy Alargada
Microcuenca de orden 6	Caño vega Grande	0,4	0,1	1,7	oval oblonga a rectangular oblonga	6,8	Muy Alargada
Microcuenca de orden 6	Caño San francisco	1,1	0,2	1,8	oval oblonga a rectangular oblonga	9,2	Muy Alargada
Microcuenca de orden 6	Caño Siete Vueltas	1,9	0,2	1,8	oval oblonga a rectangular oblonga	5,7	Muy Alargada
Microcuenca de orden 6	Caño Lejía	0,7	0,1	2,6	oval oblonga a rectangular oblonga	20,4	Muy Alargada
Microcuenca de orden 6	Caño Palmaquemada	0,9	0,1	2,3	oval oblonga a rectangular oblonga	12,2	Muy Alargada
Microcuenca de orden 6	Quebrada Blanca	1,6	0,4	1,5	oval redonda a oval oblonga	3,2	Muy Alargada
Microcuenca de orden 6	Caño Blanco	1,4	0,5	1,2	Redonda a Oval Redonda	4,5	Muy Alargada
Microcuenca de orden 7	Caño Los Corrales	0,7	0,3	1,4	oval redonda a oval oblonga	3,4	Muy Alargada

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	FORMA					
		ANCHO PROMEDIO (KM)	FACTOR DE FORMA	COEF. DE COMPACIDAD	CLASIFICACIÓN	ÍNDICE DE ALARGAMIENTO	CLASIFICACIÓN
		Ap	Kf	Kc	Kc	la	la
Microcuenca de orden 7	Caño La Verraquera	0,6	0,1	1,9	oval oblonga a rectangular oblonga	8,7	Muy Alargada
Microcuenca de orden 7	Caño Los Laureles	0,6	0,1	1,9	oval oblonga a rectangular oblonga	10,9	Muy Alargada

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Las unidades hidrográficas del área de estudio presentan un factor forma menor de 0,5 lo cual indica que las cuencas son de forma muy alargadas y están menos propensas a recibir una lluvia intensa simultánea sobre toda la superficie y los riesgos a presencia de caudales pico acentuados e inundaciones son bajos. En general, un factor de forma es medio a bajo (< de 0,6) permite deducir que las microcuencas son poco a muy poco susceptibles y tendencia a crecientes no es tan marcada.

Los drenajes presentan un coeficiente de compacidad con un amplio rango de valores entre 1,5 y 4,1, pero predominan los valores cercanos a 2, lo que indica su forma es rectangular oblonga. En general, los valores de Kc son superiores a 1.0. Los valores del coeficiente de compacidad son más próximos a 3 que, a la unidad, indicando cuencas muy alargadas, con tiempos de respuesta menores ante una lluvia.

#### 3.2.4.3.3 *Relieve de la cuenca*

El análisis de las características de relieve permite determinar la distribución de las alturas en la cuenca, los cuales ayudan a comprender el devenir de los caudales, la variación territorial del rendimiento y escurrimiento específicos de las corrientes de agua. En condiciones de régimen hidrológico natural los rendimientos medios de una cuenca crecen con la elevación media de la cuenca<sup>42</sup>. Esta característica controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, el tiempo que lleva el agua para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenajes de las cuencas.

La pendiente del cauce se define como la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo (**Ecuación 4**).

<sup>42</sup> Londoño (2001)

$$P_m = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} * 100 \text{ (Ecuación - 4)}$$

Dónde:

P<sub>m</sub>: Pendiente media

H<sub>max</sub>: Cota Máxima

H<sub>min</sub>: Cota Mínima

L: Longitud del Cauce

La pendiente se relaciona directamente con el tipo de relieve, y a su vez con la velocidad del agua (**Tabla 3.2-76**).

**Tabla 3.2-76 Clasificación pendiente de la cuenca**

PENDIENTE (%)	TIPO DE RELIEVE	VELOCIDAD AGUA
0-3	Plano	Baja
3-7	Suave	
7-12	Mediano	Media
20-35	Accidentado	Alta
35-50	Fuerte	

Fuente: Hidrología en la Ingeniería. Monsalve. 1995.

A continuación en la **Tabla 3.2-77**, se relacionan los diferentes rangos altitudinales de la sub-zonas hidrográficas y las microcuencas que se interceptan con el área de estudio interceptada por la línea de transmisión de 230 Kv La Reforma – San Fernando, a fin de determinar la pendiente (%) y el tiempo de relieve predominante en cada cuenca, entendido este, como la inclinación promedio que tiene los drenajes desde el nacimiento hasta su desembocadura. Se convierte en una base para determinar aspectos importantes como la capacidad de arrastre de sedimentos de distintos tamaños, área de posible inundación en crecidas, tiempo de concentración, etc.

**Tabla 3.2-77 Características de relieve de la cuenca**

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	RELIEVE			
		ALTURA MÁXIMA (M.S.N.M)	ALTURA MÍNIMA (M.S.N.M)	PENDIENTE %	TIPO DE RELIEVE
		Hmax	Hmin		
Sub-zona hidrográfica	Río Guayuriba	3689	196	1,81	Plano
Sub-zona hidrográfica	Río Negro	490	180	0,19	Plano
Microcuenca de orden 4	Caño San Luciano	1174	571	13,05	Accidentado
Microcuenca de orden 4	Caño Tolima	1195	634	20,48	Accidentado
Microcuenca de orden 4	Caño NN2	1115	656	23,78	Accidentado
Microcuenca de orden 4	Caño Colorado	1032	648	12,50	Accidentado
Microcuenca de orden 4	Caño carbón	1063	653	11,52	Mediano
Microcuenca de orden 4	Caño Pescado	1174	571	13,49	Accidentado

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	RELIEVE			
		ALTURA MÁXIMA (M.S.N.M)	ALTURA MÍNIMA (M.S.N.M)	PENDIENTE %	TIPO DE RELIEVE
		Hmax	Hmin		
Microcuenca de orden 4	Quebrada Negra	1125	695	16,48	Accidentado
Microcuenca de orden 4	Quebrada Servita	1474	699	28,70	Accidentado
Microcuenca de orden 4	Río Ocoa	1124	277	1,09	Plano
Microcuenca de orden 4	Caño La Candelaria	855	463	4,72	Suave
Microcuenca de orden 4	Río Acacias	1583	217	0,68	Plano
Microcuenca de orden 4	Río Negrito	923	475	6,35	Suave
Microcuenca de orden 5	Caño Grande	563	268	0,53	Plano
Microcuenca de orden 5	Caño Danta	1154	799	16,59	Accidentado
Microcuenca de orden 5	Quebrada Aguas Claras	1308	744	28,04	Accidentado
Microcuenca de orden 5	Caño NN3	1026	646	16,17	Accidentado
Microcuenca de orden 5	Río Orotoy	1698	263	1,62	Plano
Microcuenca de orden 5	Caño Unión	577	285	0,88	Plano
Microcuenca de orden 5	Caño Hondo	505	343	0,60	Plano
Microcuenca de orden 5	Caño La Esmeralda	568	414	1,14	Plano
Microcuenca de orden 5	Caño Mojaculos	525	472	0,90	Plano
Microcuenca de orden 5	Caño NN1	519	474	1,53	Plano
Microcuenca de orden 5	Caño La Vaina	510	432	1,17	Plano
Microcuenca de orden 5	Caño Chocho	549	424	1,19	Plano
Microcuenca de orden 5	Caño Vijagual	1188	712	10,40	Mediano
Microcuenca de orden 5	Caño La Unión	1213	448	4,86	Suave
Microcuenca de orden 5	Caño Corovada	512	412	1,34	Plano
Microcuenca de orden 6	Caño vega Grande	1119	712	13,71	Accidentado
Microcuenca de orden 6	Caño San francisco	514	438	0,73	Plano
Microcuenca de orden 6	Caño Siete Vueltas	527	448	0,75	Plano
Microcuenca de orden 6	Caño Lejia	529	445	0,63	Plano
Microcuenca de orden 6	Caño Palmaquemada	543	477	0,61	Plano
Microcuenca de orden 6	Quebrada Blanca	1108	551	10,96	Mediano
Microcuenca de orden 6	Caño Blanco	1058	478	9,11	Mediano
Microcuenca de orden 7	Caño Los Corrales	1047	581	20,46	Accidentado
Microcuenca de orden 7	Caño La Verraquera	493	451	0,86	Plano
Microcuenca de orden 7	Caño Los Laureles	498	454	0,68	Plano

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Según lo anterior es posible establecer que las cuencas de la red hidrográfica presentan un relieve plano, ya que presentan una pendiente menor a 3%, con una pendiente media de 4,9% siendo un relieve accidentado, como se presenta en el sector del piedemonte lo que puede dar a entender que en general son cuencas con velocidades bajas en las que sus aguas tardan en depositarse en los lechos fluviales que las conforman. Por su parte, las corrientes con mayor pendiente, y por tanto de mayor capacidad erosiva se encuentran en la zona occidental del área de estudio y corresponden a la cuenca del río Guayuriba.

### 3.2.4.3.4 Sistemas de drenaje

- **Tiempo de concentración (Tc)**

Se define como el tiempo que dura el agua que cae en el punto más lejano, en llegar al nivel de base o desembocadura de la cuenca. Se puede definir por modelos matemáticos que tienen en cuenta variables como la longitud del cauce, pendiente, entre otras. El tiempo de concentración sirve para determinar la torrencialidad potencial de una cuenca en función de sus características físicas.

- **Densidad (Dd)**

La densidad de drenaje proporciona la información respecto a la abundancia de escurrimiento, y es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un aguacero, entre mayor sea esta densidad más rápida es la respuesta de evacuación de agua. Se expresa como la cantidad de drenajes en términos de longitud, en la superficie de una cuenca expresada en unidades de área. A partir de la densidad de drenaje, se puede identificar si una cuenca se encuentra pobremente drenada, moderadamente drenada o mal drenada (**Tabla 3.2-78**).

**Tabla 3.2-78 Clasificación densidad de drenaje**

RANGO DE DENSIDAD Km/km <sup>2</sup>	CLASIFICACIÓN
<0,6	Pobremente drenada
0,7-2,9	Moderadamente drenada
>3	Altamente drenada

Fuente: Hidrología en la Ingeniería. Monsalve. 1995.

En la **Tabla 3.2-79** se indican los resultados obtenidos respecto a los parámetros del sistema de drenaje presente en las unidades hidrográficas de interés. A partir de estos parámetros se identifica la dinámica de la regulación hídrica en una unidad hidrográfica particular y se establece la oferta natural del recurso en un área determinada.

**Tabla 3.2-79 Sistemas de drenaje**

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	DRENAJE		
		TIEMPO DE CONCENTRACIÓ N (HORAS)	DENSIDAD DE DRENAJE (km/km <sup>2</sup> )	CLASIFICACIÓN
		Tc	Dd	Dd
Sub-zona hidrográfica	Río Guayuriba	17,83	1,28	Moderadamente drenada
Sub-zona hidrográfica	Río Negro	38,34	0,95	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 4	Caño San Luciano	0,47	3,59	Altamente drenada
Microcuenca de orden 4	Caño Tolima	0,27	2,38	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 4	Caño NN2	0,19	2,95	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 4	Caño Colorado	0,35	2,52	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 4	Caño carbón	0,41	3,89	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 4	Caño Pescado	0,45	4,37	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 4	Quebrada Negra	0,28	0,74	Moderadamente drenada

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	DRENAJE		
		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (HORAS)	DENSIDAD DE DRENAJE (km/km <sup>2</sup> )	CLASIFICACIÓN
		Tc	Dd	Dd
Microcuenca de orden 4	Quebrada Servita	0,23	3,36	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 4	Río Ocoa	10,80	1,77	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 4	Caño La Candelaria	1,10	1,97	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 4	Río Acacias	26,67	1,66	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 4	Río Negrito	0,86	3,67	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 5	Caño Grande	11,07	0,92	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 5	Caño Danta	0,24	4,31	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 5	Quebrada Aguas Claras	0,19	2,93	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 5	Caño NN3	0,26	2,79	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 5	Río Orotoy	10,28	1,59	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 5	Caño Unión	6,07	2,22	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 5	Caño Hondo	6,07	0,80	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 5	Caño La Esmeralda	2,75	0,70	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 5	Caño Mojaculos	1,58	0,76	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 5	Caño NN1	0,76	0,23	Pobremente drenada
Microcuenca de orden 5	Caño La Vaina	1,58	1,21	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 5	Caño Chocho	2,23	1,25	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 5	Caño Vijagual	0,51	3,68	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 5	Caño La Unión	1,77	3,06	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 5	Caño Corovada	1,64	1,13	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 6	Caño vega Grande	0,33	2,29	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 6	Caño San francisco	2,68	2,00	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 6	Caño Siete Vueltas	2,66	1,38	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 6	Caño Lejia	3,42	0,90	Moderadamente drenada
Microcuenca de orden 6	Caño Palmaquemada	2,97	0,29	Pobremente drenada
Microcuenca de orden 6	Quebrada Blanca	0,54	4,28	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 6	Caño Blanco	0,69	3,31	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 7	Caño Los Corrales	0,23	3,68	Altamente dreanada
Microcuenca de orden 7	Caño La Verraquera	1,41	0,14	Pobremente drenada
Microcuenca de orden 7	Caño Los Laureles	1,91	0,17	Pobremente drenada

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Finalmente se observa que, la mayoría de las corrientes tienden a ser moderadamente drenadas a altamente drenada. En tanto que las cuencas que son pobremente drenadas, presentan una a densidad de drenaje baja en comparación con su extensión total, lo que se traduce en una menor susceptibilidad a las crecientes, expresando una moderada respuesta de la cuenca a los eventos de precipitación extremos, en comparación con las



demás unidades, no obstante, esto no significa que estos fenómenos no se presenten con cierta regularidad también para estas cuencas.

#### 3.2.4.4 Patrones de drenaje a nivel regional

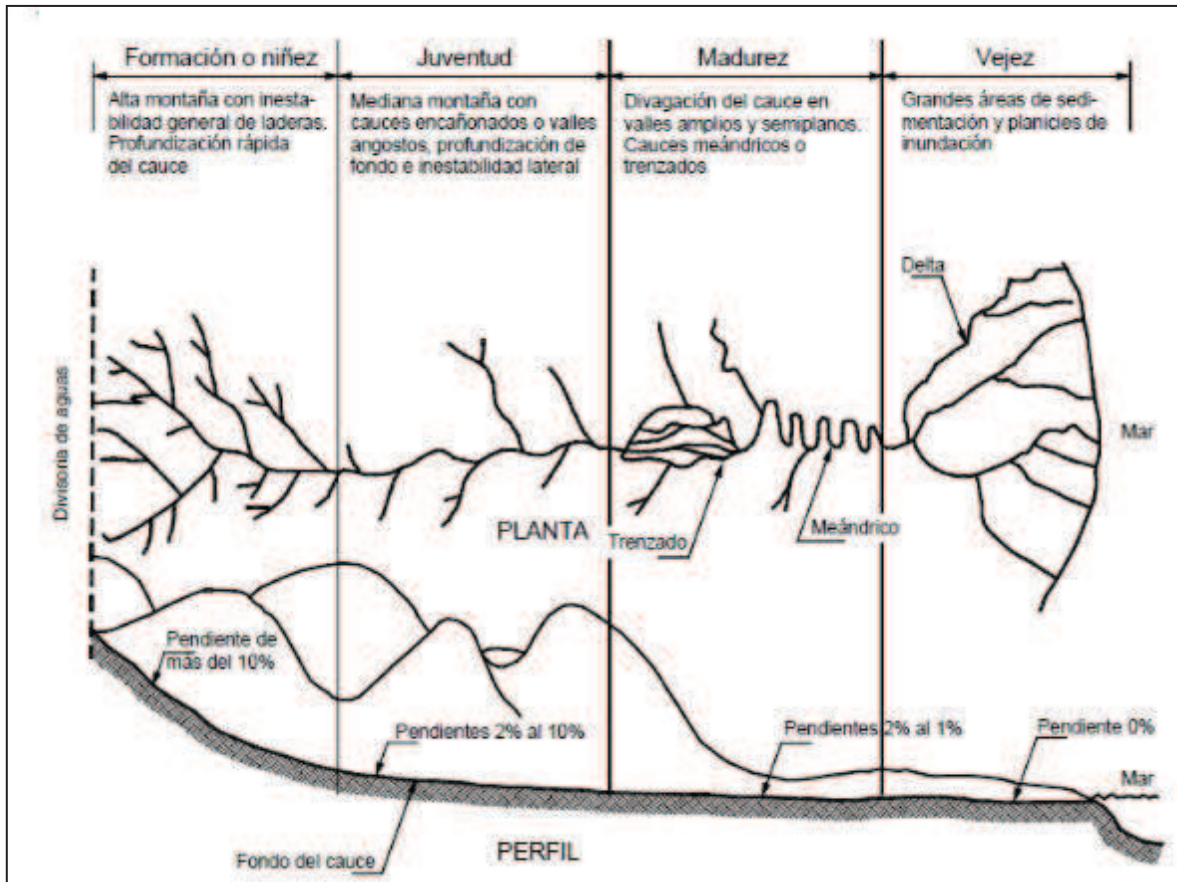
La caracterización y el análisis del patrón de drenaje constituyen una herramienta básica de definición del sistema hidrológico de un área de estudio y sirve para definir el comportamiento de una unidad hídrica, así como su forma y orientación entre otras. De acuerdo con el ciclo erosivo, los ríos o sus tramos se clasifican en tres tipos: alta montaña (formación o niñez), montaña (juventud), piedemonte (madurez) y de llanura (vejez)<sup>43</sup>, como se indica en la **Imagen 3.2-47**.

En el área de estudio los cuerpos de agua se encuentran en varias etapas: la etapa de formación, de los cuales hacen parte todos los cauces nacientes en la cordillera oriental, en los cuales el río se precipita por las laderas, presenta rápidos y cascadas y excava profundamente, seguidos por los pertenecientes a la etapa de juventud donde los cauces son encañonados o de valles angostos, finalizando entonces en la etapa de madurez y se conocen como ríos de piedemonte, poseen valles de configuración intermedia con profundidades de agua no muy considerables. En esta etapa el régimen fluvial está determinado por valles amplios y extensos (para los ríos principales) con caudal permanente incluso en época de estiaje o seca, las crecientes ocurren cuando se presentan lluvias prolongadas mientras que aguaceros locales y aislados no generan crecientes.

---

<sup>43</sup> Hidráulica de ríos y procesos morfológicos. Tomas Ochoa Rubio, 2011

Imagen 3.2-47 Representación esquemática de las etapas de un río en zonas tropicales



Fuente: Tomas Ochoa. Hidráulica de ríos y procesos morfológicos. 2011

#### 3.2.4.4.1 Drenaje trenzado

El río Acacias y el río Guayuriba que se detallan en la **Tabla 3.2-80**, forman cauces trenzados, y se asocia a pendientes suaves y laderas altas. Un cauce trenzado consta en una serie de canales interconectados (brazos) y separados por islas o islotes, los canales trenzados tienden a ser muy anchos y poco profundos, con materiales gruesos en el fondo, los canales y brazos en un río trenzado se entrelazan y separan dentro del cauce principal. Al disminuir el caudal, se van formando islas de sedimentos y con el tiempo pueden formarse islas con vegetación relativamente permanente. Los ríos trenzados se caracterizan por tener lechos amplios, ocurrencia de cambios rápidos y continuos en la sedimentación y en la posición de los brazos.

#### 3.2.4.4.2 Cauce sinuoso

Un canal con meandros fluye formando curvas u ondulaciones más o menos regulares, así mismo se considera un río como meándrico cuando la sinuosidad es mayor a 1,25. Los lechos meándricos poseen depresiones o fosas bien definidas y crestas con depósitos de sedimentos unidos por zonas de rápidos. Los ríos en sus tramos inferiores son por lo

general meándricos, algunos meandros permanecen como canales de inundación del río que son ocupados durante las crecientes, y en ocasiones se les da el nombre de “madre vieja” a estos tipos de ríos. (**Imagen 3.2-50**). En éste sector el río Orotoy se presenta meándrico, comportamiento característico de ríos de baja energía y maduros.

#### *3.2.4.4.3 Drenaje paralelo a sub – paralelo*

Ahora bien, observando en conjunto los drenajes de las microcuencas presentes en el área de estudio, se identifica un patrón de drenaje sub-paralelo, caracterizado por presentar una dirección preferencial (W-SE) para el sector de la planicie como se observa en la **Imagen 3.2-51** en el sector del caño siete vueltas y en dirección (SW-NE) para el sector del piedemonte (**Imagen 3.2-52**), asociados al tipo de relieve denominado planicie, indicador del control que ejerce la pendiente del terreno en el área, a nivel hidrológico se caracteriza por presentar zonas homogéneas y se presenta cuando hay algún tipo de control topográfico, materiales con baja permeabilidad, pendientes bajas entre sí y baja cobertura vegetal.

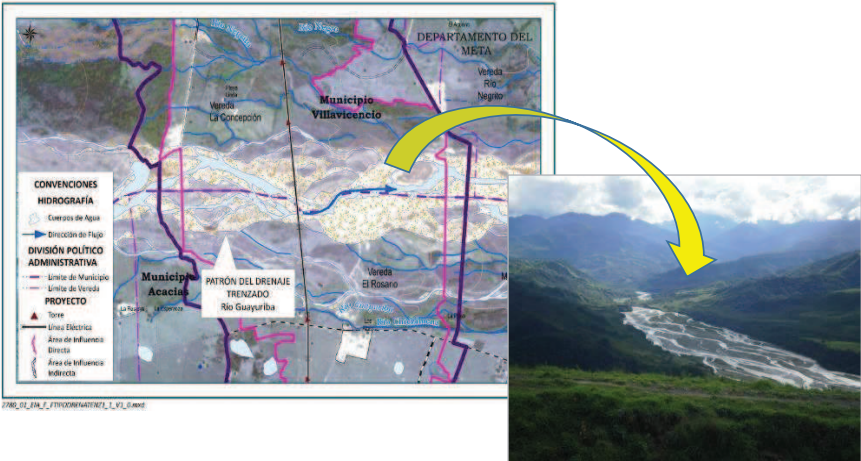
#### *3.2.4.4.4 Patrones de drenaje sub- dendríticos*

Como se observa en la **Imagen 3.2-53**, en el área de estudio se presentan en el sector norte cauces que se van agrupando sucesivamente dando la apariencia de un árbol ramificado. Este patrón de drenaje se origina con predilección en suelos que presentan un estrato rocoso superficial como se puede observar en el caño Carbón.

#### *3.2.4.4.5 Patrón de drenaje Sub Angular*

Este patrón del drenaje es el denominado sub-angular, que es otra variante del drenaje dendrítico, los tributarios suelen juntarse con las corrientes principales en ángulos agudos (**Imagen 3.2-53**), presenta un control estructural originado por diaclasas, foliaciones y/o fracturas en la roca. Suelen desarrollarse sobre pizarras metamórficas, esquistos y gneis (roca metamórfica compuesta de cuarzos, feldespato y mica); en areniscas resistentes, si el clima es árido.

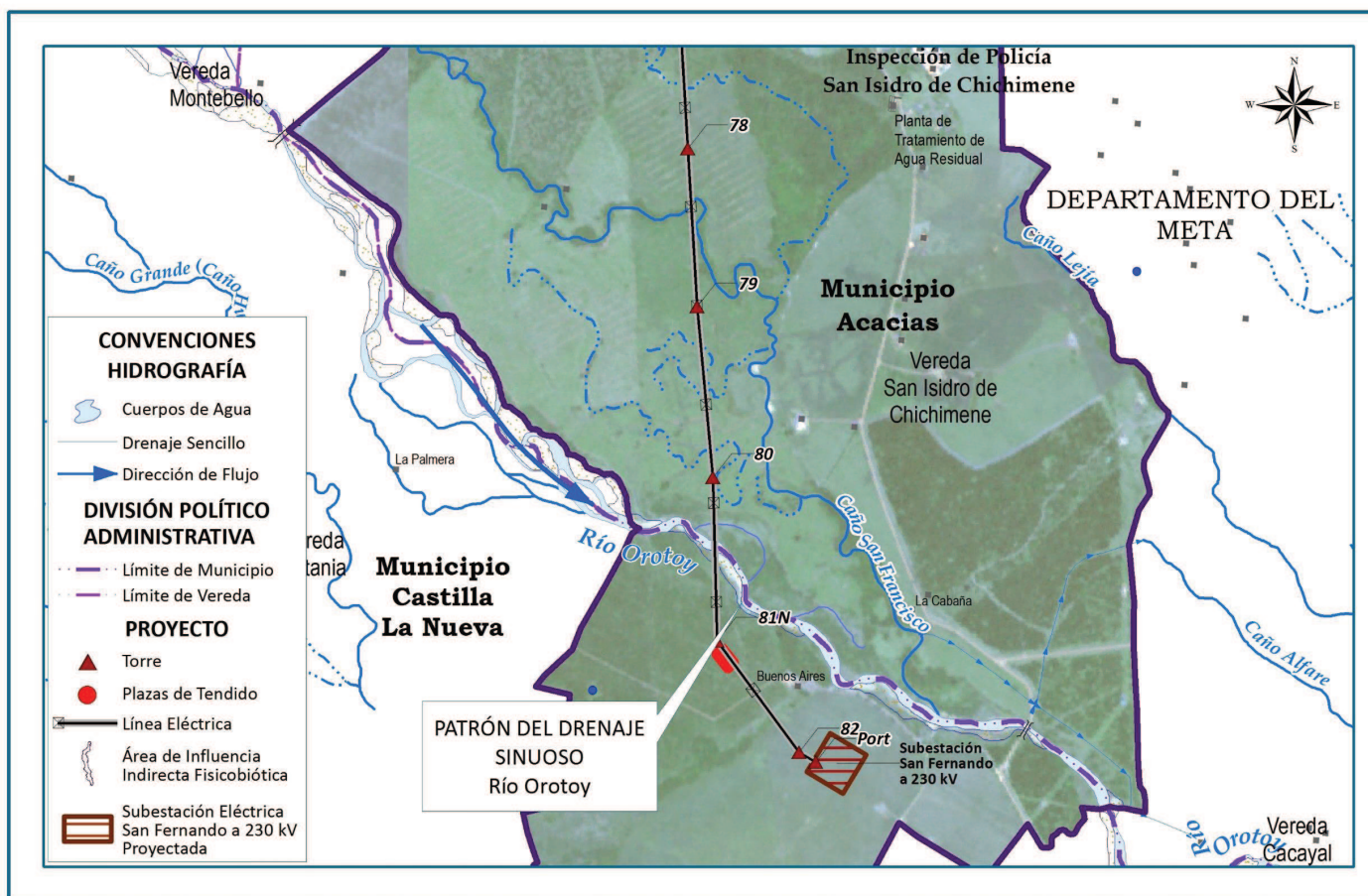
Tabla 3.2-80 Cauces con patrón de drenaje trezado en el área de estudio

CAUCE	DESCRIPCIÓN
Río Guayuriba	<p>Como se observan en la <b>Imagen 3.2-48</b>, los brazos entrelazados e isoletes que forma a su paso y por la divagación de su cauce, se observa un lecho amplio y continuo cambios de la sedimentación; éste puede recibir la denominación de anastomosado, por mantener la condición trezada con varios canales secundarios bien definidos, sinuosos y rectos.</p> <p><b>Imagen 3.2-48 Patrón de drenaje trezado río Guayuriba</b></p> 

CAUCE	DESCRIPCIÓN
Río Acacias	<p>Este río presenta una dirección del flujo en sentido oeste-este, se observan los diferentes brazos e islotes. Generalmente, su cauce no presenta banacas bien definidas y el cauce ocupa un parte considerable del valle, en época seca cuando disminuye su caudal, aparece un gran número de lagos inestables que constituyen cauces en divagación, el material que transporta están compuesto de arenas gruesas, gravas, cantos rodados y algunos bloques. Ver <b>Imagen 3.2-49</b>.</p> <p style="text-align: center;"><b>Imagen 3.2-49 Patrón de drenaje trezado rio acacias</b></p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">PatrónDrenajeTrenzadoHidrolo.mxd</p>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

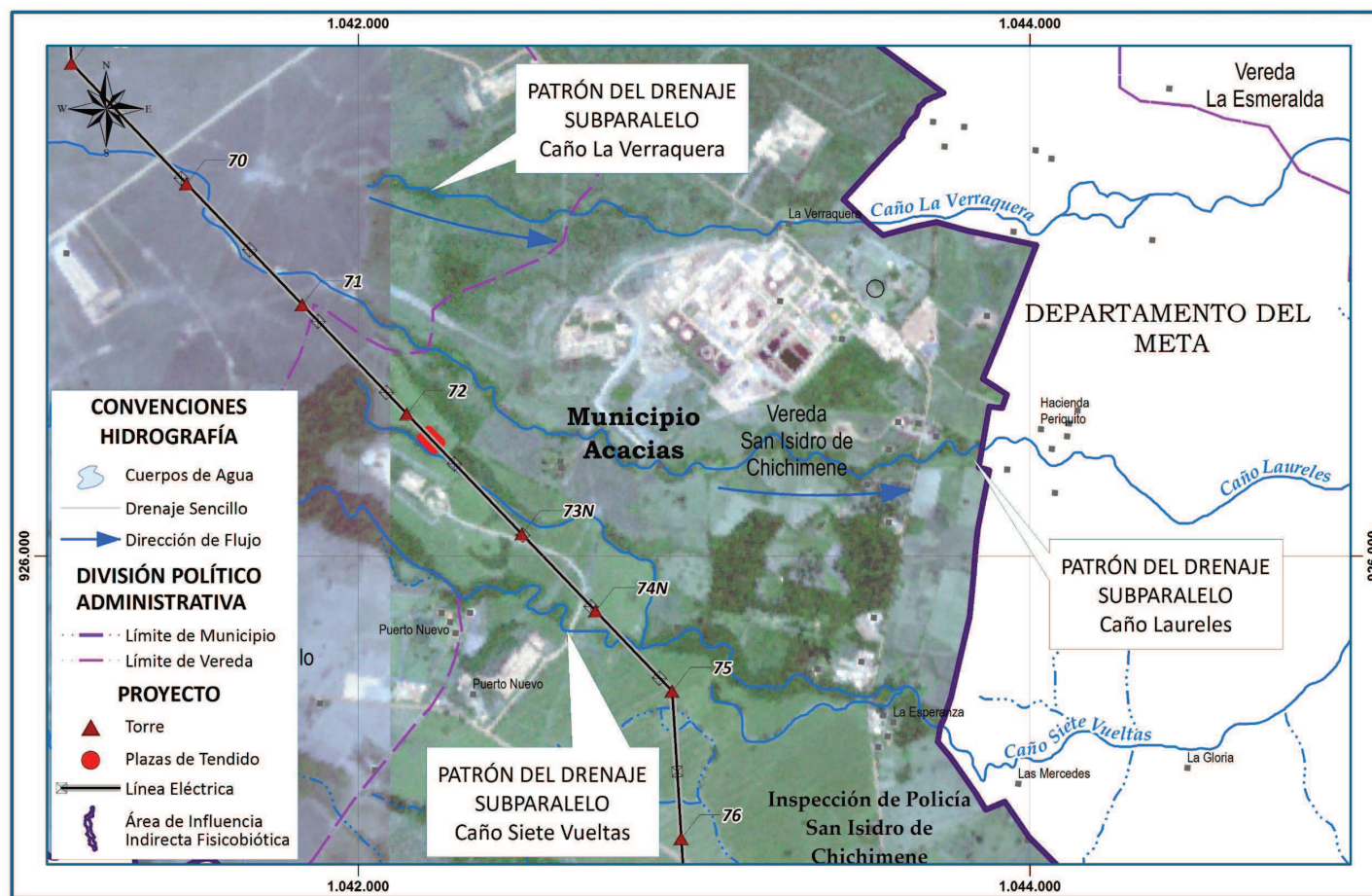
Imagen 3.2-50 Patrón de drenaje sinuoso – meándrico río Orotoy



PatronDrenajeSinuosoHidrolo.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

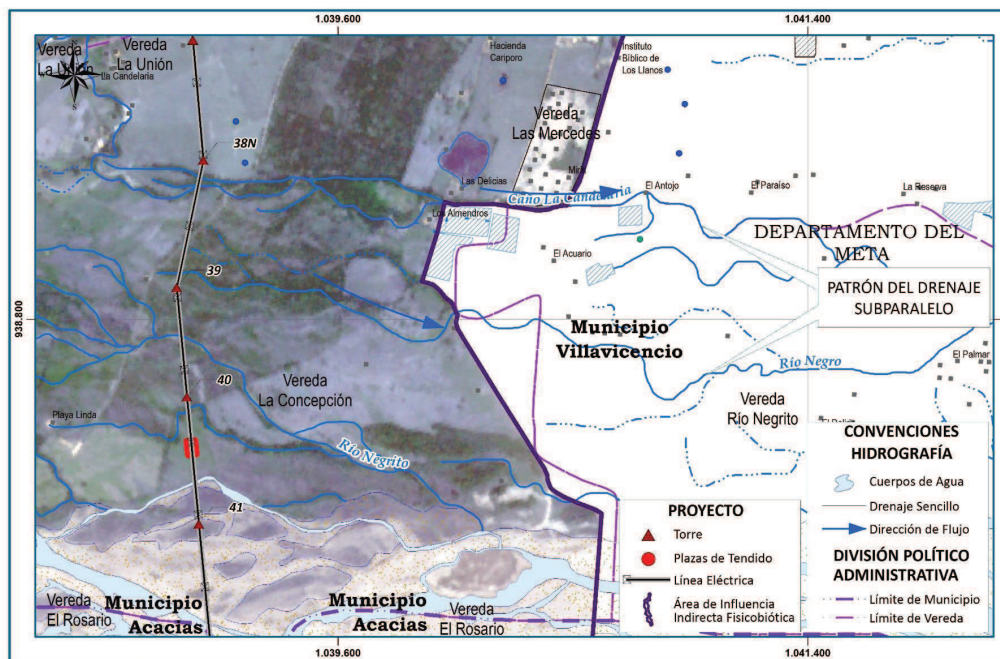
Imagen 3.2-51 Patrón de drenaje sub – paralelo sentido W-SE



PatronDrenajeSubparalelHidrolo.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-52 Patrón de drenaje sub – paralelo sentido SW-NE

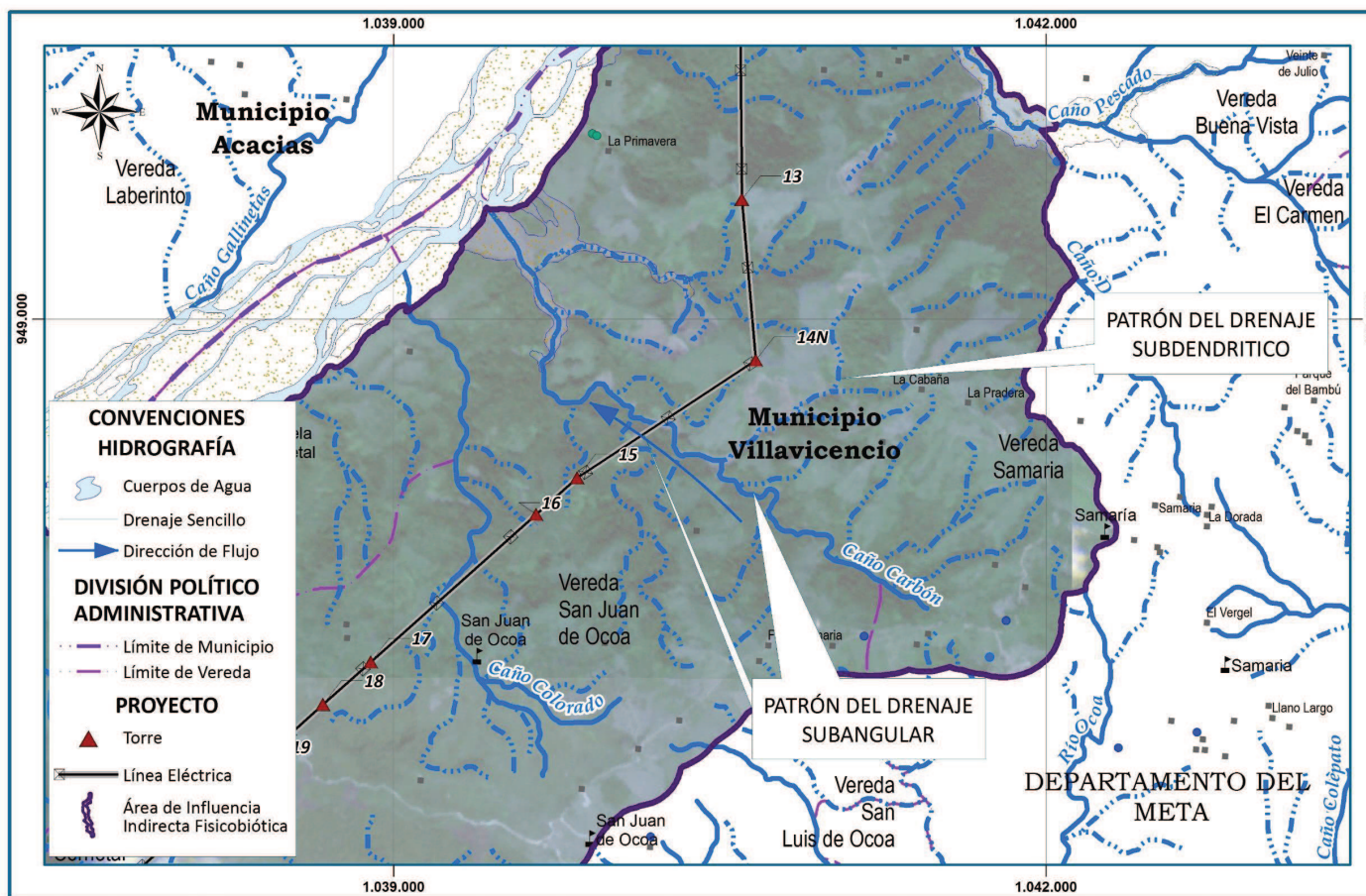


PatronDrenajeSubparalelHidro1.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.



Imagen 3.2-53 Patrón de drenaje dendrítico afluentes al río Guayuriba



PatronDrenajeSubdeanHidrolo.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.4.5 Régimen hidrológico y caudales característicos

El régimen hidrológico predominante en el área de influencia está dado por las formaciones vegetales y condiciones climáticas propias de zonas. La estimación de caudales característicos en cada una de las unidades hidrográficas interceptadas por el área de estudio para la construcción y operación de la línea de transmisión a 230 Kv La Reforma – San Fernando, se considera como información de base para los procesos de cálculo de oferta hídrica neta, caudal ecológico, y estimación del índice de escases, aspectos desarrollados para la evaluación ambiental de cada una de las corrientes y microcuencas de interés para el estudio.

En la **Tabla 3.2-81** se presenta las características de cada unidad hidrográfica, en cuanto a área de drenaje, instrumentación, aspectos a tener en cuenta para seleccionar la metodología de estimación de caudales acorde a cada corriente, las cuales no cuentan con instrumentación para medición de caudales de forma directa y continua (estaciones limnométricas o limnigráficas).

**Tabla 3.2-81 Características de las corrientes**

CORRIENTE HÍDRICA	ÁREA DE LA CUENCA	INSTRUMENTACIÓN (MEDICIÓN DE CAUDALES)	MÉTODO DE ESTIMACIÓN
	(km <sup>2</sup> )		
Rio Guayuriba	3215,42	Si, estación limnigráficas	Caudal medio puntual
Rio Negro	958,30	No	Balance hídrico
Caño San Luciano	3,68	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Tolima	2,19	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño NN2	1,60	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Colorado	2,18	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Carbón	4,10	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Pescado	13,72	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Quebrada Negra	0,88	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Quebrada Servitara	2,33	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño La Candelaria	7,04	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Rio Acacias	797,29	No	Balance hídrico
Rio Negrito	4,33	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Danta	1,75	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Quebrada Aguas Claras	2,01	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño NN3	1,71	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)

CORRIENTE HÍDRICA	ÁREA DE LA CUENCA	INSTRUMENTACIÓN (MEDICIÓN DE CAUDALES)	MÉTODO DE ESTIMACIÓN
	(km <sup>2</sup> )		
Rio Orotoy	178,98	Si, estación limnigráficas	Caudal medio puntual
Caño Unión	62,16	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Hondo	37,31	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño La Esmeralda	12,97	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Mojaculos	3,60	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño NN1	1,78	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño La Vaina	7,13	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Chocho	18,18	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Vijagual	5,49	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño La Unión	18,44	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Corovada	9,17	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño vega Grande	1,36	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño San francisco	7,24	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Siete Vueltas	16,80	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Lejia	6,74	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Palmaquemada	7,68	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Quebrada Blanca	5,75	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Blanco	4,39	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Los Corrales	1,72	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño La Verraquera	2,36	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)
Caño Los Laureles	3,21	No	Relación lluvia – escorrentía (SOIL)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

### 3.2.4.5.1 Análisis de caudales característicos de las corrientes instrumentadas

El comportamiento del régimen hidrológico presente en las corrientes y los caudales se encuentra determinado por la climatología en especial por la precipitación, la cobertura vegetal, la topografía del terreno entre otros factores, todos los anteriores aspectos definen la disponibilidad y el comportamiento de los caudales.

En el análisis del régimen hidrológico se tomó la información de la estación más cercana a las unidades hidrográficas, la cual corresponde a las estaciones Limnigráficas de la cual se precisa su información en la **Tabla 3.2-82**, se presenta su ubicación espacial y su periodo de análisis respectivamente.

**Tabla 3.2-82 Estaciones hidrológicas que cuenta con instrumentación**

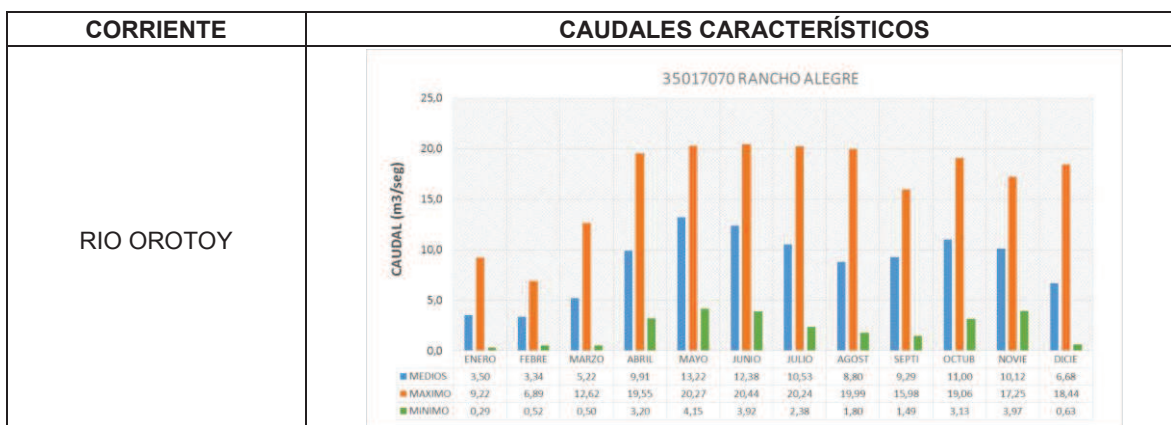
ESTACIÓN	CÓDIGO	CORRIENTE	TIPO	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	MUNICIPIO	PERIODO DE ANÁLISIS
PTE CARRETERA	35027140	GUAYURIBA	LG	575	VILLAVICENCIO	1969 – 1994
PTE EL AMOR	35037130	OCOA	LM	432	VILLAVICENCIO	1978 – 2010
RANCHO ALEGRE	35017070	OROTOY	LM	337	ACACIAS	1980 - 2014

Fuente: Datos Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2016)

En la **Tabla 3.2-83**, se presenta la serie mensual de caudales para las tres (3) corrientes instrumentadas.

**Tabla 3.2-83 Caudales característicos para las corrientes instrumentadas**

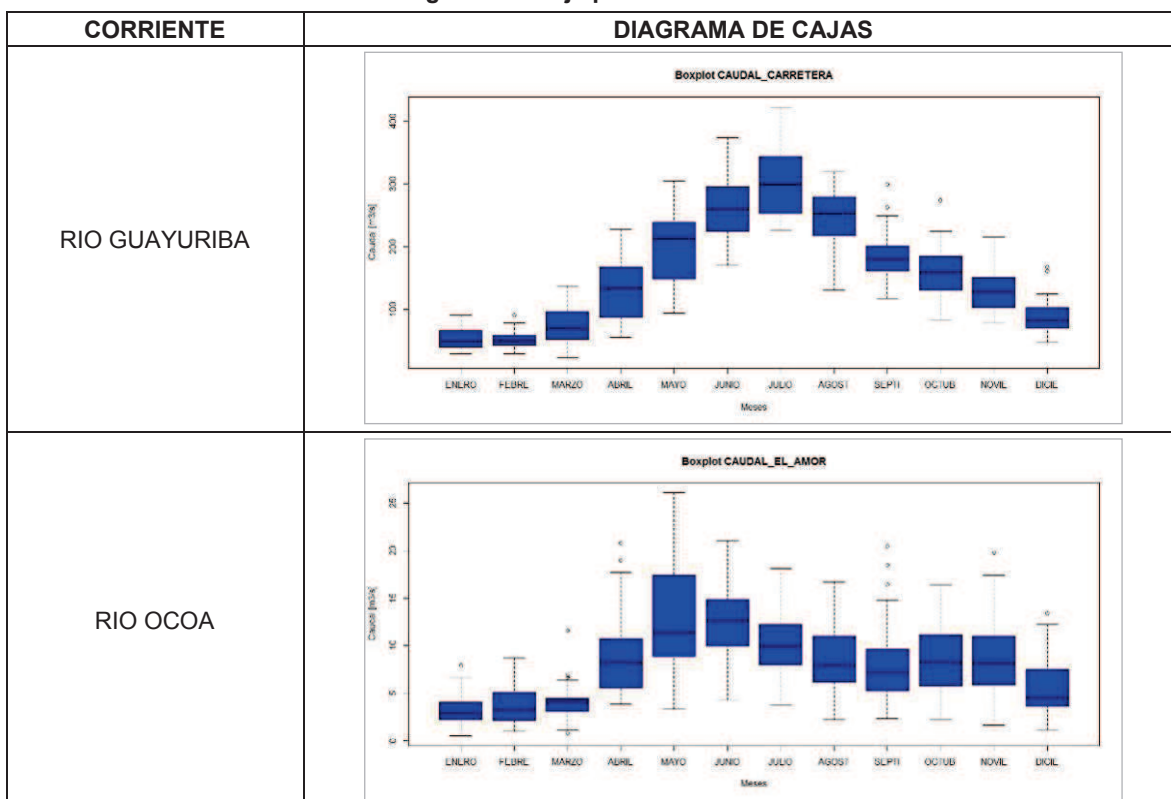
CORRIENTE	CAUDALES CARACTERÍSTICOS																																																				
RIO GUAYURIBA	<p>35027140 PTE CARRETERA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MES</th> <th>MEDIOS</th> <th>MAXIMO</th> <th>MINIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ENERO</td><td>53,57</td><td>90,03</td><td>28,37</td></tr> <tr><td>FEBRE</td><td>51,46</td><td>90,53</td><td>28,67</td></tr> <tr><td>MARZO</td><td>72,91</td><td>136,70</td><td>22,13</td></tr> <tr><td>ABRIL</td><td>127,93</td><td>227,40</td><td>55,13</td></tr> <tr><td>MAYO</td><td>199,31</td><td>304,40</td><td>93,01</td></tr> <tr><td>JUNIO</td><td>260,75</td><td>373,90</td><td>169,60</td></tr> <tr><td>JULIO</td><td>302,33</td><td>422,30</td><td>225,00</td></tr> <tr><td>AGOST</td><td>247,65</td><td>319,10</td><td>130,60</td></tr> <tr><td>SEPTI</td><td>184,72</td><td>299,20</td><td>117,30</td></tr> <tr><td>OCTUB</td><td>161,21</td><td>274,00</td><td>82,87</td></tr> <tr><td>NOVIE</td><td>131,97</td><td>215,50</td><td>78,59</td></tr> <tr><td>DICE</td><td>89,22</td><td>166,60</td><td>47,21</td></tr> </tbody> </table>	MES	MEDIOS	MAXIMO	MINIMO	ENERO	53,57	90,03	28,37	FEBRE	51,46	90,53	28,67	MARZO	72,91	136,70	22,13	ABRIL	127,93	227,40	55,13	MAYO	199,31	304,40	93,01	JUNIO	260,75	373,90	169,60	JULIO	302,33	422,30	225,00	AGOST	247,65	319,10	130,60	SEPTI	184,72	299,20	117,30	OCTUB	161,21	274,00	82,87	NOVIE	131,97	215,50	78,59	DICE	89,22	166,60	47,21
MES	MEDIOS	MAXIMO	MINIMO																																																		
ENERO	53,57	90,03	28,37																																																		
FEBRE	51,46	90,53	28,67																																																		
MARZO	72,91	136,70	22,13																																																		
ABRIL	127,93	227,40	55,13																																																		
MAYO	199,31	304,40	93,01																																																		
JUNIO	260,75	373,90	169,60																																																		
JULIO	302,33	422,30	225,00																																																		
AGOST	247,65	319,10	130,60																																																		
SEPTI	184,72	299,20	117,30																																																		
OCTUB	161,21	274,00	82,87																																																		
NOVIE	131,97	215,50	78,59																																																		
DICE	89,22	166,60	47,21																																																		
RIO OCOA	<p>35037130 PTE EL AMOR</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MES</th> <th>MEDIOS</th> <th>MAXIMO</th> <th>MINIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ENERO</td><td>3,09</td><td>7,91</td><td>0,53</td></tr> <tr><td>FEBRE</td><td>3,85</td><td>8,77</td><td>0,98</td></tr> <tr><td>MARZO</td><td>4,11</td><td>11,61</td><td>0,83</td></tr> <tr><td>ABRIL</td><td>9,25</td><td>20,78</td><td>3,85</td></tr> <tr><td>MAYO</td><td>12,96</td><td>26,12</td><td>3,31</td></tr> <tr><td>JUNIO</td><td>12,33</td><td>21,05</td><td>4,33</td></tr> <tr><td>JULIO</td><td>9,97</td><td>18,10</td><td>3,82</td></tr> <tr><td>AGOST</td><td>8,43</td><td>16,75</td><td>2,23</td></tr> <tr><td>SEPTI</td><td>8,21</td><td>20,48</td><td>2,32</td></tr> <tr><td>OCTUB</td><td>8,46</td><td>16,38</td><td>2,29</td></tr> <tr><td>NOVIE</td><td>8,75</td><td>19,79</td><td>1,66</td></tr> <tr><td>DICE</td><td>5,65</td><td>13,39</td><td>1,17</td></tr> </tbody> </table>	MES	MEDIOS	MAXIMO	MINIMO	ENERO	3,09	7,91	0,53	FEBRE	3,85	8,77	0,98	MARZO	4,11	11,61	0,83	ABRIL	9,25	20,78	3,85	MAYO	12,96	26,12	3,31	JUNIO	12,33	21,05	4,33	JULIO	9,97	18,10	3,82	AGOST	8,43	16,75	2,23	SEPTI	8,21	20,48	2,32	OCTUB	8,46	16,38	2,29	NOVIE	8,75	19,79	1,66	DICE	5,65	13,39	1,17
MES	MEDIOS	MAXIMO	MINIMO																																																		
ENERO	3,09	7,91	0,53																																																		
FEBRE	3,85	8,77	0,98																																																		
MARZO	4,11	11,61	0,83																																																		
ABRIL	9,25	20,78	3,85																																																		
MAYO	12,96	26,12	3,31																																																		
JUNIO	12,33	21,05	4,33																																																		
JULIO	9,97	18,10	3,82																																																		
AGOST	8,43	16,75	2,23																																																		
SEPTI	8,21	20,48	2,32																																																		
OCTUB	8,46	16,38	2,29																																																		
NOVIE	8,75	19,79	1,66																																																		
DICE	5,65	13,39	1,17																																																		

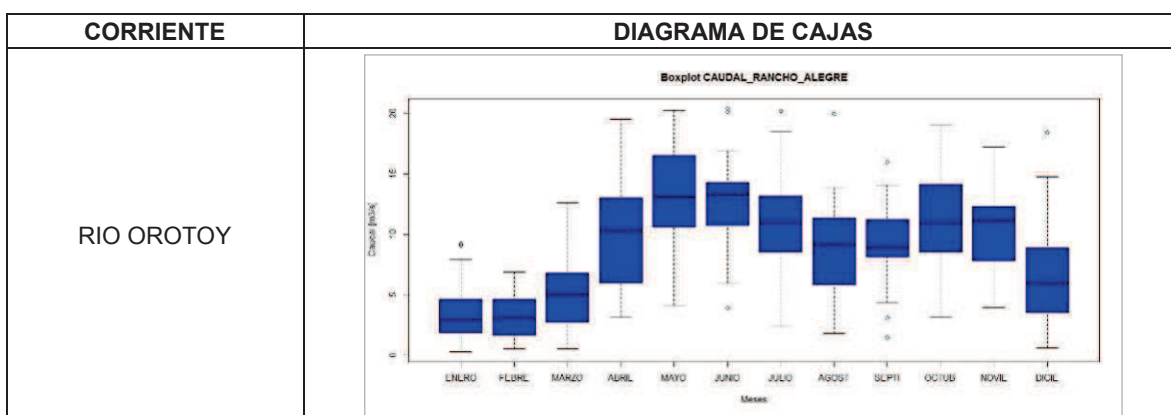


Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

De igual manera se construyó diagramas de cajas “Boxplot” mediante el programa R con el objeto de determinar e identificar la consistencia de los datos de la estación Limnigráfica para las corrientes de los ríos Guayuriba, Ocoa y Orotoy (**Tabla 3.2-84**) y posteriormente ajustarlos.

Tabla 3.2-84 Diagrama de caja para las corrientes instrumentadas





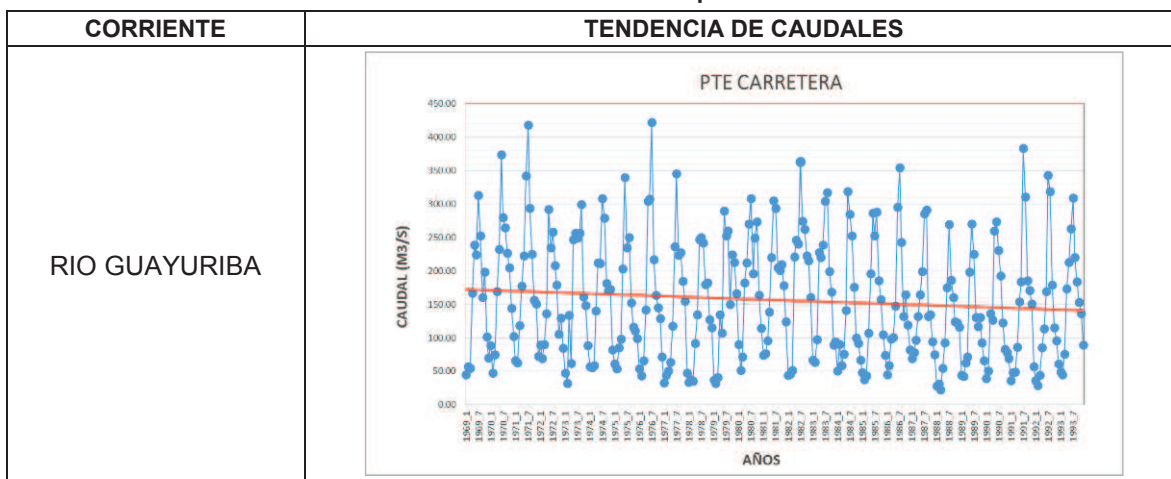
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

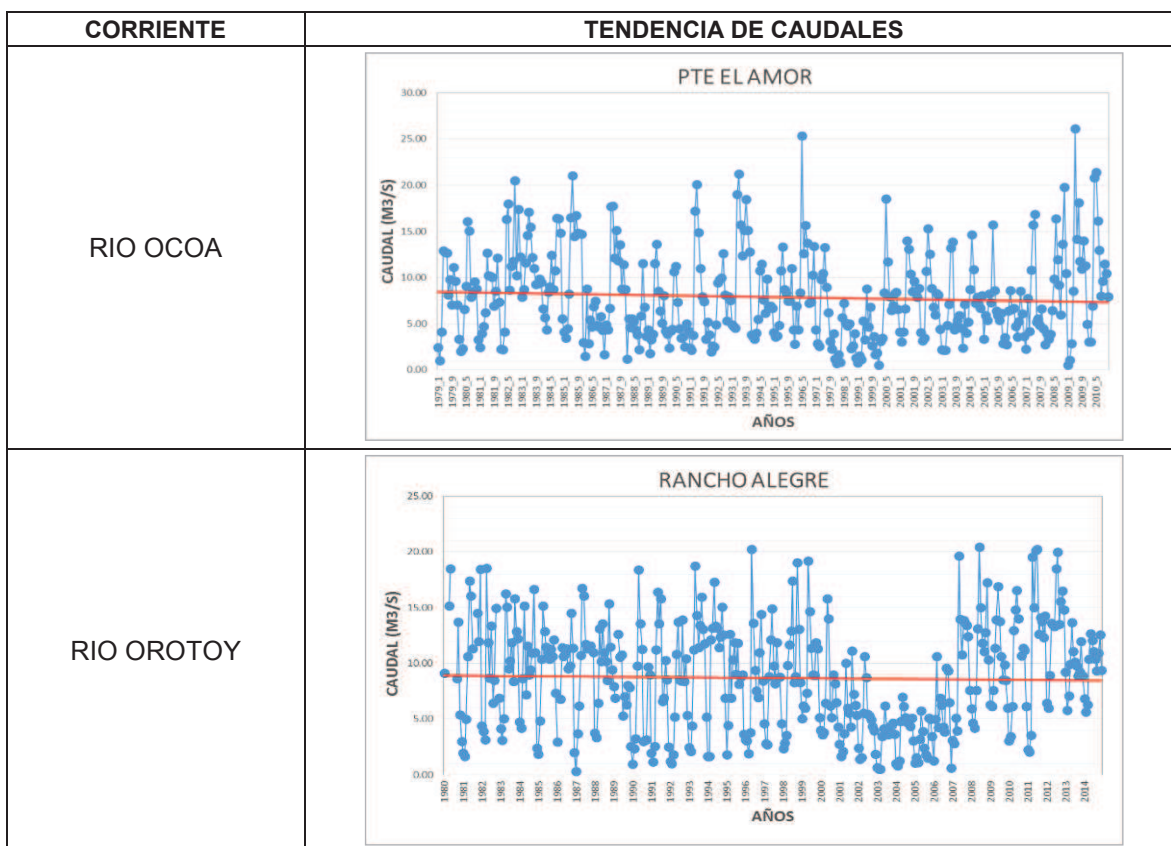
- Hidrograma del caudal anual de las corrientes instrumentadas**

El comportamiento del régimen hidrológico presente en el área está determinado por parámetros como la precipitación, cobertura vegetal y topografía entre otros que definen la disponibilidad de agua en los cauces. Como se mencionó anteriormente, la precipitación en el área presenta un comportamiento presentan un comportamiento monomodal a lo largo del año, estas comienzan desde abril hasta noviembre teniendo el pico mayor entre los meses de mayo y junio, lo cual se corresponde con el comportamiento bimodal del registro de caudales.

En la **Tabla 3.2-85**, se presenta la serie mensual de caudales para la corriente instrumentada. La línea roja representa la tendencia de los caudales en la que se observa que la escorrentía va disminuyendo de manera constante a través del tiempo, sobre la tendencia de los caudales medios mensuales de los ríos Guayuriba, Ocoa y Orotoy, esto debido posiblemente a la degradación del suelo, lo que implica la pérdida de su capacidad de infiltración y el deterioro de las propiedades físicas de las cuencas.

**Tabla 3.2-85 Tendencias de caudales medios para corrientes instrumentadas**





Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

- **Curva de duración del caudal**

A partir de la serie de valores medios mensuales de caudales registrados en la estación limnimétrica, se genera la correspondiente curva de duración de caudales, con el fin de determinar el porcentaje de tiempo que un determinado caudal es igualado o excedido. La **Tabla 3.2-86** contiene los valores característicos de los caudales medios registrados y la **Tabla 3.2-87** muestran la respectiva curva. En la curva de duración se analiza la frecuencia de los datos de caudales a partir de la relación entre la frecuencia acumulada de ocurrencia de un caudal determinado y el número de días del año (generalmente expresados en % de tiempo) en que ese caudal es excedido o igualado. El caudal para cualquier porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que espera que sea excedido o igualado un porcentaje del tiempo.

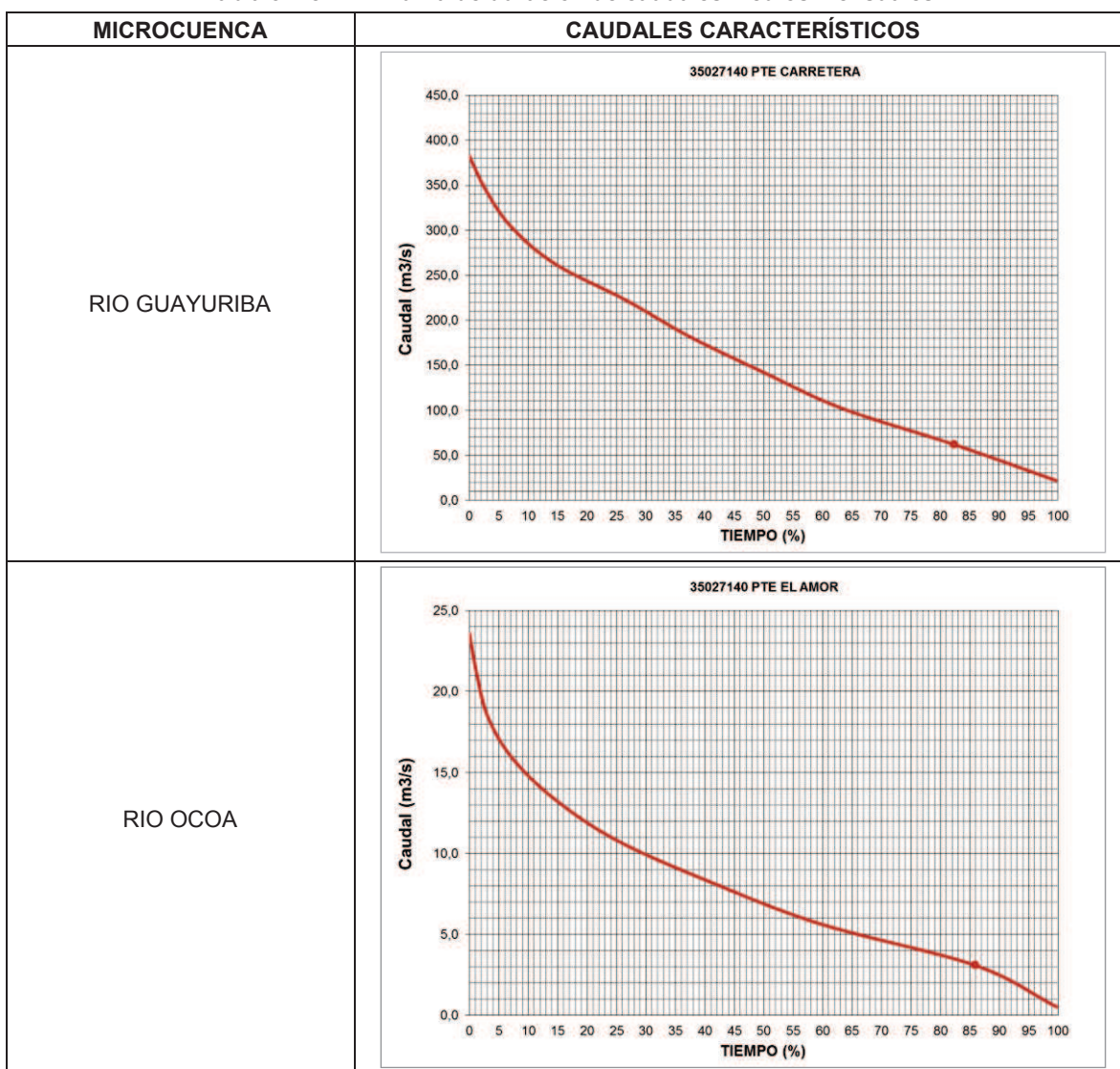
**Tabla 3.2-86 Valores característicos de caudales medios**

REGISTROS CAUDALES (m <sup>3</sup> /s)	PTE CARRETERA	PTE EL AMOR	RANCHO ALEGRE
CORRIENTE	RIO GUAYURIBA	RIO OCOA	RIO OROTOY
Número De Años	26	33	35
Número De Meses	300	384	408

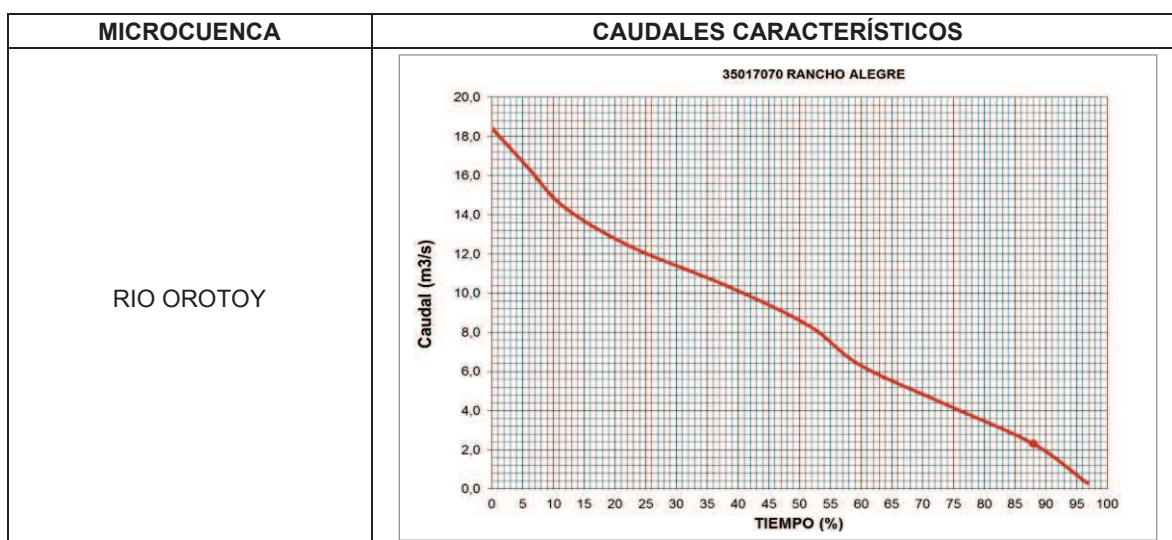
REGISTROS CAUDALES (m <sup>3</sup> /s)	PTE CARRETERA	PTE EL AMOR	RANCHO ALEGRE
CORRIENTE	RIO GUAYURIBA	RIO OCOA	RIO OROTOY
Máximo Registro (m <sup>3</sup> /s)	422,30	26,12	20,44
Menor Registro (m <sup>3</sup> /s)	22,13	0,53	0,29
Registro 10%, O Caudal De Aguas Altas (m <sup>3</sup> /s)	381	14,7	14,8
Registro 50%, O Caudal Promedio (m <sup>3</sup> /s)	140	6,8	8,6
Registro Del 90%, O Caudal Base (m <sup>3</sup> /s)	42	2,5	1,8
Registro Del 95%, O Caudal Ecológico (m <sup>3</sup> /s)	31	1,6	0,6

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Tabla 3.2-87 Curva de duración de caudales medios mensuales







Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

A partir de la información presentada es útil para estimar en forma rápida el caudal ambiental sobre cada uno de los ríos; considerado este como aquel caudal que permanece el 90% del tiempo, para el caso del río Guayuriba este caudal corresponde aproximadamente de 50 m<sup>3</sup>/s a la altura de la estación Pte Carretera.

- **Curvas de caudales extremos mínimos a diferentes periodos de retorno:**

El análisis de eventos extremos considera los caudales máximos y mínimos extremos que pueden presentarse a diferentes periodos de retorno (tiempo en años). Como se indicó anteriormente, para poder hacer uso de esta información fue necesario hacer el respectivo tratamiento estadístico de la misma, completando la serie de datos y recalculando los valores totales anuales.

Por otro lado para conocer los eventos extremos de esta corriente, se realizó un análisis de frecuencias para caudales máximos y mínimos, para tal fin, se tomaron los registros históricos anuales de caudales, estos son evaluados por los Software XLSTAT e Hydrognomon los cuales determinan el mejor ajuste de distribución de probabilidad y calculan los caudales extremos para cada uno de los periodos de retorno requeridos (1, 2, 2.33, 5, 10, 20, 50 y 100 años), en ella se determinó los caudales para un periodo de retorno de 2,33 años, el cual es considerado como un valor mínimo histórico de acuerdo a lo referenciado en la Resolución 865 de 2004. Con la información resultante de este tratamiento, se obtuvo la **Tabla 3.2-88** y **Tabla 3.2-89**, en las cuales se presenta el resultado de los caudales máximos extremos y mínimos extremos respectivamente.

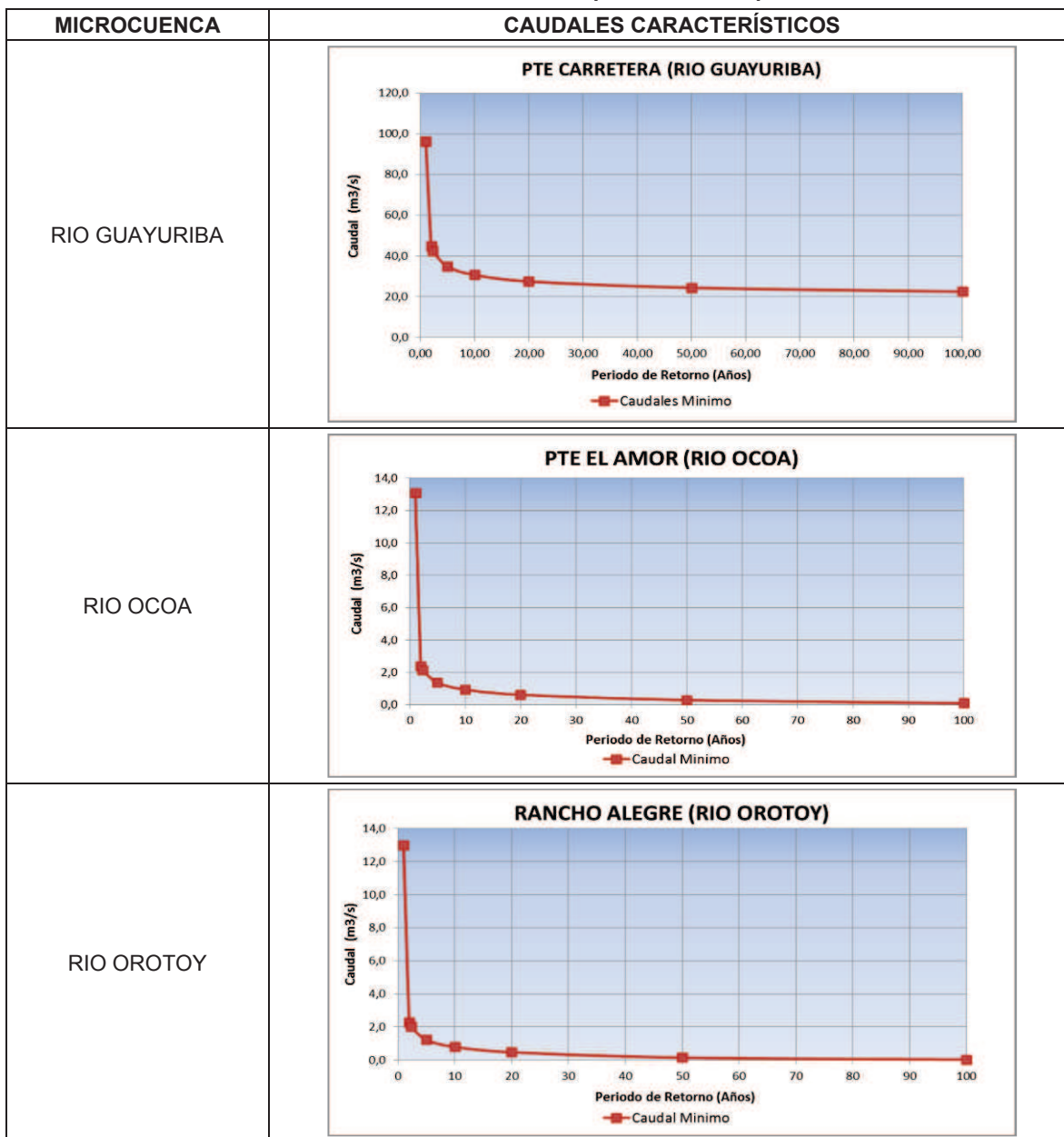
**Tabla 3.2-88 Caudales mínimos para diferentes periodos de retorno**

Periodo de retorno (Años)	PTE CARRETERA	PTE EL AMOR	RANCHO ALEGRE
	RIO GUAYURIBA	RIO OCOA	RIO OROTOY
100	22,4	0,09	0,04
50	24,3	0,29	0,16
20	27,4	0,62	0,48
10	30,6	0,93	0,80

Periodo de retorno (Años)	PTE CARRETERA	PTE EL AMOR	RANCHO ALEGRE
	RIO GUAYURIBA	RIO OCOA	RIO OROTOY
5	34,8	1,37	1,24
2,33	42,4	2,15	2,02
2	44,7	2,39	2,27
1	96,1	13,10	13,0

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Tabla 3.2-89 Caudales mínimos extremos para diferentes periodos de retorno



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

- **Curvas de caudales extremos máximos a diferentes periodos de retorno**

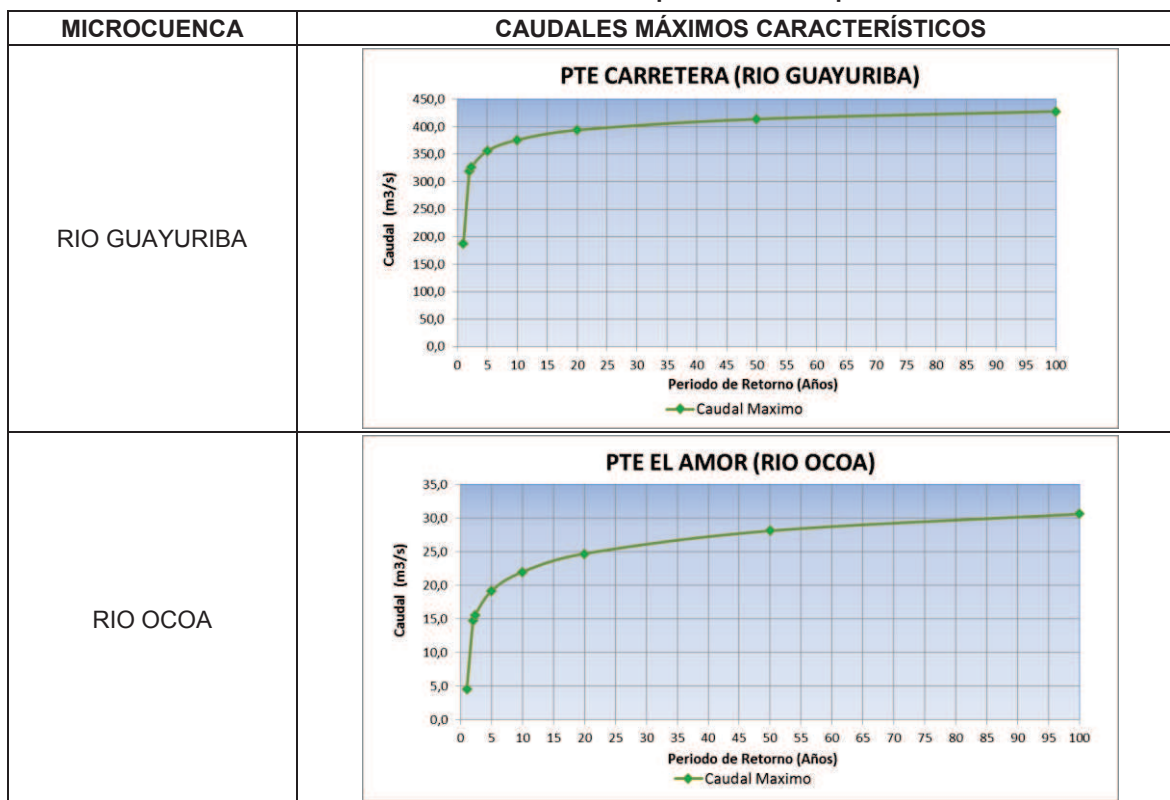
De igual forma con la información resultante de este tratamiento, se obtuvo la **Tabla 3.2-90** y **Tabla 3.2-91**, en las cuales se presenta el resultado de los caudales máximos extremos y mínimos extremos respectivamente, estimados periodos de retorno requeridos (1, 2, 2.33, 5, 10, 20, 50 y 100 años)

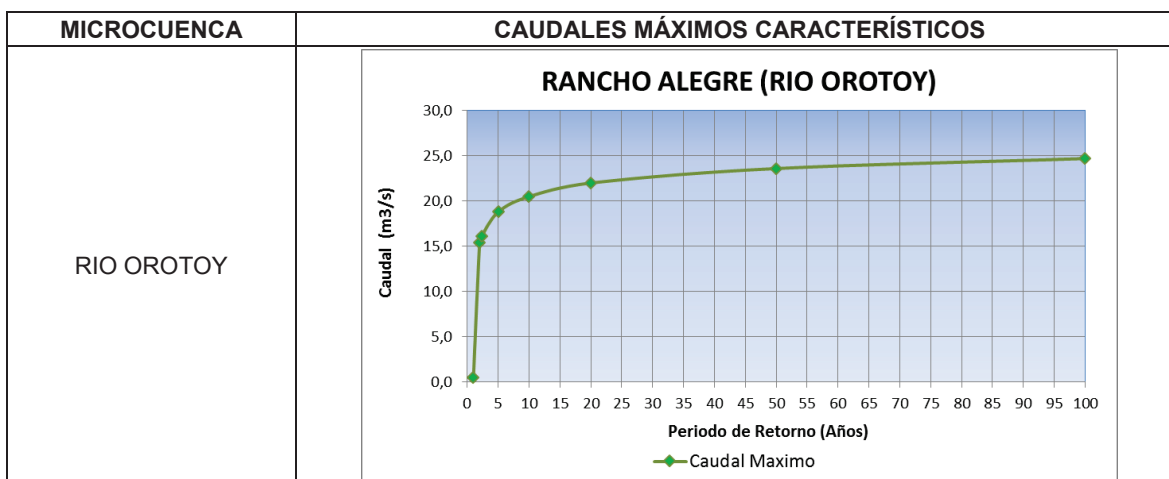
**Tabla 3.2-90 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno**

Periodo de retorno (Años)	PTE CARRETERA	PTE EL AMOR	RANCHO ALEGRE
	RIO GUAYURIBA	RIO OCOA	RIO OROTOY
100	428	30,6	24,7
50	414	28,1	23,6
20	394	24,7	22,0
10	376	22,0	20,5
5	356	19,2	18,8
2,33	327	15,6	16,1
2	319	14,8	15,4
1	188	4,6	0,51

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

**Tabla 3.2-91 Caudales máximos extremos para diferentes periodos de retorno**





Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

### 3.2.4.5.2 Análisis de caudales característicos de las corrientes no instrumentadas

En este numeral se presentan los cálculos realizados para la estimación de caudales característicos máximos, medios, mínimo, y ecológico, para las unidades hidrográficas intersectadas por el área de estudio para la construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando.

Para la determinación de los caudales característicos como mínimos, medios y máximos, se tomó como referencia la Resolución 865 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MADS), en donde se estipulan los pasos para el cálculo de la oferta hídrica superficial a nivel de unidad hidrográfica, entendida como el volumen disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre.

Para ello se tomó el método más apropiado según los criterios indicados en esta resolución, para efectos de este proyecto se aplicó la relación lluvia – Escorrentía (SOIL) para el cálculo de caudales superficiales, debido a que las corrientes de interés, no poseen ningún tipo de instrumentación hidrométrica (caudales), la metodología implementada se presenta en el **capítulo 1 numeral 1.5**.

Para la metodología se tiene como dato de entrada la lluvia precipitada (I), que para cada cuenca corresponde a los valores de precipitación mensual obtenida a partir de las isoyetas generadas al interpolar los datos de las estaciones IDEAM cuyas características y tratamiento estadístico se relaciona en el **numeral 3.2.8 - Clima** del presente documento. Para cada una de las unidades hidrográficas identificadas dentro del área de estudio se interpolaron los datos de precipitación obtenidos con ayuda de las herramientas de los sistemas de información geográfica, con el objetivo de determinar las condiciones reales de precipitación media sobre cada una de ellas y de esta manera aplicar estos resultados en el modelo de estimación de caudales. Los resultados de la aplicación de estas metodologías se muestran a continuación.

En la generación de caudal se tuvo en cuenta la morfometría de las unidades hidrográficas, el tipo de suelo, uso actual del suelo, la cobertura vegetal y de igual manera se

seleccionaron ocho (8) estaciones para trabajar la precipitación mensual para los diferentes meses del año para un total de años trabajados de 24; posteriormente se realizaron isoyetas evaluado para determinar de manera más precisa el comportamiento de esta variable en las unidades hidrográficas, ya que esta es directamente proporcional al régimen hidrológico. En la **Tabla 3.2-92** se presentan los datos de entrada para la aplicación del método escogido.

En la **Tabla 3.2-93** se presentan las estaciones empleadas entre ellas se encuentran las categorías climatológicas ordinarias, pluviométricas y climatológica principal.

Los resultados de la generación de los caudales se presentan en la **Tabla 3.2-94**, dando como resultado bajos caudales en los meses de enero a abril y julio a agosto y un aumento desde los meses de abril a junio y octubre a diciembre, presentando un régimen hidrológico bimodal a lo largo del año.

Tabla 3.2-92 Datos de entrada empleados para la generación de caudales – metodología SOIL

CORRIENTE DE AGUA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELO	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SUELO	CURVA NUMERO (CN)	USO DE LA TIERRA*	COBERTURA VEGETAL HOMOLOGADA**
Quebrada Servitara	2,33	B	MUPef1	Superficiales a profundos, texturas moderadamente gruesas a finas, bien a excesivamente drenados	55	Bosque	Vegetación Secundaria Alta
Quebrada Negra	0,88	B	MUPef1		55	Bosque	Vegetación Secundaria Alta
Caño Vega Grande	1,36	B	MUPef1		61	Pastos de pastoreo	Pastos enmalezados
Caño Pescado	13,72	B	MUPef1		60	Bosque	Bosque Abierto Alto de Tierra Firme
Caño Carbón	4,10	B	MUPef1		60	Bosque	Bosque Abierto Alto de Tierra Firme
Caño Colorado	2,18	B	MUPef1		61	Pastos de pastoreo	Pastos enmalezados
Caño NN2	1,60	B	MUPef1		55	Bosque	Bosque Abierto Alto de Tierra Firme
Caño Tolima	2,19	B	MUPef1		55	Bosque	Bosque Abierto Alto de Tierra Firme
Quebrada Blanca	5,75	B	MUPef1		60	Bosque	Bosque Abierto Alto de Tierra Firme
Caño La Unión	18,44	C	MUOde1		70	Bosque	Bosque Abierto Alto de Tierra Firme
Caño Blanco	4,39	C	MUOde1	Muy superficiales a profundos, texturas moderadamente gruesas, bien a excesivamente drenados	70	Bosque	Bosque Abierto Alto de Tierra Firme
Caño Corcovada	9,17	C	PVCabp		71	Pasto de corte	Pastos limpios
Caño La Candelaria	7,04	C	PVCabp	Profundos a superficiales, texturas variadas de gruesas a finas, drenaje pobre a moderadamente excesivo	71	Pasto de corte	Pastos limpios
Rio Negrito	4,33	B	RVHay		69	Pastos de pastoreo	Pastos enmalezados
Caño Hondo	37,31	B	PVAab	Profundos, texturas moderadamente finas a finas, bien drenados.	58	Pasto de corte	Pastos Arbolados
Caño Palmaquemada	7,68	B	PVAab		58	Pasto de corte	Pastos limpios

CORRIENTE DE AGUA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELO	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SUELO	CURVA NUMERO (CN)	USO DE LA TIERRA*	COBERTURA VEGETAL HOMOLOGADA**
Caño Chocho	18,18	B	PVAab	Profundos, texturas moderadamente finas a finas, bien drenados.	58	Pasto de corte	Pastos Arbolados
Caño La Vaina	5,49	B	PVAab		58	Pasto de corte	Pastos limpios
Caño La Esmeralda	12,97	B	PVAab		58	Pasto de corte	Pastos limpios
Caño Lejía	6,74	B	PVAab		58	Pasto de corte	Pastos limpios
Caño Unión	62,16	B	PVAab		58	Pasto de corte	Pastos limpios
Caño Los Laureles	3,21	B	PVAab		58	Pasto de corte	Pastos limpios
Caño Siete Vueltas	16,80	B	PVAab		58	Pasto de corte	Pastos limpios
Caño San Francisco	7,24	C	RVGaby	Profundos a moderadamente profundos, texturas medias a finas, bien a imperfectamente drenados,	85	Cultivos en Hileras	Palma de aceite

\*Coberturas método de relación lluvia – Escorrentía (SOIL)

\*\*Homologación de los tipos de cobertura vegetal referenciados en el estudio  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

**Tabla 3.2-93 Estaciones meteorológicas IDEAM cercanas al área del proyecto**

CÓDIGO	NOMBRE	CORRIENTE	MUNICIPIO	ELEVACIÓN	CATEGORÍA	COORDENADAS (MAGNA SIRGAS-ORIGEN BOGOTÁ)	
						ESTE	NORTE
35030290	SERVITA	GUATIQUEIA	VILLAVICENCIO	1084	PG	1043057,00	954645,00
35010070	GUAMAL	GUAMAL	GUAMAL	525	PM	1035798,00	920309,00
35035070	UNILLANOS	GUATIQUEIA	VILLAVICENCIO	340	CP	1055402,00	942257,00
35035020	APTO VANGUARDIA	GUATIQUEIA	VILLAVICENCIO	445	SP	1051121,00	951845,00
35010020	ACACIAS	ACACIAS	ACACIAS	525	PM	1035019,00	93317,00

PG: Pluviográfica, PM: Pluviométrica, CP: Climatológica Principal, SP: Sinóptica Principal Fuente: Atlas IDEAM Tomado de <http://www.ideam.gov.co/atlas/mclima.htm>, CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.



**Tabla 3.2-94 Caudales máximos, medios y mínimos estimados para las microcuencas de interés**

<b>QUEBRADA SERVITA</b>													
<b>Caudal m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May.</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,009	0,199	0,299	0,348	0,210	0,126	0,134	0,099	0,182	0,003	0,000
Qmed	0,024	0,048	0,130	0,377	0,517	0,464	0,358	0,257	0,272	0,289	0,312	0,154	0,267
Qmax	0,142	0,155	0,480	0,533	0,792	0,629	0,480	0,394	0,430	0,441	0,539	0,375	0,792
Qecológico	0,012	0,024	0,065	0,188	0,258	0,232	0,179	0,128	0,136	0,145	0,156	0,077	0,133
<b>QUEBRADA NEGRA</b>													
<b>Caudal m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,003	0,075	0,113	0,132	0,079	0,048	0,051	0,037	0,069	0,001	0,000
Qmed	0,009	0,018	0,049	0,142	0,195	0,175	0,135	0,097	0,103	0,109	0,118	0,058	0,101
Qmax	0,054	0,059	0,181	0,201	0,299	0,237	0,181	0,149	0,163	0,167	0,204	0,142	0,299
Qecológico	0,005	0,009	0,024	0,071	0,098	0,088	0,068	0,048	0,051	0,055	0,059	0,029	0,050
<b>CAÑO VEGA GRANDE</b>													
<b>Caudal m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,008	0,128	0,188	0,218	0,134	0,084	0,089	0,067	0,118	0,001	0,000
Qmed	0,017	0,033	0,085	0,234	0,317	0,286	0,223	0,163	0,172	0,182	0,196	0,100	0,167
Qmax	0,093	0,102	0,296	0,327	0,479	0,383	0,295	0,244	0,266	0,273	0,331	0,233	0,479
Qecológico	0,008	0,016	0,042	0,117	0,158	0,143	0,111	0,081	0,086	0,091	0,098	0,050	0,084
<b>CAÑO PESCADO</b>													
<b>Caudal m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,001	0,001	0,073	1,274	1,873	2,174	1,337	0,827	0,876	0,660	1,169	0,014	0,001
Qmed	0,166	0,324	0,840	2,342	3,172	2,865	2,226	1,619	1,717	1,815	1,954	0,993	1,669
Qmax	0,926	1,011	2,958	3,275	4,808	3,842	2,956	2,441	2,664	2,727	3,314	2,329	4,808
Qecológico	0,083	0,162	0,420	1,171	1,586	1,433	1,113	0,809	0,858	0,908	0,977	0,497	0,835
<b>CAÑO CARBÓN</b>													
<b>Caudal m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,022	0,381	0,560	0,650	0,400	0,247	0,262	0,197	0,349	0,004	0,000
Qmed	0,050	0,097	0,251	0,700	0,948	0,856	0,665	0,484	0,513	0,542	0,584	0,297	0,499
Qmax	0,277	0,302	0,884	0,979	1,437	1,148	0,883	0,730	0,796	0,815	0,990	0,696	1,437
Qecológico	0,025	0,048	0,126	0,350	0,474	0,428	0,333	0,242	0,256	0,271	0,292	0,148	0,249
<b>CAÑO COLORADO</b>													
<b>Caudal m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,012	0,206	0,301	0,349	0,216	0,134	0,142	0,107	0,189	0,002	0,000
Qmed	0,027	0,053	0,136	0,376	0,508	0,459	0,357	0,261	0,276	0,292	0,314	0,160	0,268
Qmax	0,150	0,164	0,474	0,524	0,768	0,615	0,474	0,392	0,427	0,437	0,531	0,374	0,768
Qecológico	0,014	0,026	0,068	0,188	0,254	0,230	0,179	0,130	0,138	0,146	0,157	0,080	0,134

CAÑO NN2													
Caudal m³/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
Qmin	0,000	0,000	0,006	0,137	0,205	0,239	0,144	0,087	0,092	0,068	0,125	0,002	0,000
Qmed	0,017	0,033	0,089	0,259	0,355	0,319	0,246	0,176	0,187	0,199	0,214	0,106	0,183
Qmax	0,098	0,107	0,330	0,366	0,544	0,432	0,330	0,270	0,296	0,303	0,370	0,257	0,544
Qecológico	0,008	0,016	0,045	0,129	0,177	0,159	0,123	0,088	0,094	0,099	0,107	0,053	0,092
CAÑO TOLIMA													
Caudal m³/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
Qmin	0,000	0,000	0,008	0,187	0,281	0,327	0,197	0,119	0,126	0,093	0,171	0,003	0,000
Qmed	0,023	0,045	0,122	0,354	0,485	0,436	0,336	0,241	0,256	0,272	0,293	0,145	0,251
Qmax	0,134	0,146	0,451	0,501	0,744	0,591	0,451	0,370	0,405	0,415	0,507	0,352	0,744
Qecológico	0,011	0,022	0,061	0,177	0,243	0,218	0,168	0,121	0,128	0,136	0,147	0,073	0,125
QUEBRADA BLANCA													
Caudal m³/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
Qmin	0,000	0,002	0,006	0,185	0,307	0,356	0,176	0,146	0,088	0,166	0,036	0,000	0,000
Qmed	0,021	0,043	0,166	0,529	0,573	0,561	0,337	0,283	0,271	0,391	0,300	0,079	0,296
Qmax	0,161	0,174	0,595	0,828	0,946	0,759	0,545	0,409	0,603	0,957	0,537	0,302	0,957
Qecológico	0,010	0,021	0,083	0,265	0,286	0,281	0,169	0,141	0,135	0,195	0,150	0,040	0,148
CAÑO LA UNIÓN													
Caudal m³/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
Qmin	0,000	0,000	0,055	0,765	1,190	1,363	0,729	0,622	0,405	0,695	0,195	0,001	0,000
Qmed	0,091	0,194	0,668	1,939	2,081	2,050	1,289	1,103	1,057	1,468	1,158	0,348	1,120
Qmax	0,676	0,728	2,159	2,936	3,314	2,707	1,993	1,536	2,193	3,351	1,971	1,170	3,351
Qecológico	0,045	0,097	0,334	0,970	1,040	1,025	0,645	0,551	0,529	0,734	0,579	0,174	0,560
CAÑO BLANCO													
Caudal m³/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
Qmin	0,000	0,000	0,013	0,182	0,283	0,324	0,173	0,148	0,096	0,165	0,047	0,000	0,000
Qmed	0,022	0,046	0,159	0,462	0,495	0,488	0,307	0,263	0,252	0,349	0,276	0,083	0,267
Qmax	0,161	0,173	0,514	0,699	0,789	0,644	0,474	0,366	0,522	0,798	0,469	0,279	0,798
Qecológico	0,011	0,023	0,080	0,231	0,248	0,244	0,153	0,131	0,126	0,175	0,138	0,041	0,133
CAÑO CORCOVADA													
Caudal m³/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
Qmin	0,000	0,000	0,030	0,389	0,601	0,688	0,371	0,317	0,208	0,354	0,102	0,000	0,000
Qmed	0,047	0,100	0,339	0,976	1,046	1,031	0,651	0,558	0,535	0,740	0,585	0,178	0,565
Qmax	0,344	0,371	1,085	1,473	1,661	1,358	1,002	0,774	1,102	1,679	0,991	0,591	1,679

Qecológico	0,023	0,050	0,170	0,488	0,523	0,515	0,326	0,279	0,267	0,370	0,293	0,089	0,283
<b>CAÑO LA CANDELARIA</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,023	0,299	0,462	0,528	0,284	0,243	0,160	0,271	0,078	0,000	0,000
Qmed	0,036	0,077	0,260	0,749	0,803	0,791	0,500	0,428	0,411	0,568	0,449	0,136	0,434
Qmax	0,264	0,285	0,833	1,131	1,275	1,043	0,770	0,594	0,846	1,289	0,761	0,454	1,289
Qecológico	0,018	0,038	0,130	0,375	0,401	0,396	0,250	0,214	0,205	0,284	0,225	0,068	0,217
<b>RIO NEGRO</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	3.63	3.41	2.78	27.13	20.72	30.64	9.36	14.82	7.53	24.09	4.82	3.63	12.71
Qmed	3.82	4.61	18.68	84.27	86.13	89.09	54.08	35.18	35.35	49.89	32.94	6.04	41.67
Qmax	9.95	21.54	61.79	182.44	220.66	160.01	119.33	80.64	85.21	94.78	122.05	25.12	98.63
Qecológico	1,91	2,305	9,34	42,135	43,065	44,545	27,04	17,59	17,675	24,945	16,47	3,02	20,835
<b>RIO NEGRITO</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,012	0,176	0,275	0,315	0,167	0,142	0,092	0,159	0,044	0,000	0,000
Qmed	0,021	0,044	0,154	0,450	0,483	0,476	0,298	0,254	0,244	0,340	0,267	0,079	0,259
Qmax	0,155	0,167	0,501	0,683	0,772	0,630	0,463	0,356	0,509	0,781	0,457	0,270	0,781
Qecológico	0,010	0,022	0,077	0,225	0,242	0,238	0,149	0,127	0,122	0,170	0,134	0,040	0,130
<b>CAÑO HONDO</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,001	0,001	1,779	2,683	2,370	1,428	0,752	0,533	1,670	1,266	0,038	0,000
Qmed	0,171	0,474	1,639	4,281	5,217	4,388	2,911	2,014	2,365	3,407	3,652	1,448	2,664
Qmax	0,981	2,196	5,368	6,943	7,334	6,248	4,558	3,826	4,699	5,567	6,382	4,518	7,334
Qecológico	0,086	0,237	0,819	2,141	2,608	2,194	1,456	1,007	1,182	1,703	1,826	0,724	1,332
<b>CAÑO PALMAQUEMADA</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,000	0,366	0,552	0,488	0,294	0,155	0,110	0,344	0,261	0,008	0,000
Qmed	0,035	0,098	0,337	0,881	1,074	0,903	0,599	0,415	0,487	0,701	0,752	0,298	0,548
Qmax	0,202	0,452	1,105	1,429	1,510	1,286	0,938	0,788	0,967	1,146	1,314	0,930	1,510
Qecológico	0,018	0,049	0,169	0,441	0,537	0,452	0,300	0,207	0,243	0,351	0,376	0,149	0,274
<b>CAÑO CHOCHO</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,001	0,001	0,867	1,307	1,155	0,696	0,367	0,260	0,814	0,617	0,019	0,000
Qmed	0,084	0,231	0,799	2,086	2,542	2,138	1,418	0,981	1,152	1,660	1,780	0,705	1,298
Qmax	0,478	1,070	2,616	3,383	3,574	3,044	2,221	1,864	2,290	2,713	3,110	2,202	3,574

Qecológico	0,042	0,116	0,399	1,043	1,271	1,069	0,709	0,491	0,576	0,830	0,890	0,353	0,649
<b>CAÑO LA VAINA</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,000	0,262	0,395	0,349	0,210	0,111	0,078	0,246	0,186	0,006	0,000
Qmed	0,025	0,070	0,241	0,630	0,768	0,646	0,428	0,296	0,348	0,501	0,537	0,213	0,392
Qmax	0,144	0,323	0,790	1,022	1,079	0,919	0,671	0,563	0,691	0,819	0,939	0,665	1,079
Qecológico	0,013	0,035	0,121	0,315	0,384	0,323	0,214	0,148	0,174	0,251	0,269	0,107	0,196
<b>RIO ACACIAS</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	2.65	1.89	1.54	54.59	63.18	40.73	34.91	21.92	20.21	30.67	17.11	1.50	24.24
Qmed	3.95	9.30	39.99	89.70	110.10	98.02	60.73	46.95	53.57	68.68	82.39	17.48	56.74
Qmax	12.18	85.31	138.73	178.13	170.06	158.89	91.77	126.41	120.80	148.53	158.34	42.12	119.27
Qecológico	1,975	4,65	19,995	44,85	55,05	49,01	30,365	23,475	26,785	34,34	41,195	8,74	28,37
<b>CAÑO LA ESMERALDA</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,001	0,618	0,933	0,824	0,496	0,262	0,185	0,580	0,440	0,013	0,000
Qmed	0,060	0,165	0,570	1,488	1,813	1,526	1,012	0,700	0,822	1,184	1,270	0,503	0,926
Qmax	0,341	0,763	1,866	2,413	2,550	2,172	1,584	1,330	1,634	1,935	2,219	1,571	2,550
Qecológico	0,030	0,082	0,285	0,744	0,907	0,763	0,506	0,350	0,411	0,592	0,635	0,252	0,463
<b>CAÑO LEJIA</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,000	0,321	0,485	0,428	0,258	0,136	0,096	0,302	0,229	0,007	0,000
Qmed	0,031	0,086	0,296	0,773	0,942	0,793	0,526	0,364	0,427	0,615	0,660	0,262	0,481
Qmax	0,177	0,397	0,970	1,254	1,325	1,129	0,823	0,691	0,849	1,006	1,153	0,816	1,325
Qecológico	0,015	0,043	0,148	0,387	0,471	0,396	0,263	0,182	0,214	0,308	0,330	0,131	0,241
<b>CAÑO UNIÓN</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,002	0,002	2,963	4,470	3,948	2,379	1,253	0,888	2,782	2,110	0,064	0,000
Qmed	0,286	0,790	2,730	7,133	8,691	7,311	4,850	3,356	3,940	5,676	6,085	2,412	4,438
Qmax	1,635	3,659	8,943	11,567	12,219	10,409	7,593	6,374	7,829	9,275	10,633	7,528	12,219
Qecológico	0,143	0,395	1,365	3,566	4,346	3,656	2,425	1,678	1,970	2,838	3,043	1,206	2,219
<b>CAÑO LOS LAURELES</b>													
<b>Caudal m³/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,000	0,153	0,231	0,204	0,123	0,065	0,046	0,144	0,109	0,003	0,000
Qmed	0,015	0,041	0,141	0,368	0,449	0,378	0,250	0,173	0,203	0,293	0,314	0,125	0,229
Qmax	0,084	0,189	0,462	0,597	0,631	0,538	0,392	0,329	0,404	0,479	0,549	0,389	0,631

Qecológico	0,007	0,020	0,070	0,184	0,224	0,189	0,125	0,087	0,102	0,147	0,157	0,062	0,115
<b>CAÑO SIETE VUELTAS</b>													
<b>Caudal m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,000	0,000	0,001	0,801	1,208	1,067	0,643	0,339	0,240	0,752	0,570	0,017	0,000
Qmed	0,077	0,213	0,738	1,928	2,349	1,976	1,311	0,907	1,065	1,534	1,645	0,652	1,200
Qmax	0,442	0,989	2,417	3,126	3,302	2,813	2,052	1,723	2,116	2,507	2,874	2,035	3,302
Qecológico	0,039	0,107	0,369	0,964	1,174	0,988	0,655	0,453	0,532	0,767	0,822	0,326	0,600
<b>CAÑO SAN FRANCISCO</b>													
<b>Caudal m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
Qmin	0,001	0,001	0,068	0,583	0,630	0,470	0,408	0,296	0,290	0,372	0,260	0,000	0,000
Qmed	0,075	0,202	0,474	0,934	1,061	0,997	0,664	0,554	0,614	0,737	0,870	0,291	0,623
Qmax	0,217	0,927	1,292	1,652	1,536	1,497	0,919	1,195	1,189	1,368	1,368	0,505	1,652
Qecológico	0,037	0,101	0,237	0,467	0,531	0,499	0,332	0,277	0,307	0,369	0,435	0,146	0,311

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

- **Caudales extremos máximos y mínimos a diferentes periodos de retorno:**

El análisis de eventos extremos considera los caudales máximos y mínimos extremos que pueden presentarse a diferentes periodos de retorno (tiempo en años). Por otro lado para conocer los eventos extremos de esta corriente, se realizó un análisis de frecuencias para caudales máximos y mínimos, para tal fin, se tomaron los registros históricos anuales de caudales, estos son evaluados por los Software XLSTAT e Hydrognomon los cuales determinan el mejor ajuste de distribución de probabilidad y calculan los caudales extremos para cada uno de los periodos de retorno requeridos (1, 2, 2.33, 5, 10, 20, 50 y 100 años), empleando la serie de datos de caudales sintéticos de 24 años de los valores medios máximos y valores medios mínimos de caudal, con la información resultante de este tratamiento.

A lo largo de la Línea Eléctrica la mayoría de cuencas corresponde a microcuencas y/o cuencas pequeñas, de montaña y de sabana, cuyos patrones de drenaje son muy distintos, al igual que su litología, cobertura vegetal y pluviometría. En las **Tabla 3.2-95** y **Tabla 3.2-96** se presentan los caudales máximos y mínimos estimados para diferentes periodos de retorno, en los caños y quebradas interceptadas a lo largo de la Línea Eléctrica, como también el tiempo de concentración que determina la permanencia de la creciente en el lecho. En el **Anexo D.3 – Componente hidrológico**, se precisa con detalle la información anteriormente descrita.

- **Análisis de caudales aforados**

Para la obtención de los datos hidrométricos se procedió a realizar una visita a campo la cual se desarrolló entre los días 21 al 30 de abril y del 11 al 14 de mayo de 2016, durante la visita se reconocieron gran parte de los cuerpos de agua presentes en el área de estudio interceptada por la línea de transmisión de 230 Kv La Reforma – San Fernando (**Imagen 3.2-54**), los cuales presentaron corrientes de carácter intermitente.

La medición de los aforos se realizó aplicando el método de aforo puntal por vadeo, con base a este se obtuvieron valores de la sección transversal de los cuerpos hídricos como la lámina de agua, profundidad promedio, velocidad promedio entre otros registros; Algunos de los factores limitantes para la realización de los aforos en campo se limitaron al clima y accesos al cauce; como se puede observar en la **Tabla 3.2-97**, en el **Anexo D.3 – Componente hidrológico** se presentan las fichas de aforo realizadas para cada una de las corrientes relacionadas.

Tabla 3.2-95 Caudales máximos intercepciones del proyecto

FUENTE HÍDRICA	Área (Km <sup>2</sup> )	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=1 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=2 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=2,33 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=5 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=10 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=20 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=50 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=100 años
Quebrada Servita	2,33	0,347	0,542	0,558	0,627	0,684	0,738	0,808	0,861
Quebrada Negra	0,88	0,130	0,205	0,211	0,238	0,260	0,281	0,308	0,328
Caño Vega Grande	1,36	0,215	0,333	0,342	0,384	0,418	0,451	0,493	0,525
Caño Pescado	13,72	2,17	3,32	3,42	3,83	4,16	4,48	4,90	5,21
Caño Carbón	4,10	0,02	0,993	1,02	1,14	1,24	1,34	1,46	1,56
Caño Colorado	2,18	0,348	0,532	0,548	0,613	0,667	0,718	0,784	0,834
Caño NN2	1,60	0,238	0,372	0,383	0,431	0,470	0,507	0,555	0,591
Caño Tolima	2,19	0,326	0,509	0,524	0,590	0,643	0,694	0,760	0,809
Quebrada Blanca	5,75	0,451	0,712	0,734	0,827	0,902	0,975	1,07	1,14
Caño La Unión	18,44	1,68	2,55	2,62	2,93	3,18	3,42	3,73	3,97
Caño Blanco	4,39	0,402	0,607	0,624	0,697	0,757	0,814	0,887	0,943
Caño Corcovada	9,17	0,851	1,28	1,31	1,47	1,59	1,71	1,86	1,98
Caño La Candelaria	7,04	0,652	0,981	1,01	1,13	1,22	1,31	1,43	1,52
Rio Negro	958,30	*	*	*	*	*	*	*	*
Rio Negrito	4,33	0,391	0,593	0,610	0,682	0,740	0,796	0,869	0,923
Rio Guayuriba	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Caño Hondo	37,31	3,33	5,74	5,93	6,79	7,48	8,15	9,02	9,67
Caño Palmaquemada	7,68	0,679	1,180	1,22	1,40	1,54	1,68	1,86	2,00
Caño Chocho	18,18	1,53	2,82	2,91	3,25	3,49	3,71	3,97	4,15
Caño La Vaina	5,49	0,494	0,843	0,872	0,996	1,10	1,19	1,32	1,41
Rio Acacias	797,29	*	*	*	*	*	*	*	*
Caño La Esmeralda	12,97	1,09	2,01	2,07	2,31	2,49	2,64	2,83	2,96
Caño Lejía	6,74	0,606	1,03	1,07	1,22	1,35	1,47	1,62	1,74
Caño Unión	62,16	5,50	9,55	9,88	11,3	12,5	13,6	15,0	16,1
Caño Los Laureles	3,21	0,27	0,499	0,514	0,574	0,617	0,655	0,701	0,733
Caño Siete Vueltas	16,80	1,41	2,61	2,69	3,00	3,23	3,43	3,67	3,84
Caño San Francisco	7,24	0,81	1,25	1,28	1,44	1,57	1,69	1,85	1,97
Rio Orotoy	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016- Información Básica del IDEAM  
(\* ) – Información generada a partir de los registros históricos de la estación hidrológica

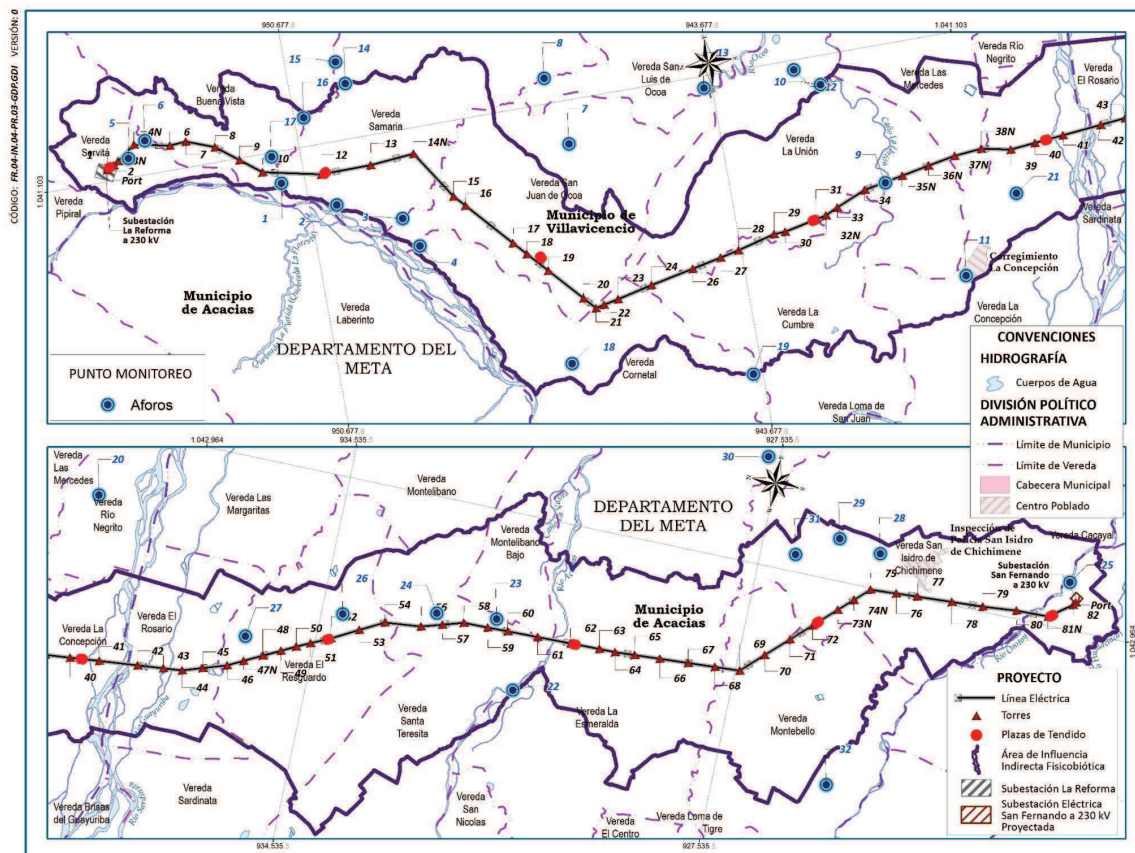
Tabla 3.2-96 Caudales mínimos intercepciones del proyecto

FUENTE HÍDRICA	Área (Km <sup>2</sup> )	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=1 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=2 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=2,33 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=5 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=10 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=20 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=50 años	Qmax (m <sup>3</sup> /seg) Tr=100 años
Quebrada Servita	2,33	0,84	0,00153	0,000971	0,000165	0,0000453	0,0000145	0,00000374	0,00000144
Quebrada Negra	0,88	1,85	0,000471	0,00023	0,0000236	0,00000493	0,00000135	3,16E-07	0,00000012
Caño Vega Grande	1,36	0,125	0,00358	0,0025	0,000472	0,0000978	0,0000201	0,0000227	0,000039
Caño Pescado	13,72	26,9	0,0207	0,0146	0,00408	0,00174	0,000865	0,000393	0,000232
Caño Carbón	4,10	8,04	0,00617	0,00436	0,00122	0,000521	0,000259	0,000117	0,0000588
Caño Colorado	2,18	0,2	0,00574	0,00401	0,000757	0,000157	0,0000322	0,0000363	0,0000625
Caño NN2	1,60	8,17	0,000856	0,000419	0,0000429	0,00000896	0,00000246	0,00000057	2,18E-07
Caño Tolima	2,19	4,61	0,00117	0,000573	0,0000587	0,0000123	0,00000123	7,85E-07	2,98E-07
Quebrada Blanca	5,75	0,0541	0,00342	0,00275	0,000962	0,000403	0,000168	0,0000494	0,0000217
Caño La Unión	18,44	0,323	0,0085	0,00584	0,00102	0,000201	0,0000477	0,0000566	0,0000839
Caño Blanco	4,39	2,52	0,0012	0,000784	0,000169	0,0000608	0,0000261	0,0000101	0,0000536
Caño Corcovada	9,17	3,15	0,00184	0,00107	0,000162	0,0000453	0,0000158	0,00000486	0,00000221
Caño La Candelaria	7,04	2,39	0,00141	0,000821	0,000125	0,000035	0,0000123	0,00000376	0,00000171
Río Negro	958,3	*	*	*	*	*	*	*	*
Río Negrito	4,33	1,52	0,0015	0,00107	0,000314	0,000138	0,0000703	0,0000328	0,0000198
Río Guayuriba	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Caño Hondo	37,31	2,35	0,0174	0,0124	0,00351	0,00152	0,00076	0,000349	0,000208
Caño Palmaquemada	7,68	4,26	0,00358	0,00254	0,000722	0,000312	0,000156	0,0000718	0,0000427
Caño Chocho	18,18	10,1	0,00848	0,00602	0,00171	0,00074	0,00037	0,00017	0,000101
Caño La Vaina	5,49	3,04	0,00256	0,00182	0,000516	0,000223	0,000112	0,0000513	0,0000305
Río Acacias	797,2	*	*	*	*	*	*	*	*
Caño La Esmeralda	12,97	7,19	0,00605	0,00429	0,00122	0,000528	0,000264	0,000121	0,0000722
Caño Lejía	6,74	3,73	0,00315	0,00223	0,000634	0,000274	0,000137	0,000063	0,0000375
Caño Unión	62,16	10,4	0,029	0,0206	0,00585	0,00253	0,00127	0,000581	0,000346
Caño Los Laureles	3,21	1,78	0,0015	0,00106	0,000302	0,000131	0,0000654	0,00003	0,0000179
Caño Siete Vueltas	16,80	4,12	0,00784	0,00556	0,00158	0,000683	0,000342	0,000157	0,0000935
Caño San Francisco	7,24	1,3	0,00694	0,00452	0,000797	0,000217	0,0000676	0,0000164	0,00000603
Río Orotoy	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016- Información Básica del IDEAM  
(\* ) – Información generada a partir de los registros históricos de la estación hidrológica



Imagen 3.2-54 Aforos realizados en el área del proyecto



Aforos.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Tabla 3.2-97 Aforos realizados en el área del proyecto

ID	COORDENADAS (MAGNA COLOMBIA-BOGOTÁ)		CORRIENTE	TIPO	ANCHO MÁXIMO (m)	ESPEJO DE AGUA (m)	PROFUNDIDAD MÁXIMA (m)	CAUDAL (m³/s)
	ESTE	NORTE						
AF-1	1040566,27	951084,87	Caño Pescado	Perenne	61,1	19,10	0,40	4,631
AF-2	1040045,15	950233,25	Caño Azulejo	Perenne	6,5	3,2	0,50	0,213
AF-3	1039625,03	949181,64	Caño Carbón	Perenne	56	4	0,40	0,883
AF-4	1039121,59	948977,84	Caño Colorado	Perenne	6,5	3	0,5	0,808
AF-5	1041422,94	953543,18	Quebrada Servita	Perenne	10,5	3,0	0,50	0,673
AF-6	1041671,80	953215,86	Quebrada Negra	Perenne	6,0	3,0	0,20	0,229
AF-7	1040372,53	946215,83	Caño Corrales	Perenne	7,0	3,2	0,20	0,445
AF-8	1041531,77	946434,66	Caño NN	Perenne	11,0	4,5	0,28	0,532
AF-9	1038803,35	941099,39	Caño La Unión	Perenne	35	19	0,80	4,496
AF-10	1040613,90	941884,22	Caño Blanco	Perenne	10,4	9,6	0,58	1,517
AF-11	1037029,99	940036,17	Caño La Candelaria	Perenne	7,0	3,0	0,23	0,112
AF-12	1040940,63	942283,6	Caño NN1	Perenne	5,8	2,7	0,30	0,202
AF-13	1040900,17	943818,10	Quebrada Blanca	Perenne	23,3	12,50	0,550	2,229
AF-14	1042027,65	949735,5	Caño Danta	Perenne	9,0	3,2	0,28	0,644
AF-15	1042413,67	949833,39	Caño NN2	Perenne	15	5,0	0,23	0,445
AF-16	1041584,03	950522,47	Quebrada Aguas Claras	Perenne	14,5	6,10	0,90	0,506
AF-17	1041031,01	951168,68	Caño Vijaqual	Perenne	12	8,0	0,28	1,036
AF-18	1036724,60	946807,19	Caño Tolima	Perenne	7,5	3,0	0,250	0,075
AF-19	1036017,95	943843,20	Caño San Luciano	Perenne	8	7,0	0,260	0,247
AF-20	1041795,03	938600,58	Río Negro	Perenne	11,5	6,0	0,320	0,702
AF-21	1038241,16	938961,94	Río Negrito	Perenne	25	11,05	0,240	1,087
AF-22	1040033,56	931121,24	Río Acacias	Perenne	68	34	0,70	2,940
AF-23	1041144,79	931632,95	Caño La Vaina	Perenne	6,5	3,7	0,310	0,144
AF-24	1041030,95	932639,41	Caño Chocho	Perenne	10	7,5	2,170	0,772
AF-25	1043751,75	922351,22	Río Orotoy	Perenne	51	31,0	0,220	1,385
AF-26	1040691,55	934176,90	Caño Palmaquemada	Intermitente	5	3,2	0,370	0,517
AF-27	1039986,25	935700,09	Caño Hondo	Perenne	9	7,0	0,640	0,506
AF-28	1043559,66	925562,77	Caño Siete Vueltas	Perenne	7,6	3,7	0,30	0,499
AF-29	1043664,83	926281,83	Caño Los Laureles	Perenne	5,6	3,8	0,40	0,173
AF-30	1044766,54	927735,85	Caño Unión	Perenne	8,1	5,5	0,470	1,153
AF-31	1043248,81	926952,65	Caño La Verraquera	Perenne	6,5	3,9	0,550	0,201
AF-32	1039568,48	925641,82	Caño San Francisco	Perenne	9,7	6,8	0,420	0,313

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

### 3.2.4.5.3 Disponibilidad del recurso hídrico – índice de escasez

Este numeral se centra en cálculo del índice de escasez por cada cuenca presente en el área de estudio del proyecto, con el fin de identificar las características de oferta y demanda de las mismas, y así evaluar la disponibilidad de agua, y viabilidad ambiental de su uso y aprovechamiento para el desarrollo de las actividades del proyecto.

El índice de escasez se calcula de acuerdo a lo establecido en la Resolución 0865 de 2004 (basada en metodología del IDEAM) a partir de la relación de oferta y demanda del recurso, tal como indica la siguiente ecuación:

$$Ie = \frac{Dh}{Oh} x Fr x 100$$

Donde:

Ie=índice de escasez

Dh=Demanda Hídrica

Oh=Oferta hídrica superficial

Fr=factor de reducción de calidad de agua y caudal ecológico

100= permite expresar el resultado en porcentaje

Es así como a continuación se describe la metodología de cálculo y resultados de cada una de las variables involucradas.

- **Oferta hídrica**

La oferta hídrica, definida como el volumen de agua disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre<sup>44</sup>, se calculó siguiendo la metodología de balance hídrico y relación lluvia-escorrentía, como indica la resolución 0865 de 2004 (numeral 3.2.4.5 del presente capítulo).

Adicionalmente se incluye los criterios de caudal ecológico definido este como: “*El Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas*”<sup>45</sup>. Con el fin de identificar las condiciones mínimas de caudal disponible que conserva las funciones ambientales tales como: *purificación de agua, amortiguación de extremos hidrológicos, recreación, pesca, entre otros*<sup>46</sup>. Se reduce un porcentaje total de 50% por calidad de agua (25%) y caudal ecológico (25%); este porcentaje se calculó

---

<sup>44</sup> Resolución 0865 de 2004

<sup>45</sup> Decreto 3930 de 2010, Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

<sup>46</sup> ENA, Estudio Nacional de Agua, 2010.

tomando como base el caudal medio mensual multianual más bajo, tal como cita la resolución 0865 de 2004 (Numeral 3.4.1 y 3.4.2).

$$\text{Oferta hídrica neta} = \text{Oht} * \text{Reducciones} (Q \text{ Ecologico} + Q \text{ Calidad})$$

Por ende, este caudal es un criterio importante para definir la oferta hídrica en relación a la cantidad de agua superficial a captar en cada una de las corrientes de interés sin afectar el uso actual presente en la zona, incluido el desarrollo de los seres vivos presentes en éste ecosistema. Los valores de oferta hídrica por cada una de las unidades hidrográficas del área de estudio, obtenidos se describen en la **Tabla 3.2-98**.

- **Demanda hídrica**

El cálculo de demanda hídrica en el área de estudio del proyecto, busca definir el volumen de agua usada para el desarrollo de actividades socioeconómicas propias de los habitantes asentados en esta área, es el resultado de la recopilación en campo de usos y usuarios actuales, así como de los requerimientos de agua por cada actividad, determinados a partir de la consulta de información secundaria:

Con el propósito de determinar los usos actuales del agua se efectuó un inventario de usos y usuarios de las corrientes de agua superficial del área de influencia del proyecto. Así mismo se complementó con la información solicitada a la corporación CORMACARENA la cual tiene jurisdicción en el área del proyecto y que mediante la respuesta emitida por esta entidad. En el **Anexo D.3 – Componente hidrológico** se precisa con detalle la información presentada por CORMACARENA.

La demanda del recurso hídrico se compone por los requerimientos de agua para consumo humano (residencial, comercial, escolar, institucional), uso agropecuario (explotaciones agrícolas y pecuarias) y uso industrial (agroindustria, minería, petróleo). La demanda de agua en general, representa el volumen de agua expresado en millones de metros cúbicos, utilizado para las actividades socioeconómicas en un espacio y tiempo determinado, de manera que corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales.

$$DT = DUD + DUI + DUA + DUP$$

$$DT = DUD + DUI + DUA + DUP$$

Dónde:

DT = Demanda Total de agua.

DUD = Demanda de Agua para Uso Doméstico.

DUI = Demanda de Agua para Uso Industrial.

DUA = Demanda de Agua para Uso Agrícola.

DUP = Demanda de Agua para Uso Pecuario.

Tabla 3.2-98 Oferta hídrica neta para las unidades hidrográficas dentro del área del proyecto

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	Q medio mensual multianual		Q medio mensual mínimo multianual		Reducciones (Q Ecológico + Q calidad agua)		Q. DISPONIBLE	
		m³/s	L/s	m³/s	L/s	m³/s	L/s	m³/s	L/s
		Microcuenca de orden 4	Quebrada Servitara	0,27	266,75	0,0260	26,00	0,01	13,00
Microcuenca de orden 4	Quebrada Negra	0,10	100,75	0,0091	9,09	0,00	4,54	0,00	4,54
Microcuenca de orden 6	Caño Vega Grande	0,17	167,34	0,0169	16,93	0,01	8,47	0,01	8,47
Microcuenca de orden 4	Caño Pescado	1,67	1669,39	0,1658	165,80	0,08	82,90	0,08	82,90
Microcuenca de orden 4	Caño Carbón	0,50	498,87	0,0495	49,55	0,02	24,77	0,02	24,77
Microcuenca de orden 4	Caño Colorado	0,27	268,24	0,0271	27,14	0,01	13,57	0,01	13,57
Microcuenca de orden 4	Caño NN2	0,18	183,17	0,0165	16,53	0,01	8,26	0,01	8,26
Microcuenca de orden 4	Caño Tolima	0,25	250,72	0,0226	22,62	0,01	11,31	0,01	11,31
Microcuenca de orden 6	Quebrada Blanca	0,30	296,08	0,0208	20,76	0,01	10,38	0,01	10,38
Microcuenca de orden 5	Caño La Unión	1,12	1120,42	0,0906	90,64	0,05	45,32	0,05	45,32
Microcuenca de orden 6	Caño Blanco	0,27	266,74	0,0216	21,58	0,01	10,79	0,01	10,79
Microcuenca de orden 5	Caño Corcovada	0,57	565,38	0,0466	46,56	0,02	23,28	0,02	23,28
Microcuenca de orden 4	Caño La Candelaria	0,43	434,05	0,0357	35,75	0,02	17,87	0,02	17,87
Sub-zona hidrográfica	Río Negro	41,67	41670,00	3,8	3820,00	1,91	1910,00	1,91	1910,00
Microcuenca de orden 4	Río Negrito	0,26	259,20	0,0206	20,61	0,01	10,30	0,01	10,30
Sub-zona hidrográfica	Río Guayuriba	156,92	156918,18	51,5	51458,22	25,73	25729,11	25,73	25729,1
Microcuenca de orden 5	Caño Hondo	2,66	2663,97	0,1714	171,40	0,09	85,70	0,09	85,70
Microcuenca de orden 6	Caño Palmaquemada	0,55	548,36	0,0353	35,28	0,02	17,64	0,02	17,64
Microcuenca de orden 5	Caño Chocho	1,30	1298,07	0,0835	83,52	0,04	41,76	0,04	41,76
Microcuenca de orden 5	Caño La Vaina	0,39	391,99	0,0252	25,22	0,01	12,61	0,01	12,61
Microcuenca de orden 4	Río Acacias	56,74	56740,00	4,0	3950,00	1,98	1975,00	1,98	1975,00
Microcuenca de orden 5	Caño La Esmeralda	0,93	926,07	0,0596	59,58	0,03	29,79	0,03	29,79
Microcuenca de orden 6	Caño Lejía	0,48	481,24	0,0310	30,96	0,02	15,48	0,02	15,48
Microcuenca de orden 5	Caño Unión	4,44	4438,29	0,2856	285,56	0,14	142,78	0,14	142,78
Microcuenca de orden 7	Caño Los Laureles	0,23	229,20	0,0147	14,75	0,01	7,37	0,01	7,37
Microcuenca de orden 6	Caño Siete Vueltas	1,20	1199,54	0,0772	77,18	0,04	38,59	0,04	38,59
Microcuenca de orden 6	Caño San Francisco	0,62	622,75	0,0749	74,87	0,04	37,43	0,04	37,43
Microcuenca de orden 5	Río Orotoy	8,67	8666,13	3,3409	3340,91	1,67	1670,46	1,67	1670,46

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

En este sentido, se evaluaron algunos factores propios de las dinámicas socioeconómicas y ambientales del área de estudio, como se presenta a continuación y con el objeto de establecer la demanda en cada unidad hidrográfica y que servirá de insumo para el cálculo del índice de escasez y la zonificación de manejo ambiental:

#### - Uso humano y domestico

El uso para consumo humano y doméstico está dado por las captaciones existentes sobre las diversas fuentes hídricas a través de acueductos veredales y sistemas de captaciones realizados mediante nacedero, aljibes o pozos profundos por los predios existentes que no cuentan con conexión al sistema de acueducto veredal o no poseen dicho servicio. Dentro de las actividades de consumo humano y doméstico se encuentran la bebida directa, preparación de alimentos, higiene personal, necesidades fisiológicas, lavado de ropa, limpieza de materiales o utensilios, entre otras. En la **Tabla 3.2-99** se presentan la demanda de agua para uso humano y domestico por cada corriente hídrica intersectada por la línea eléctrica, con la información emitida por la corporación autónoma regional.

**Tabla 3.2-99 Demanda hídrica total por uso humano y doméstico en las unidades hidrográficas dentro del área del proyecto**

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	USUARIO	RESOLUCIÓN	DOMÉSTICO L/s	TOTAL DOMESTICA L/s
Microcuenca de orden 4	Quebrada Servitara	Javier Gutiérrez	26.07.0857	0,5	1,56
		INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A. E.S.P. ISA E.S.P.	PS-GJ 1.2.6.13.2107	0,06	
		Odalinda Ormilda del Río Franco	2.6.08.1143	1	
Microcuenca de orden 4	Quebrada Negra	J.A.C. VEREDA BUENAVISTA - JULIO DANIEL QUEVEDO	PS-GJ 1.2.6.12.0640	3	3
Microcuenca de orden 6	Quebrada Blanca	EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE VILLAVICENCIO ESP	PM-GA 3.44.10.2444	100,5	100,5
Microcuenca de orden 5	Caño La Unión	ASOCIACIÓN DE AMIGOS DEL ACUEDUCTO VEREDA LAS MERCEDES	PS-GJ 1.2.6.013.1907	3,35	3,35
Microcuenca de orden 6	Caño Blanco	E.A.A.V. E.S.P.	PS-GJ 1.2.6.12.0641	43	43,5
		DEPARTAMENTO DEL META	PS-GJ 1.2.6.11.0919	0,5	
Microcuenca de orden 4	Caño La Candelaria	J.A.C. LA CONCEPCIÓN CORREGIMIENTO UNO	PS-GJ 1.2.6.11.0978	4	4
Sub-zona hidrográfica	Rio Negro	DOMESTICO, PISCÍCOLA, AGRÍCOLA Y BOVINO	PS-GJ 1.2.6.011.1702	2,7	27,19
		DOMESTICO E INDUSTRIAL	PM-GA 3.44.011.311	6	
		CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO	PS-GO 1.2.6.15.1461	18,49	

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	USUARIO	RESOLUCIÓN	DOMÉSTICO L/s	TOTAL DOMESTICA L/s
Microcuenca de orden 4	Rio Negrito	Hernán Vargas Agudelo / Predio La Cristalina	2.6.08.0129	1	1,42
		HERNÁN VARGAS AGUDELO	PS-GJ 1.2.6.14.0291	0,42	
Sub-zona hidrográfica	Rio Guayuriba	EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ACACIAS ESPA S.A E.S.P	PS-GJ 1.2.6.15.0498	22,3	36,73
		Asociación de Usuarios del Acueducto de las Veredas Unidas de Acacias (Arvudea)	2.6.09.1112	12	
Sub-zona hidrográfica	Rio Guayuriba	ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DE LAS VEREDAS UNIDAS DE ACACIAS ARVUDEA	PS-GJ 1.2.6.14.2193	0	
		Junta de Acción Comunal Brisas del Guayuriba - Guillermo Olaya Quintero	2.6.08.0040	0	
		GLORIA INÉS PARRADO RUIZ	PS-GJ 1.2.6.13.2105	1,91	
		Alain Cepeda Villamizar	1.2.6.09.2574	0,52	
		JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA PIPIRAL	PS-GJ 1.2.6.013.0657	0	
Microcuenca de orden 4	Rio Acacias	EL PALMAR DEL LLANO S.A.	PS-GJ 1.2.6.12.0055	0,17	94,17
		ACEITES MANUELITA S.A.	PS-GJ 1.2.6.012.2343	50	
		ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO REGIONAL DE SAN JOSÉ, RANCHO GRANDE, LA CECILITA, EL CENTRO, LOMA DE TIGRE, MONTEBELLO Y SAN ISIDRO DE CHICHIMENE (AQUA7)	PS-GJ 1.2.6.13.2345	13	
		MARCO FIDEL SANABRIA MORA	PS-GJ 1.2.6.013.1047	15	
		LEONOR ORTIZ OTALORA Y JORGE ENRIQUE MARTÍNEZ	PS-GJ 1.2.6.14.1471	6,2	
		LEONOR ORTIZ OTALORA Y JORGE ENRIQUE MARTÍNEZ	PS-GJ 1.2.6.14.1471	4	
		ACAMILLANO - MARIA LUISA PLAZAS BERMÚDEZ	PS-GJ 1.2.6.12.0817	3,3	
		CRISTÓBAL EFRAÍN MURILLO MURILLO	PS-GJ 1.2.6.012.2378	2,5	

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	USUARIO	RESOLUCIÓN	DOMÉSTICO L/s	TOTAL DOMESTICA L/s
Microcuenca de orden 6	Caño San Francisco	ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO RURAL LA UNIÓN LAS CAMELIAS DE LAS VEREDAS SANTA ROSA, EL TRIUNFO Y LA PRIMAVERA	PS-GJ 1.2.6.14.1230	4,1	4,1
Microcuenca de orden 5	Rio Orotoy	ECOPETROL S.A.	PS-GJ 1.2.6.13.2262	3	10
		ECOPETROL S.A.	PS-GJ 1.2.6.13.2262	7	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

### - Actividades agrícolas

La demanda de recursos hídricos para las actividades agrícolas se encuentra relacionada con los sistemas de riego necesarios para los cultivos que demandan una cantidad de dichos recursos y las actividades conexas o complementarias. En la zona de estudio se evidenció la presencia de cultivos de arroz, área de pastos, cultivos de palma y en menor escala cultivos de cítricos, maíz, frutales, plátano y yuca. En la **Tabla 3.2-100** se presenta el volumen o caudal existentes por corriente hídrica.

**Tabla 3.2-100 Demanda hídrica total para uso agrícola en las unidades hidrográficas dentro del área del proyecto**

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	USUARIO	RESOLUCIÓN	DOMÉSTICO L/s	TOTAL DOMESTICA L/s
Sub-zona hidrográfica	Rio Negro	Oscar Iván y Diana Gutiérrez Díaz	26.07.0477	160	1341,6
		JUNE EU - GUILLERMO CALDERÓN ESTRADA	PS-GJ 1.2.6.013.1049	170	
		OMAR ÁLVAREZ GUEVARA	PS-GJ 1.2.6.015.0608	1,2	
		OMAR ÁLVAREZ GUEVARA	PS-GJ 1.2.6.015.0608	0,6	
		OMAR ÁLVAREZ GUEVARA	PS-GJ 1.2.6.015.0608	0,6	
		OMAR ÁLVAREZ GUEVARA	PS-GJ 1.2.6.015.0608	1,2	
		Aura, Camilo, Laura y Jairo Melo	26.07.0990	140	
		Rosa Baracaldo	26.07.0638	266	
		ROSA BARACALDO DE CÁRDENAS	PS-GJ 1.2.6.013.0604	195	
		ARTURO TINJACA VELOZA	PM-GA 3.44.11.176	112	
		LUIS CARLOS POSSO QUINTERO	PS-GJ 1.2.6.11.0940	195	
		INVERSIONES BELORIZONTE LTDA.	PS-GJ 1.2.6.012.0379	60	



CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	USUARIO	RESOLUCIÓN	DOMÉSTICO L/s	TOTAL DOMESTICA L/s
Sub-zona hidrográfica	Rio Negro	INVERSIONES BELORIZONTE LTDA.	PS-GJ 1.2.6.012.0379	40	
		SOCIEDAD A. SIERRA CIA S. EN C.	PS-GJ 1.2.6.013.1043	150	
Microcuenca de orden 4	Rio Acacias	Palmeras del Llano S.A.	2.6.08.1002	250	1037,5
		Palmeras del Llano S.A.	2.6.08.1117	125	
		Palmeras del Llano S.A.	2.6.08.1003	250	
		Palmeras del Llano S.A.	2.6.08.1118	125	
		INVERSIONES SOL DEL LLANO S.A.	PS-GJ 1.2.6.014.1100	50	
		Palmeras del Llano S.A.	2.6.08.1013	225	
		LEONOR ORTIZ OTALORA Y JORGE ENRIQUE MARTÍNEZ	PS-GJ 1.2.6.14.1471	6,2	
		LEONOR ORTIZ OTALORA Y JORGE ENRIQUE MARTÍNEZ	PS-GJ 1.2.6.14.1471	4	
Microcuenca de orden 5	Rio Orotoy	ALIANZA ORIENTAL S.A.	PS-GJ 1.2.6.11.1241	2,3	490,5
		BLANCA ALICIA PALACIOS MARTÍNEZ	PS-GJ 1.2.6.11.1617	25,5	
		JOSÉ SERAFÍN VANEGAS OLAYA	PS-GJ 1.2.6.11.1624	150	
		DORA MIRIAM REY ROMERO, GLORIA REY ROMERO, TERESA DE JESÚS REY ROMERO Y CARMENZA REY ROMERO	PS-GJ 1.2.6.13.2109	100	
		PALMERAS LA CAROLINA	PS-GJ 1.2.6.11.1232	60	
		MARIA HELENA MARTÍNEZ DE PARRA	PS-GJ 1.2.6.011.1000	105	
		Palmeras del Llano S.A.	1.2.6.09.2228	50	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

#### - Actividades pecuarias

La demanda de recursos hídricos para pesca y acuicultura se encuentra relacionadas con las actividades de reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas. En el área de influencia del proyecto se desarrolla principalmente la actividad piscícola, según los datos presentados en el acuerdo regional de competitividad de la cadena piscícola en el departamento del Meta en el municipio de Villavicencio existen 970.000 m<sup>2</sup> destinados a actividades piscícolas, mientras en Acacias y Castilla La Nueva existen 190.000 m<sup>2</sup> y 641.000 m<sup>2</sup> respectivamente. La producción piscícola se realiza principalmente en las veredas La Cumbre, El Resguardo, La Esmeralda, Las Mercedes y Betania, la cual cuenta con 77 estanques, con un espejo de agua total de 98.600 m<sup>2</sup>, en los cuales se produce mojarra roja, cachama y tilapia. En la **Tabla 3.2-101** se presenta el volumen o caudal existentes por corriente hídrica.

**Tabla 3.2-101 Demanda hídrica total para uso pecuario en las unidades hidrográficas del área del proyecto**

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	USUARIO	RESOLUCIÓN	DOMÉSTICO L/s	TOTAL DOMESTICA L/s
Microcuenca de orden 5	Caño La Unión	LILIA PARRADO DE TORO	PS-GJ 1.2.6.011.1716	112	499
		LILIA PARRADO DE TORO	PS-GJ 1.2.6.015.1860	387	
Sub-zona hidrográfica	Rio Negro	EDUARDO ANTONIO NUMA MENA	PS-GJ 1.2.6.011.1702	2,7	2,7
Microcuenca de orden 4	Rio Negrito	IMER PERDOMO GUTIÉRREZ	PS-GJ 1.2.6.14.0288	3,2	3,2
Sub-zona hidrográfica	Rio Guayuriba	Palmeras El Morichal Ltda.	1.2.6.09.0943	300	413,11
		SOCIEDAD ACAJURE S.A. EN LIQUIDACIÓN	PM-GA 3.44.10.2616	86,4	
		Fanny Saavedra	26.07.0527	12,1	
		Asociación de Usuarios del Acueducto de las Veredas Unidas de Acacias (Arvudea)	2.6.09.1112	12	
		GLORIA INÉS PARRADO RUIZ	PS-GJ 1.2.6.13.2105	1,91	
		POLLO OLÍMPICO S.A	PS-GJ 1.2.6.15.0495	0,7	
Microcuenca de orden 5	Caño Chocho	Hebert Antonio Montenegro	26.07.086	9	13
		HELBERT ANTONIO MONTENEGRO	PS-GJ 1.2.6.15.1104	4	
Microcuenca de orden 4	Rio Acacias	GLADIS ORTIZ MESA, DAGOBERTO ORTIZ MESA, ELIZABETH ORTIZ MESA	2.6.08.0396	0,021	50,321
		GUILLERMO BARRERO FORERO	PS-GJ 1.2.6.011.1323	6	
		GUILLERMO BARRERO FORERO	PS-GJ 1.2.6.12.0582	11	
		LEONOR ORTIZ OTALORA Y JORGE ENRIQUE MARTÍNEZ	PS-GJ 1.2.6.12.0582	6,2	
		GUILLERMO BARRERO FORERO	PS-GJ 1.2.6.14.1471	2	
		GUILLERMO BARRERO FORERO	PS-GJ 1.2.6.12.0582	13	
		GABRIEL PEDRAZA DÍAZ	PS-GJ 1.2.6.12.0582	1,1	
		LEONOR ORTIZ OTALORA Y JORGE ENRIQUE MARTÍNEZ	PS-GJ 1.2.6.012.2722	4	
		Lida Rocío López Ospina	PS-GJ 1.2.6.14.1471	1	
		Lida Rocío López Ospina	26.07.0523	6	
Microcuenca de orden 6	Caño Lejía	MARIA VICTORIA SUAREZ ECHEVERRY	PS-GJ 1.2.6.013.1545	10	10

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	USUARIO	RESOLUCIÓN	DOMÉSTICO L/s	TOTAL DOMESTICA L/s
Microcuenca de orden 5	Caño Unión	Campo Ignacio Toro	26.07.0659	48	194
		WILLIAM TORO PARRADO, HERNÁN TORO PARRADO, MILENA TORO PARRADO Y LILIA PARRADO DE TORO	PS-GJ 1.2.6.12.0792	98	
		LUZ MARINA MÁRQUEZ ESCOBAR	PM-GA 3.44.10.2487	48	
Microcuenca de orden 5	Río Orotoy	SOCIEDAD UNIÓN RB S.A.S	PS-GJ 1.2.6.15.1241	2,34	16,34
		Pedro José Parra Torres	1.2.6.09.3150	14	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

### - Actividades industriales

El uso industrial se encuentra relacionado principalmente con las actividades mineras de extracción de material de arrastre del cauce del Río Guayuriba y del Río Ocoa. Específicamente gravas y arenas, las cuales en algunos casos son trituradas; Igualmente se presenta una explotación sobre el Río Negro. Adicionalmente, también se presenta consumo de agua para actividades del sector de hidrocarburos en el área de estudio.

Puntualmente, en la vereda Brisas del Guayuriba se presenta extracción de material de arrastre del Río Guayuriba, generando desvío del cauce e inundaciones en las áreas cercanas. De acuerdo con lo expuesto en el POMCH del Río Guayuriba para el año 2008, en la cuenca del Río Guayuriba existían 14 explotaciones mineras con licencia ambiental aprobada. Igualmente, en el área de estudio existe minería de hecho sobre el Caño Grande y Caño La Unión, generando conflictos socio-ambientales producto de las actividades de extracción de material de arrastre.

De otro lado, la utilización del recurso hídrico, por parte de la infraestructura petrolera, se relaciona con los requerimientos necesarios para la perforación de pozos, pruebas hidrostáticas y consumo doméstico, para lo cual se han utilizado los drenajes superficiales cercanos a los proyectos existentes. En la **Tabla 3.2-102** se presenta el volumen o caudal existentes por corriente hídrica.

**Tabla 3.2-102 Demanda hídrica total para uso industrial en las unidades hidrográficas del área del proyecto**

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	USUARIO	RESOLUCIÓN	DOMÉSTICO L/s	TOTAL DOMESTICA L/s
Microcuenca de orden 6	Quebrada Blanca	ECOPETROL S.A. - TERMOELÉCTRICA OCOA, SAN LUIS DE OCOA, PUESTO DE CONTROL DEL EJERCITO	PS-GJ 1.2.6.14.1174	2,5	2,5
Sub-zona hidrográfica	Río Negro	INSTITUTO DE DESARROLLO DEL META I.D.M.	PS-GJ 1.2.6.013.1028	1	17,52

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	USUARIO	RESOLUCIÓN	DOMÉSTICO L/s	TOTAL DOMESTICA L/s
Sub-zona hidrográfica	Rio Negro	CONSORCIO MURMEY - JOSÉ EFRAÍN TORRES OTAVO	PS-GJ 1.2.6.012.0029	0,5	
		CONSORCIO MURMEY - JOSÉ EFRAÍN TORRES OTAVO	PS-GJ 1.2.6.012.0028	0,5	
		COMERCIALIZADORA TRANSPORTES Y ALQUILER S.A.S	PS-GJ 1.2.6.15.1570	1,02	
		CONSORCIO MURMEY - JOSÉ EFRAÍN TORRES OTAVO	PS-GJ 1.2.6.012.0027	0,5	
		CONSORCIO MURMEY - JOSÉ EFRAÍN TORRES OTAVO	PS-GJ 1.2.6.012.0026	0,5	
		CONSORCIO MURMEY - JOSÉ EFRAÍN TORRES OTAVO	PS-GJ 1.2.6.012.0025	0,5	
		INSTITUTO DE DESARROLLO DEL META I.D.M.	PS-GJ 1.2.6.013.1543	1	
		ECOPETROL	PS-GJ 1.2.6.15.1036	6	
		ECOPETROL S.A.	PM-GA 3.44.011.311	6	
Sub-zona hidrográfica	Rio Guayuriba	INSTITUTO DE DESARROLLO DEL META I.D.M.	PS-GJ 1.2.6.013.1542	2	3
		INSTITUTO DE DESARROLLO DEL META I.D.M.	PS-GJ 1.2.6.013.1012	1	
Microcuenca de orden 4	Rio Acacias	ACEITES MANUELITA S.A.	PS-GJ 1.2.6.012.2343	50	80,67
		Palmeras del Llano S.A.	2.6.09.0363	6	
		Palmeras del Llano S.A.	1.2.6.09.2935	8	
		PALMERAS DEL LLANO S.A	PS-GJ 1.2.6.015.1556	16,67	
Microcuenca de orden 5	Rio Orotoy	ECOPETROL S.A.	PS-GJ 1.2.6.13.2262	3	10
		ECOPETROL S.A.	PS-GJ 1.2.6.13.2262	7	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Demanda hídrica total**

A partir de las anteriores estimaciones, en la **Tabla 3.2-103** se indica los resultados obtenidos para demanda hídrica por cada unidad hidrográfica dentro del área de estudio:

**Tabla 3.2-103 Demanda hídrica total, acumulada en las unidades hidrográficas dentro del área del proyecto**

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE HÍDRICA	Q. Usos y usuarios identificados				
		Doméstico	Pecuario	Agrícola	Industrial	Total
		L/s	L/s	L/s	L/s	L/s
Microcuenca de orden 4	Quebrada Servita	1,560	0,000	0,000	0,000	1,560
Microcuenca de orden 4	Quebrada Negra	3,000	0,000	0,000	0,000	3,000
Microcuenca de orden 6	Caño Vega Grande	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 4	Caño Pescado	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 4	Caño Carbón	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 4	Caño Colorado	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 4	Caño NN2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 4	Caño Tolima	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 6	Quebrada Blanca	100,500	0,000	0,000	25,000	130,00
Microcuenca de orden 5	Caño La Unión	3,35	0,000	0,000	0,000	3,35
Microcuenca de orden 6	Caño Blanco	4,8	0,000	0,000	0,000	4,8
Microcuenca de orden 5	Caño Corcovada	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 4	Caño La Candelaria	4,000	0,000	0,000	0,000	4,000
Sub-zona hidrográfica	Río Negro	27,190	1341,600	2,700	17,520	1389,010
Microcuenca de orden 4	Río Negrito	1,420	0,000	3,200	0,000	4,620
Sub-zona hidrográfica	Río Guayuriba	36,730	0,000	413,110	3,000	452,840
Microcuenca de orden 5	Caño Hondo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 6	Caño Palmaquemada	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 5	Caño Chocho	0,000	0,000	13,000	0,000	13,000
Microcuenca de orden 5	Caño La Vaina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 4	Río Acacias	94,170	1037,500	50,321	80,670	1262,661
Microcuenca de orden 5	Caño La Esmeralda	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 6	Caño Lejía	0,000	0,000	10,000	0,000	10,000
Microcuenca de orden 5	Caño Unión	0,000	0,000	194,00	0,00	194,000
Microcuenca de orden 7	Caño Los Laureles	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 6	Caño Siete Vueltas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Microcuenca de orden 6	Caño San Francisco	4,100	0,000	0,000	0,000	4,100
Microcuenca de orden 5	Río Orotoy	10,000	490,500	16,340	10,000	526,840

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Índice de escasez**

De acuerdo a los resultados obtenidos en relación a la oferta y demanda del recurso y teniendo en cuenta la clasificación hidrografía para el área de estudio se indican los resultados obtenidos para cada una de las unidades hidrográficas de interés (**Tabla 3.2-104** y **Tabla 3.2-105**).

**Tabla 3.2-104 Valoración de los índices de escasez**

RANGOS DE CALIFICACIÓN ÍNDICE DE ESCASEZ		
CATEGORÍA	RANGO (%)	EXPLICACIÓN
Alto	> 50	Demanda Alta
Medio alto	21-50	Demanda Apreciable
Medio	11-20	Demanda Baja
Mínimo	1-10	Demanda muy baja
No significativo	<1	Demanda no significativa

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 3.2-105 Índice de escasez para cada unidad hidrográfica dentro del área del proyecto

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE	Q medio mensual multianual		Q medio mensual mínimo multianual		Reducciones (Q Ecológico + Calidad agua)		Q. DISPONIBLE		DEMANDA HÍDRICA TOTAL	% Aprovechamiento del recurso por el proyecto	CALIFICACIÓN
		m³/s	L/s	m³/s	L/s	m³/s	L/s	m³/s	L/s			
Microcuenca de orden 4	Quebrada Servita	0,27	266,75	0,026	26	0,013	13,00	0,013	13,00	1,56	12,00%	Demanda baja
Microcuenca de orden 4	Quebrada Negra	0,1	100,75	0,0091	9,09	0,005	4,55	0,005	4,55	3	65,93%	Demanda alta
Microcuenca de orden 6	Caño Vega Grande	0,17	167,34	0,0169	16,93	0,008	8,45	0,008	8,45	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 4	Caño Pescado	1,67	1669,39	0,1658	165,8	0,083	82,90	0,083	82,90	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 4	Caño Carbón	0,5	498,87	0,0495	49,55	0,025	24,75	0,025	24,75	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 4	Caño Colorado	0,27	268,24	0,0271	27,14	0,014	13,55	0,014	13,55	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 4	Caño NN2	0,18	183,17	0,0165	16,53	0,008	8,25	0,008	8,25	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 4	Caño Tolima	0,25	250,72	0,0226	22,62	0,011	11,30	0,011	11,30	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 6	Quebrada Blanca	0,3	296,08	0,0208	20,76	0,150	150,00	0,150	150,00	125,5	83,67%	Demanda alta
Microcuenca de orden 5	Caño La Unión	1,12	1120,42	0,0906	90,64	0,045	45,30	0,045	45,30	3,35	7,40%	Demanda muy baja
Microcuenca de orden 6	Caño Blanco	0,27	266,74	0,0216	21,58	0,011	10,80	0,011	10,80	4,8	44,44%	Demanda apreciable
Microcuenca de orden 5	Caño Corcovada	0,57	565,38	0,0466	46,56	0,023	23,30	0,023	23,30	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 4	Caño La Candelaria	0,43	434,05	0,0357	35,75	0,018	17,85	0,018	17,85	4	22,41%	Demanda apreciable
Sub-zona hidrográfica	Río Negro	41,67	41670	3,8	3820	1,900	1.900,00	1,900	1.900,00	1389,01	73,11%	Demanda alta
Microcuenca de orden 4	Río Negrito	0,26	259,2	0,0206	20,61	0,010	10,30	0,010	10,30	4,62	44,85%	Demanda apreciable
Sub-zona hidrográfica	Río Guayuriba	156,92	156918,18	51,5	51458,22	25,750	25.750,00	25,750	25.750,00	452,84	1,76%	Demanda muy baja
Microcuenca de orden 5	Caño Hondo	2,66	2663,97	0,1714	171,4	0,086	85,70	0,086	85,70	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 6	Caño Palmaquemada	0,55	548,36	0,0353	35,28	0,018	17,65	0,018	17,65	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 5	Caño Chocho	1,3	1298,07	0,0835	83,52	0,042	41,75	0,042	41,75	13	31,14%	Demanda apreciable
Microcuenca de orden 5	Caño La Vaina	0,39	391,99	0,0252	25,22	0,013	12,60	0,013	12,60	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 4	Río Acacias	56,74	56740	4	3950	28,370	28.370,00	28,370	28.370,00	1262,661	4,45%	Demanda muy baja
Microcuenca de orden 5	Caño La Esmeralda	0,93	926,07	0,0596	59,58	0,030	29,80	0,030	29,80	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 6	Caño Lejía	0,48	481,24	0,031	30,96	0,016	15,50	0,016	15,50	10	64,52%	Demanda alta
Microcuenca de orden 5	Caño Unión	4,44	4438,29	0,2856	285,56	2,220	2.220,00	2,220	2.220,00	489	22,03%	Demanda apreciable
Microcuenca de orden 7	Caño Los Laureles	0,23	229,2	0,0147	14,75	0,007	7,35	0,007	7,35	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 6	Caño Siete Vueltas	1,2	1199,54	0,0772	77,18	0,039	38,60	0,039	38,60	0	0,00%	Demanda no significativa
Microcuenca de orden 6	Caño San Francisco	0,62	622,75	0,0749	74,87	0,037	37,45	0,037	37,45	4,1	10,95%	Demanda baja
Microcuenca de orden 5	Río Orotoy	8,67	8666,13	3,3409	3340,91	1,670	1.670,45	1,670	1.670,45	526,84	31,54%	Demanda apreciable

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

### 3.2.4.6 Análisis de la dinámica fluvial del Guayuriba

#### 3.2.4.6.1 *Modelo de cimentación del sector del cruce*

La cuenca del río Guayuriba discurre sobre un valle intramontano asociado al remonte tectónico de la cordillera oriental, de compleja conformación litoestratigráfica y marcado control estructural, con presencia de gran variedad de materiales diferenciables por sus comportamientos geomecánicos y susceptibilidad ante los procesos erosivos, generando gran cantidad de aporte de sedimentos en una cuenca cerrada con morfología en V.

Estas condiciones propician una descarga constante de sedimentos en un ambiente torrencial, que se disipa al entrar en contacto con las planicies de sedimentación activa de los llanos orientales, depositando secuencias sucesivas de pulsos de flujos que se sobremontan entre ellos en un abanico aluvial, que a su vez sobre-excavan y retrabajan materiales en búsqueda de lechos rocosos, profundizándose y desplazándose hacia los costados, como parte de la dinámica fluvial que le indica su mismo caudal.

En un proceso de avulsión, dicha dinámica propicia la migración sistemática lateral de los canales, en el que el lecho ordinario del río Guayuriba va descargando materiales con granulometrías de bloques y clastos en una matriz de grava gruesa, que hacia los costados, en lechos de flujos menores y en canales donde han disminuido la cantidad de flujo, van gradando en granulometría a gravas y arenas gruesas a medias, y para canales antiguos ya abortados y aislados se depositan materiales cada vez más finos.

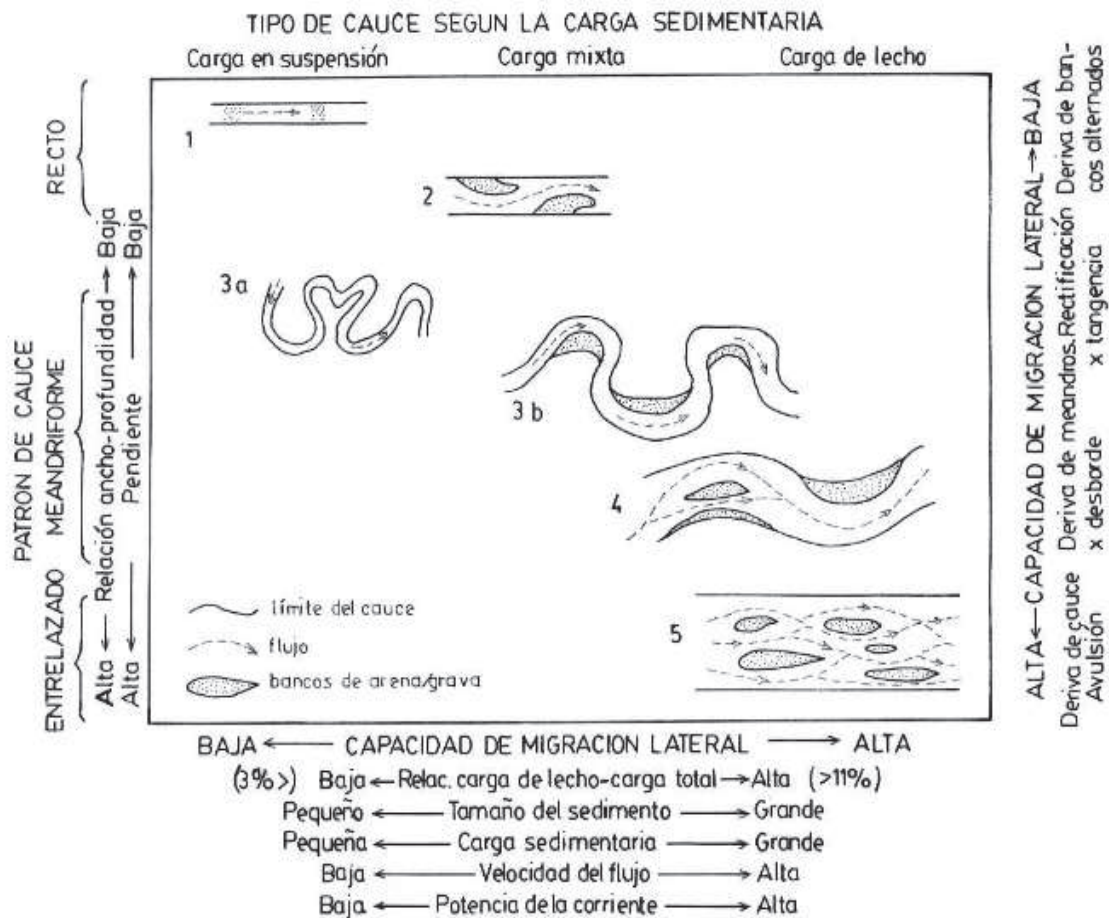
De esta depositación diferencial, el perfil estratigráfico que se evidencia en los taludes de las terrazas se caracterizan por una gradación con predominancia de sedimentos de granulometrías gruesas a la base, que van disminuyendo con respecto a la energía de depositación y capacidad de carga de cada flujo, pasando a granulometrías medias, caracterizadas como areno limosos a limo arenosos en los que se identifican secuencias con estratificación cruzada, propias de flujos meandriformes, y niveles lodosos asociados a sectores de baja a nula energía con presencia de sedimentos precipitados al lecho del antiguo canal por decantación.

A partir de estos materiales localizados al techo de la secuencia se han desarrollado suelos residuales propios de ambientes fluviales que favorecen la generación de una leve cobertura vegetal que dan indicativos de la incidencia reciente de los flujos en ese sector.

Según la Clasificación de Cauces Aluviales (Schumm 1981), el sector donde se desarrolla la línea de transmisión se clasifica como Tipo 4 o 5, con un patrón de Cauce Meandriforme a entrelazado, con una relación Ancho/ profundidad alta, pendiente media, alta capacidad de migración lateral, con procesos de deriva de cauce por avulsión y desborde, con carga sedimentaria grande, velocidad de flujo alta y potencia de corriente alta (**Imagen 3.2-55**).

Esta secuencia de sedimentación conforma bancos que constantemente son remodelados según la depositación diferencial de los materiales, en función de la capacidad de arrastre del cauce sobre esa línea de flujo, y la densidad y granulometría de los sedimentos, generando procesos secuenciales de depositación y denudación.

Imagen 3.2-55 Clasificación de los cauces aluviales (Schumm 1981)



El mecanismo de erosión de las márgenes se genera de forma más acentuada sobre la margen cóncava de cauce, es decir, la parte externa de las curvas más marcadas, desarrollando procesos repetitivos de fricción del flujo, generando un esfuerzo cortante recostado sobre los laterales de las canales, favoreciendo el cizallamiento a la base de la secuencia y consecuente falla geotécnica de las bancas por volteo.

La degradación y desprendimiento sobre las márgenes de la banca en el río Guayuriba, se desarrolla cuando el material que conforma las terrazas antiguas y recientes, es afectado por la erosión y acreción al ser arrastrados por el flujo, y las tasas con que se genera se asocian a la interacción de una gran cantidad procesos hidráulicos, hidrológicos, hidrogeológicos y geomecánicos que controlan las condiciones geotécnicas del material como la cohesión, resistencia pico y presiones piezométricas actuantes sobre el depósito.



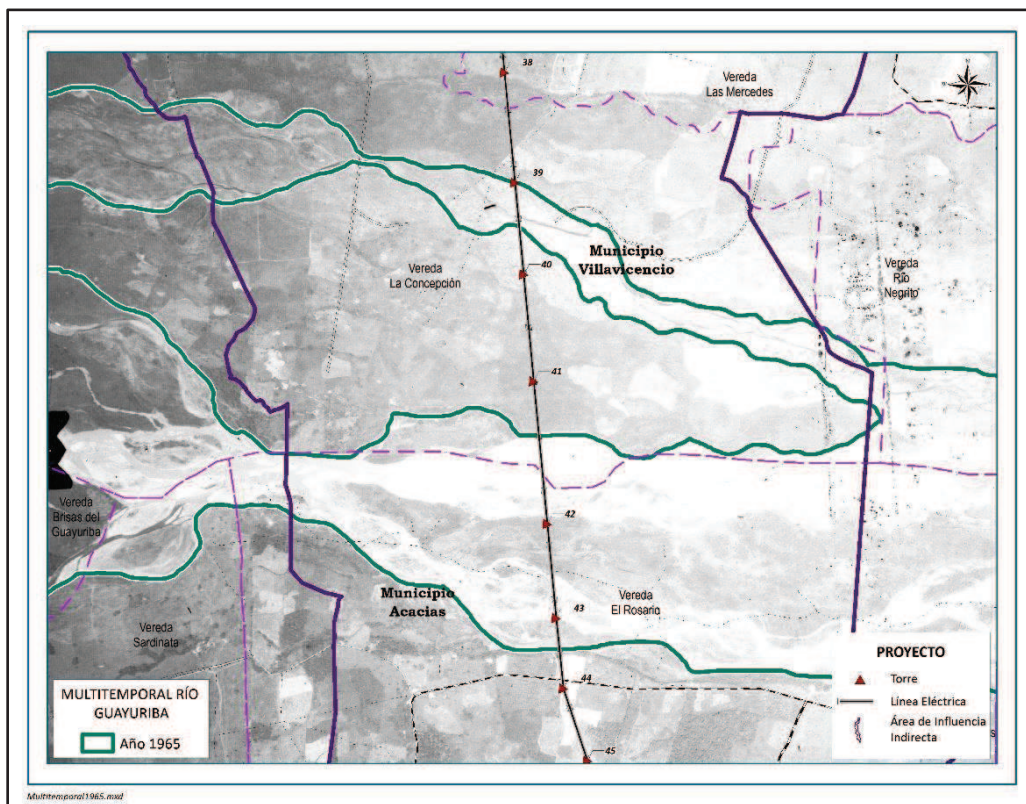
### 3.2.4.6.2 Análisis multitemporal regional

Para el análisis y evaluación integral regional, se ha contado con fotografías aéreas e imágenes de satélite desde el año 1965 hasta el año 2015. Para el año 1965 se utilizó la línea vuelo C-1155 a escala 1:35300 (Fotografías 049, 050 y 051), para el año 1976 se empleó la línea de vuelo C-1674 a escala de trabajo 1:29150 (fotografías 102, 103 y 104), para el año 1989 se encontró la línea de vuelo C-2370 a escala 1:33000 (fotografías 029, 030 y 031), finalmente para el año 2015 se utilizó un mosaico de imágenes Pleiades con resolución radiométrica de 8 bits, resolución espectral 5 bandas (azul, verde, rojo, red edge e infrarrojo cercano) y resolución espacial de 50 cm.

A continuación, se hará una breve descripción del comportamiento del río durante cada uno de los años antes mencionados:

Para el año 1965 el río Guayuriba presentaba una canal principal de aproximadamente 880 metros en el sitio de cruce y un brazo o drenaje secundario que desemboca en el canal principal en dirección aguas abajo unos kilómetros más adelante, el canal en mención presenta un flujo continuo. Hacia el centro del canal principal se observa una isla aparentemente estable (**Imagen 3.2-56**).

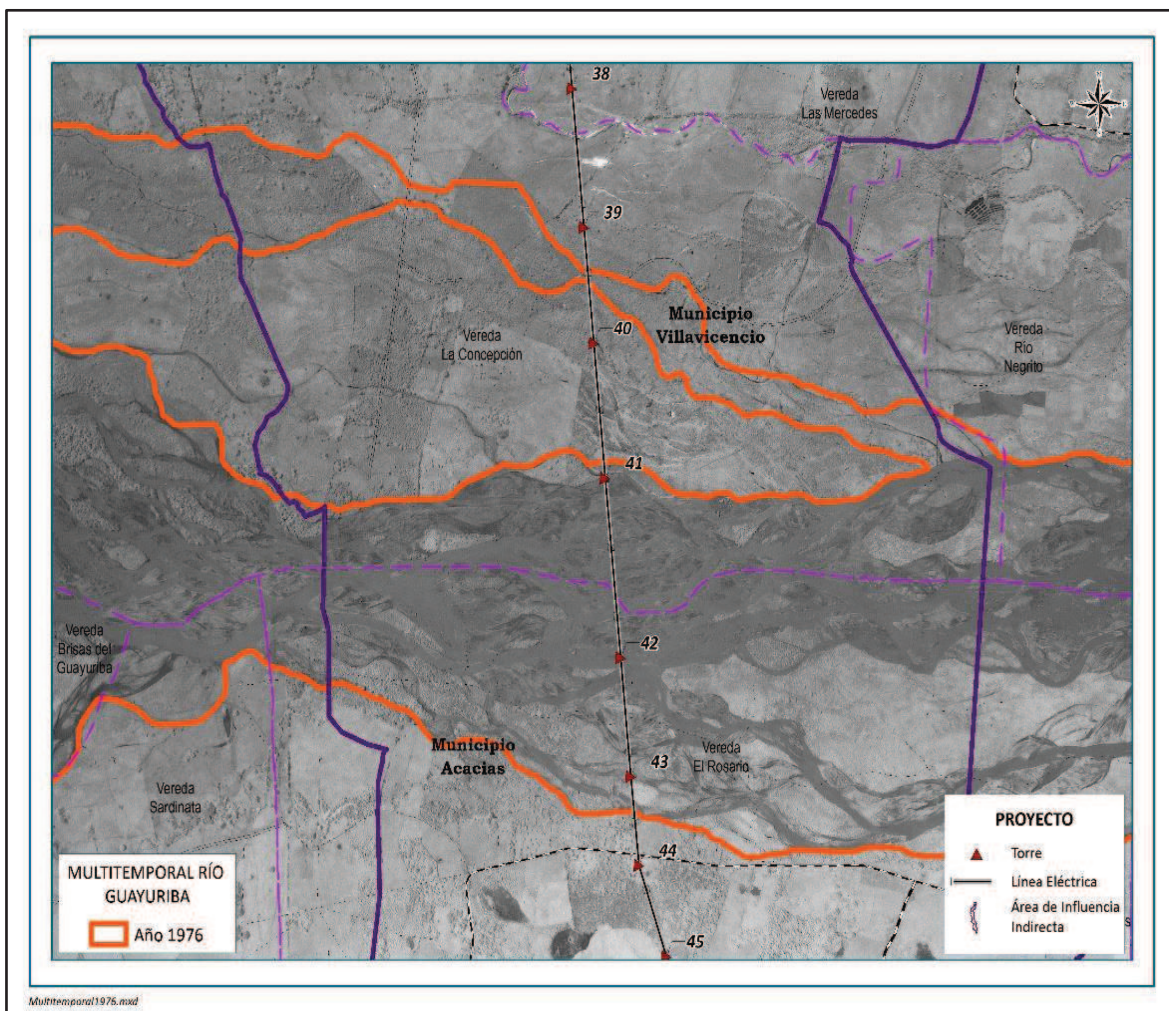
**Imagen 3.2-56** Detalle del cauce del río Guayuriba en el año 1965 (línea vuelo C 1155 a escala 1:35300 (Fotografía 050))



Fuente: IGAC.

Para el año 1976 el río Guayuriba presentaba una canal principal de aproximadamente 1300 metros en el sitio de cruce y un brazo o drenaje secundario abandonado que se conecta con el canal principal en dirección aguas abajo unos kilómetros más adelante, este canal en mención no presenta un flujo de agua. Hacia el centro del canal principal ya no se observa la isla que en el año 1965 parecía aparentemente estable. Entre el año 1965 y el año 1976 el ancho del canal del cauce se amplió en 400 metros aproximadamente (Imagen 3.2-57).

**Imagen 3.2-57** Detalle del cauce del río Guayuriba en el año 1976 (Línea de vuelo C-1674 a escala de trabajo 1:29150 (fotografía 103)).

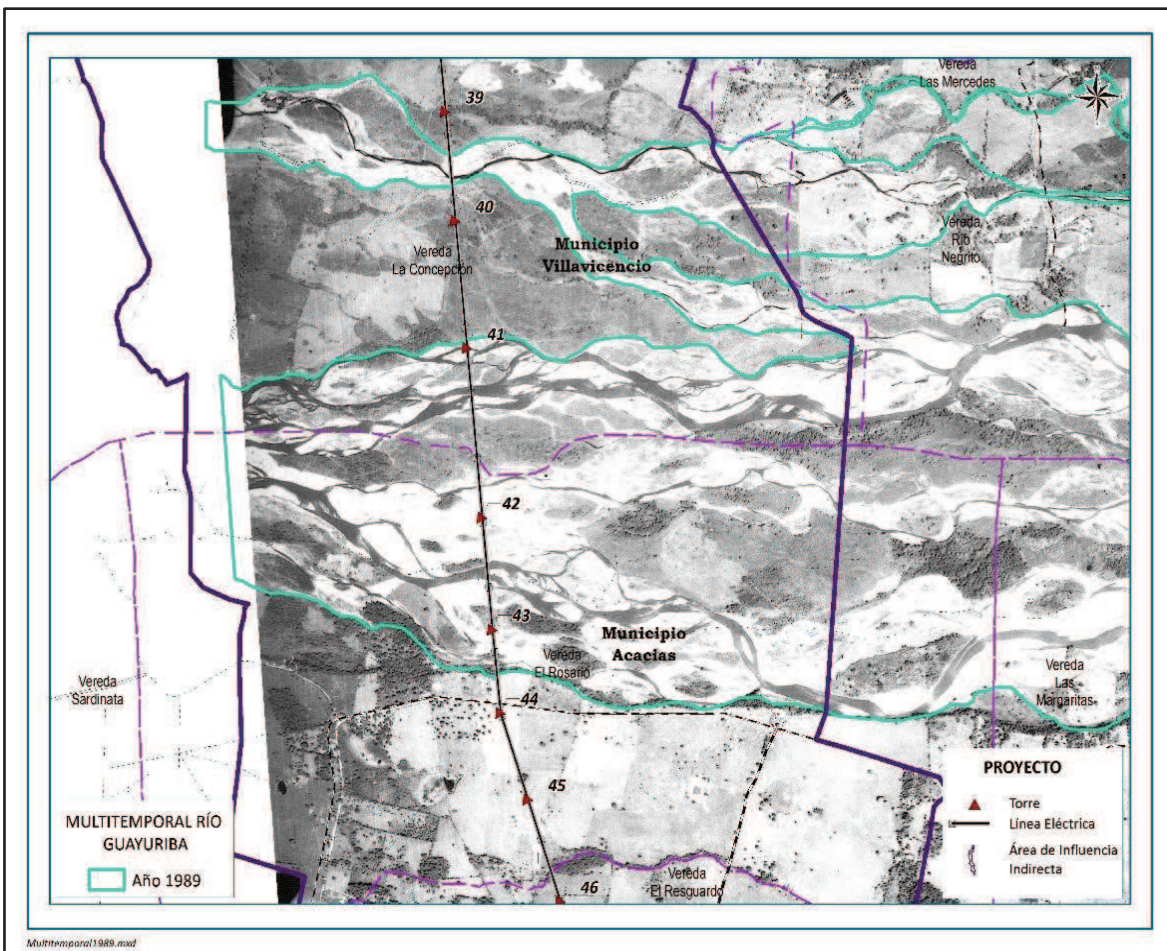


Fuente: IGAC.

Para el año 1989 el río en mención presentaba una canal principal de aproximadamente 1200 metros en el sitio de cruce y un brazo o drenaje secundario nuevamente activo y que presenta la bifurcación de su cauce en dirección aguas abajo. Hacia el centro del canal principal nuevamente se observa la formación de islas aparentemente estable con

vegetación. El canal principal entre el año 1976 y el año 1989 aparentemente permaneció estable y se amplió unos cuantos metros hacia la margen izquierda (**Imagen 3.2-58**).

**Imagen 3.2-58** Detalle del cauce del río Guayuriba en el año 1989 (la línea de vuelo C-2370 a escala 1:33000 (fotografía 030)).

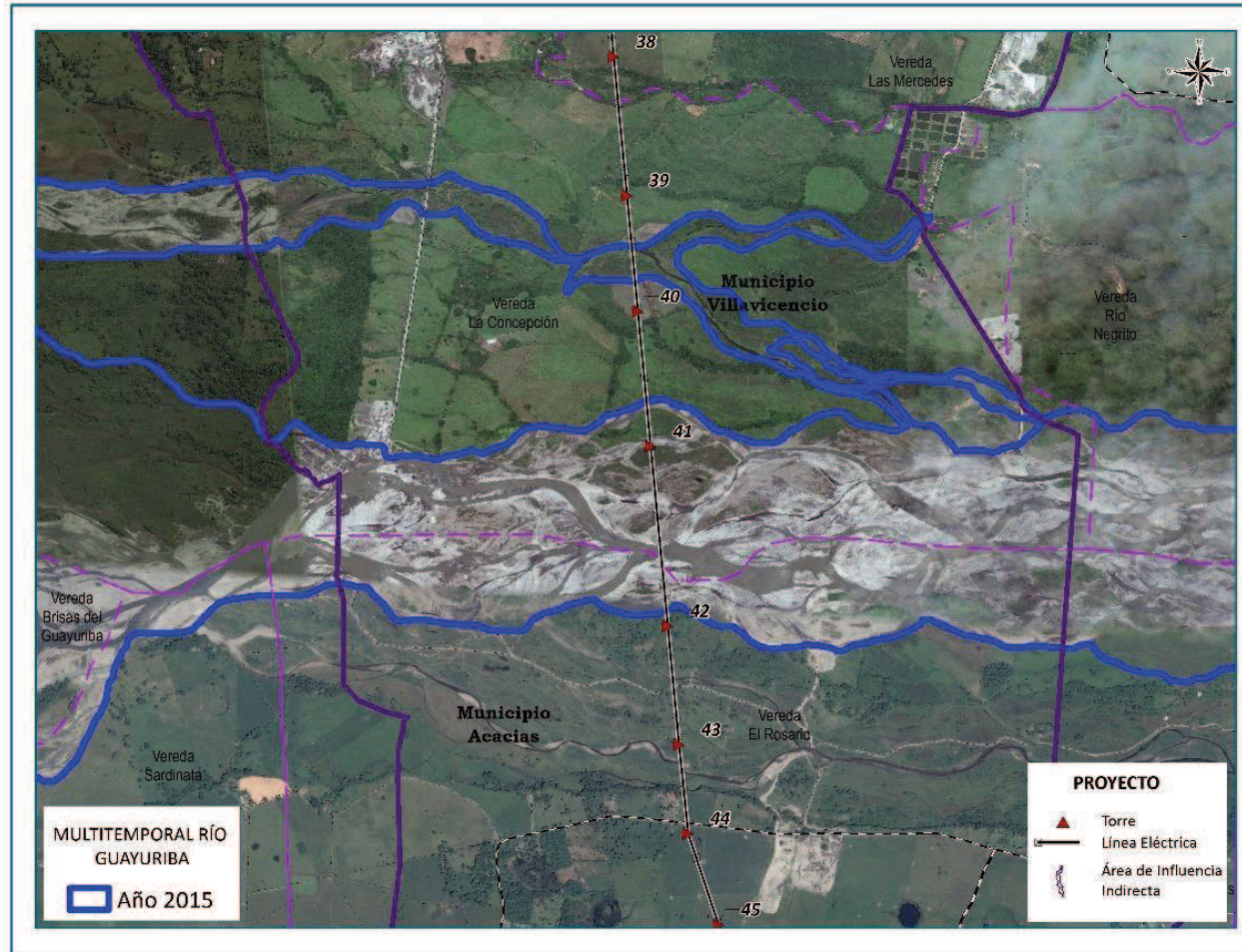


Fuente: IGAC.

Para el año 2015 el río en mención presenta la migración de su cauce hacia la margen izquierda e igualmente presenta la disminución de su cauce y presenta un ancho aproximado de 1000 metros. Se observa el canal secundario nuevamente abandonado y no presenta un flujo de agua. Hacia el centro del canal principal no se observa la formación de islas aparentemente estables (**Imagen 3.2-59**).

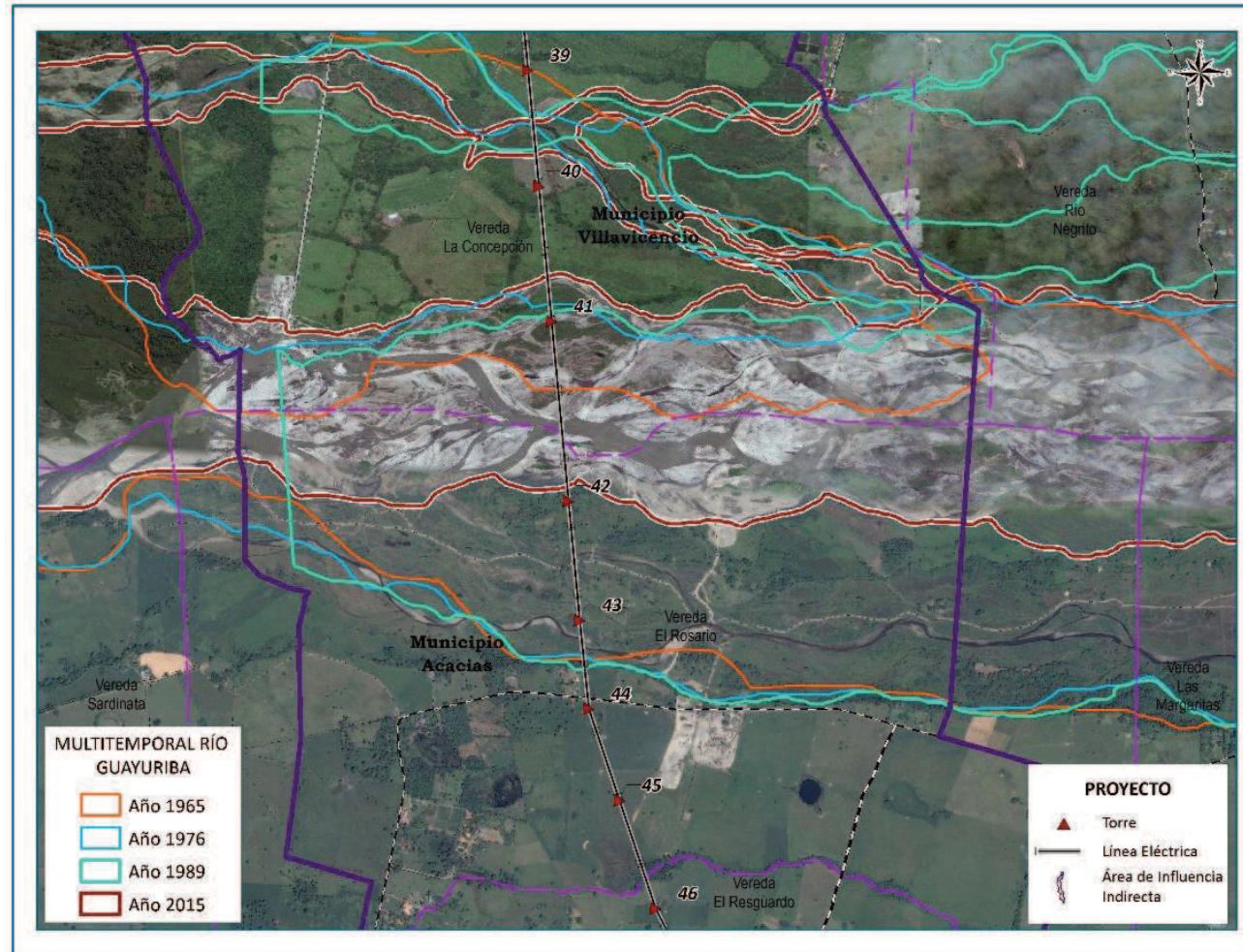
De acuerdo con el análisis multitemporal de carácter regional entre el año 1965 y 2015, el río Guayuriba presenta un ancho máximo de canal de aproximadamente 1400 metros, se observa sobre la margen derecha un control litológico y/o estructural (escarpe de falla de aproximadamente 10 metros) y hoy por hoy la corriente de interés está recargado sobre la margen izquierda (**Imagen 3.2-60**).

Imagen 3.2-59 Detalle del cauce del río Guayuriba en el año 2015



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Imagen 3.2-60 Detalle del cauce del río Guayuriba entre el año 1965 y el año 2015.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

### 3.2.4.6.3 *Análisis multitemporal sector del cruce*

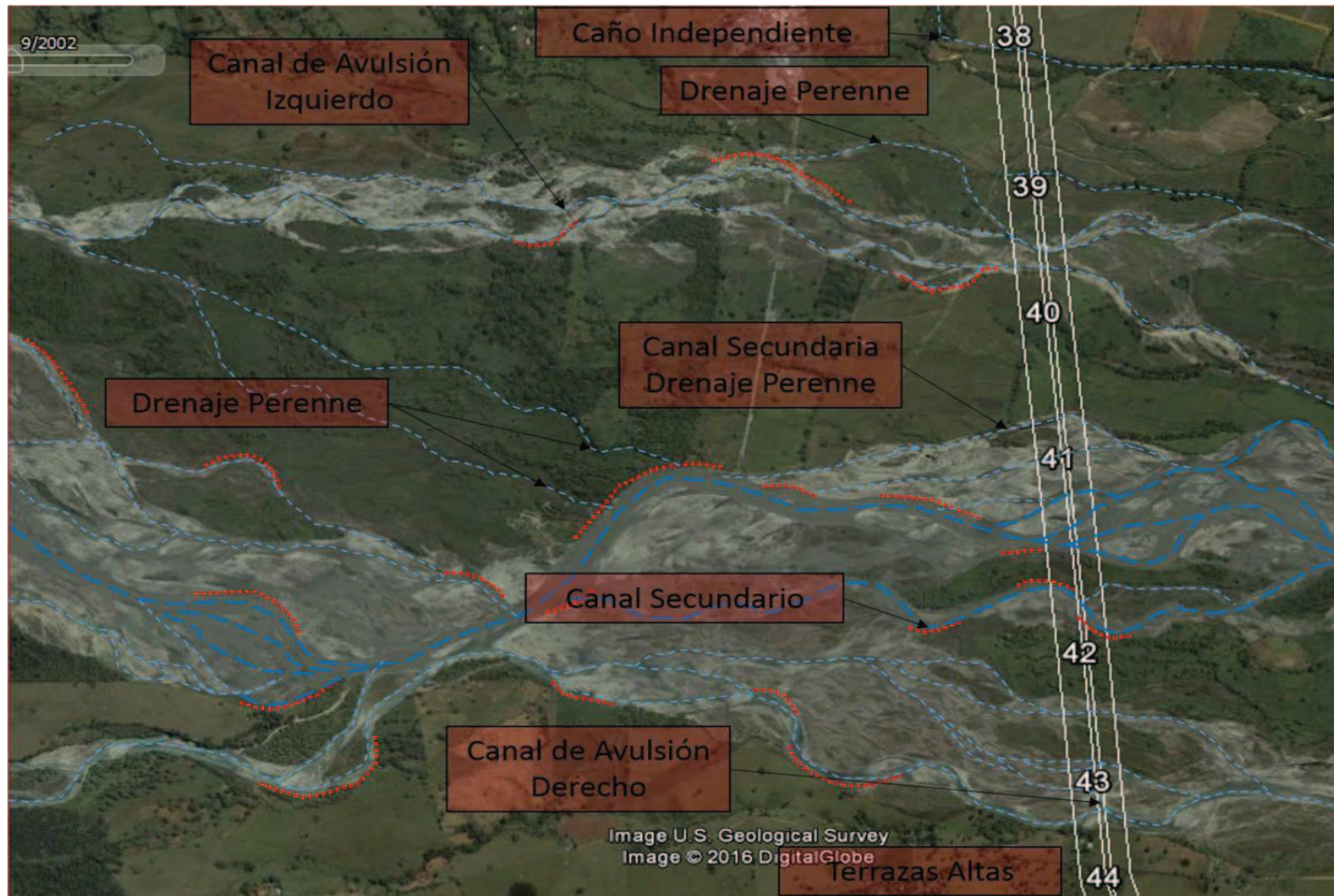
Dada la dinámica fluctuante que presenta el cauce del río Guayuriba, el análisis puntual del sistema aluvial se genera en un lapso de tiempo muy corto (Agosto 2016), durante el cual, se identificó una condición de equilibrio para ese momento preciso de la evaluación, sin embargo, si cualquiera de las variables ya antes mencionada supera su valor crítico es posible que la evolución del cauce busque una dirección diferente que la ahora mostrada, por esta razón, es adecuado generar un análisis multitemporal a partir de la información histórica disponible, específicamente imágenes aéreas y/o satelitales, entendiendo que la disponibilidad de este recurso también es limitado.

Para el desarrollo de este análisis y evaluación integral del sector, se ha contado con imágenes satelitales captadas a partir de la plataforma de Google-earth, específicamente para las temporadas de enero de 2016, diciembre de 2015, diciembre de 2012 y septiembre del 2002, la escala de trabajo de estas imágenes ha sido en 1:10000, y se ha tomado como referencia un área de 12'000.000 de m<sup>2</sup>, abordando un recuadro de 3 km sobre el eje de la línea y 4 Km sobre el cauce del río, permitiendo identificar las potenciales afectaciones que presentan las torres 38 a 43.

De la revisión de estas imágenes, se puede determinar que para el caso de la Torre 38 presenta discurrir de caño de caudal controlado sin mayor afectación, las torres 39 y 40 se localizan sobre un canal de avulsión antiguo, que actualmente la torre 39 permanece en un sector relativamente saturado y no expuesto a flujos, la torre 40 se localiza sobre un canal perenne no conectado con el flujo principal del río Guayuriba, el cual se ha caracterizado por una canal principal que ha estado fluctuando en una franja entre las torres 41 y 42, presentando una afectación por socavación lateral más recurrente hacia la torre 42, de igual forma se ha identificado que como parte de una serie de cambios asociados a la sobre-explotación minera desarrollada aguas arriba, forma canales secundarias, con especial énfasis hacia la margen izquierda, llegando a rodear el punto de localización de la torre 41 y dejarle aislada en una barra de baja altura, situación similar, pero esta vez asociada a la explotación minera de la desembocadura del río Sardinata, se ha identificado para la torre 43, sin embargo esta situación no se identifica desde el 2011, por su parte, la torre la torre 44 se encuentra localizada sobre las terrazas antiguas de mayor nivel, sin que se le haya identificado ningún tipo de afectación.

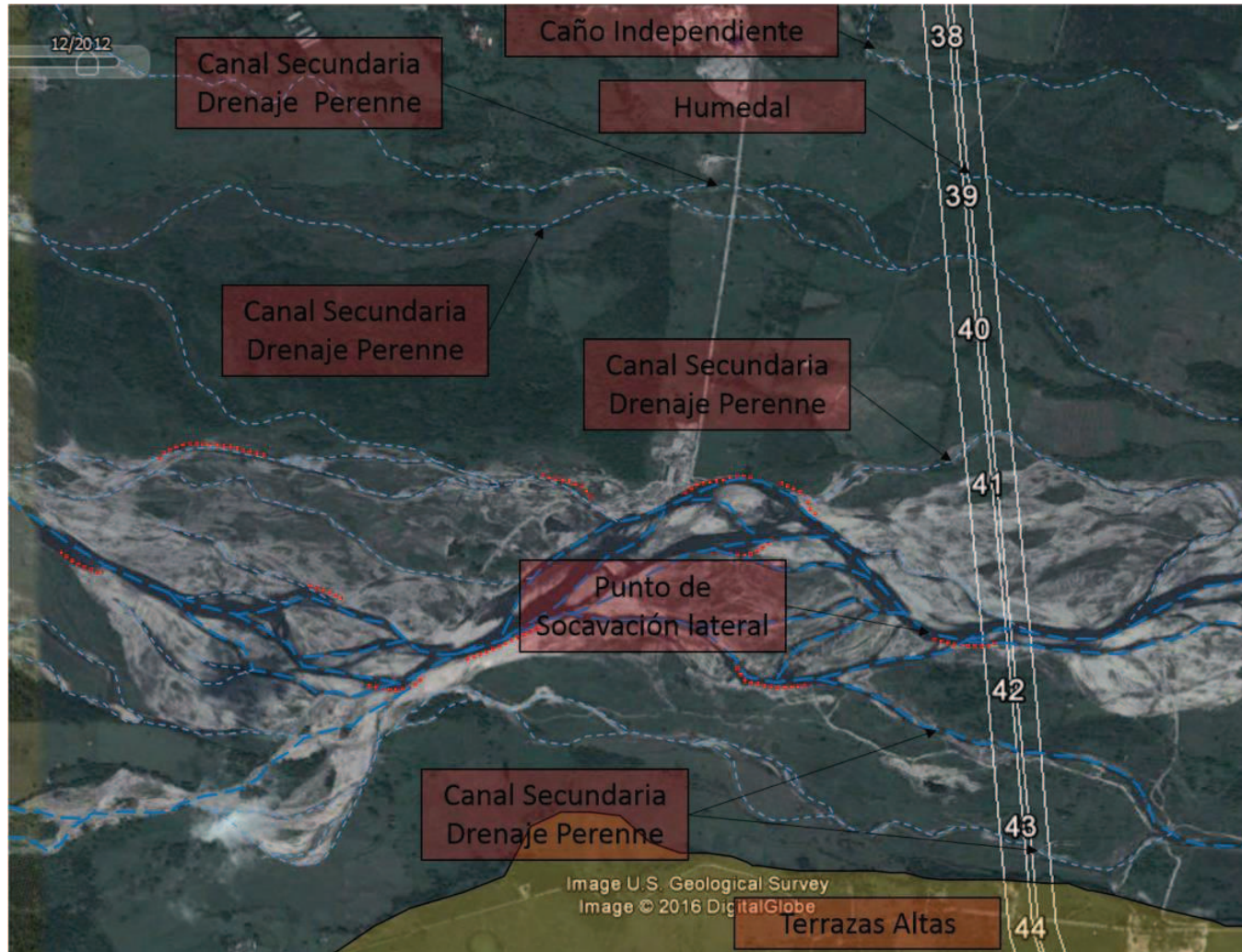
Respecto al comportamiento identificado en las imágenes se tiene que para el 2002 (**Imagen 3.2-61**), el cauce presentaba avulsión sobre su margen izquierda, generado ante probable sobre- explotación en el sector del puente principal actual sobre la vía Villavicencio – Acacias, e inclusive presentaba canales secundarios a partir de la desembocadura del río Sardinata, sin embargo estas condiciones ya no se evidenciaron 10 años más tarde (**Imagen 3.2-62**), cuando el cauce presento un comportamiento anostomosado, que se ha mantenido en las imágenes correspondientes a diciembre de 2015 a enero del 2016 (**Imagen 3.2-63** e **Imagen 3.2-64**), con solo un mes de diferencia y como era de esperarse, no se han identificado cambios entre ellas, siendo importante mencionar que para el momento de la evaluación de campo se han identificado cambios significativos, asociados como ya se mencionó, a un pico en la precipitación sobre la cuenca alta.

Imagen 3.2-61 Captura de imagen Satelital en el Google Earth con fuente US Geological Survey y Digital Globe, referencia como de septiembre de 2002.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

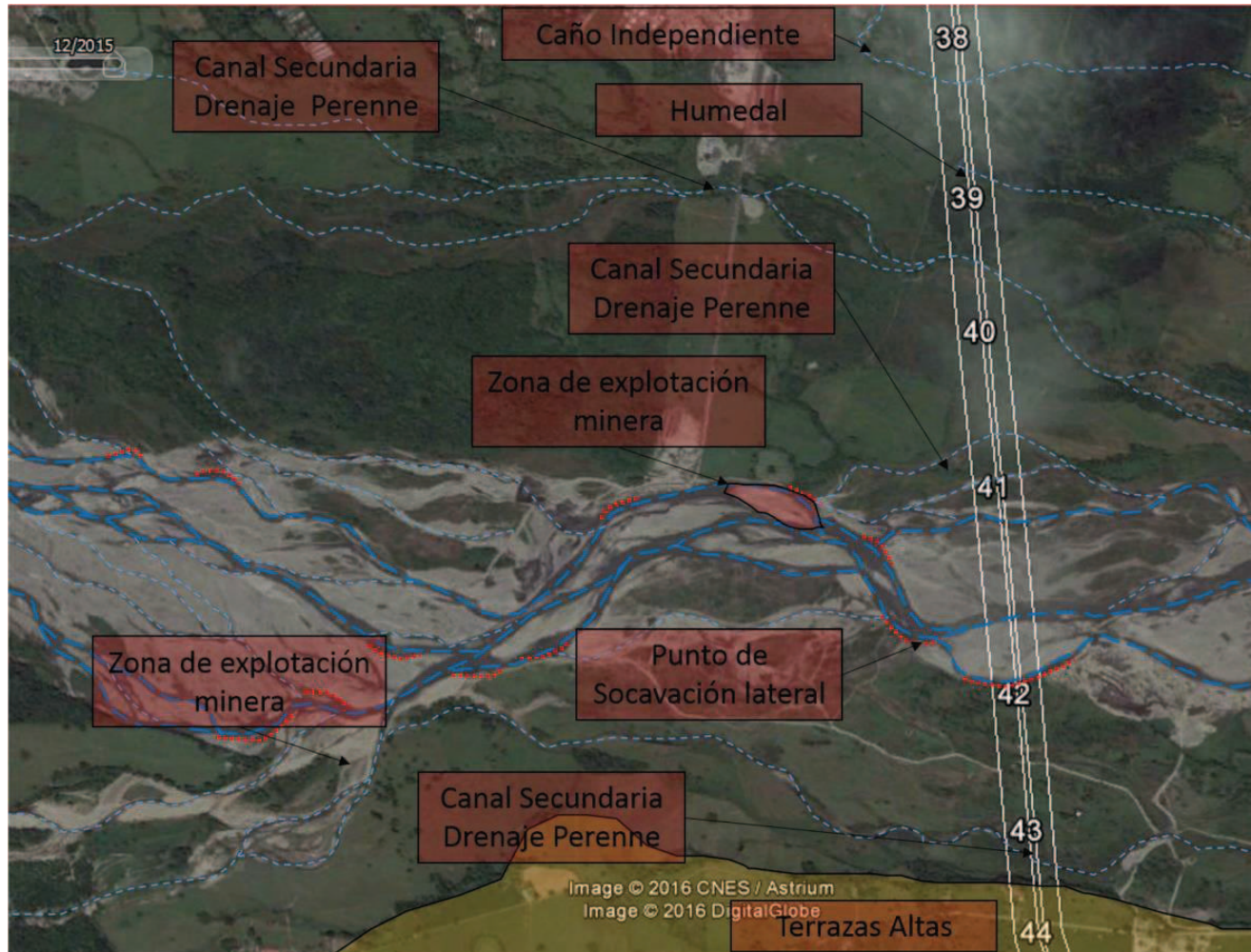
Imagen 3.2-62 Captura de imagen Satelital en el Google Earth con fuente US Geological Survey y Digital Globe, referencia como diciembre de 2012.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

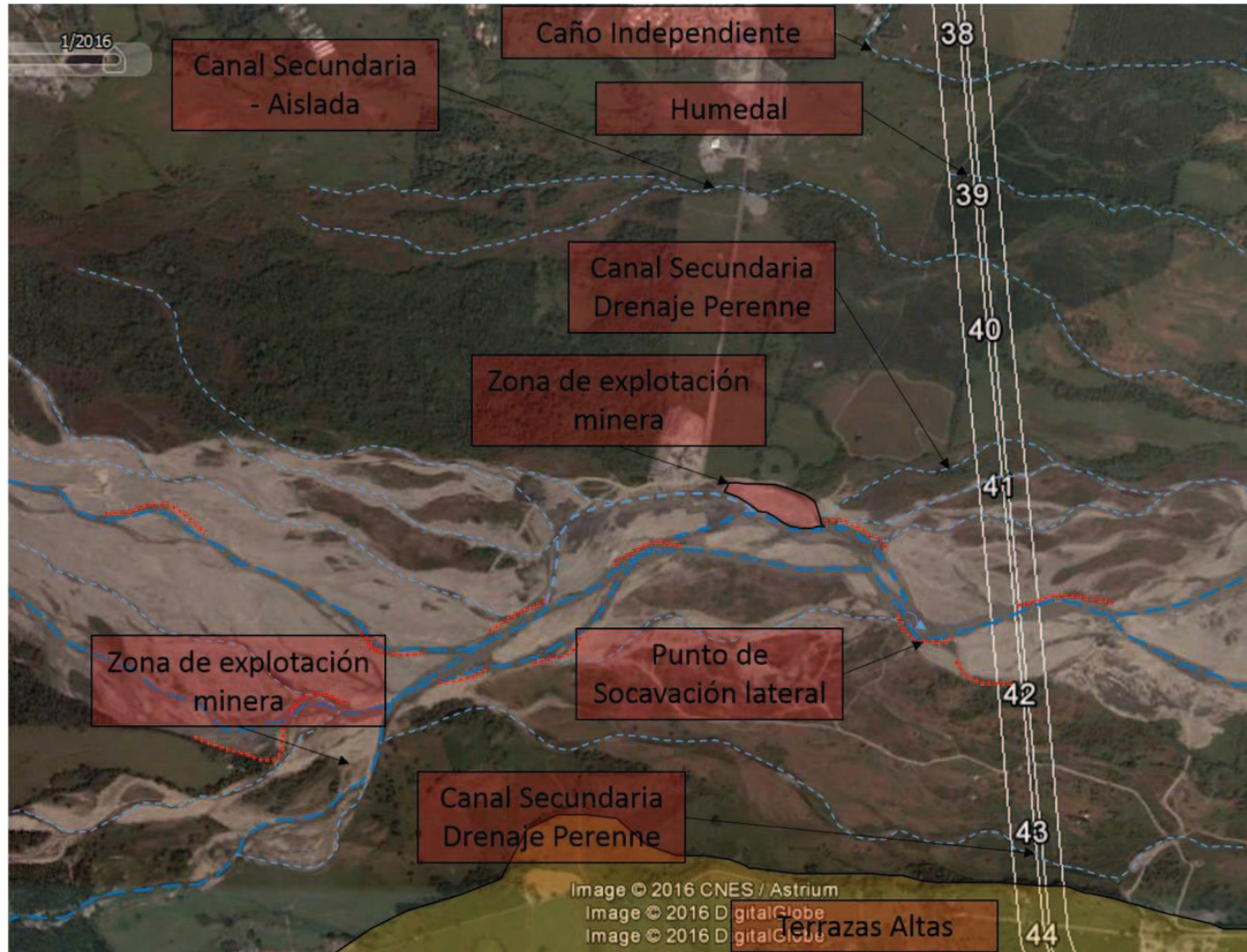


Imagen 3.2-63 Captura de imagen Satelital en el Google Earth con fuente US Geological Survey y Digital Globe, referencia como diciembre de 2012.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Imagen 3.2-64 Captura de imagen Satelital en el Google Earth con fuente US Geological Survey y Digital Globe, referencia como enero 2016



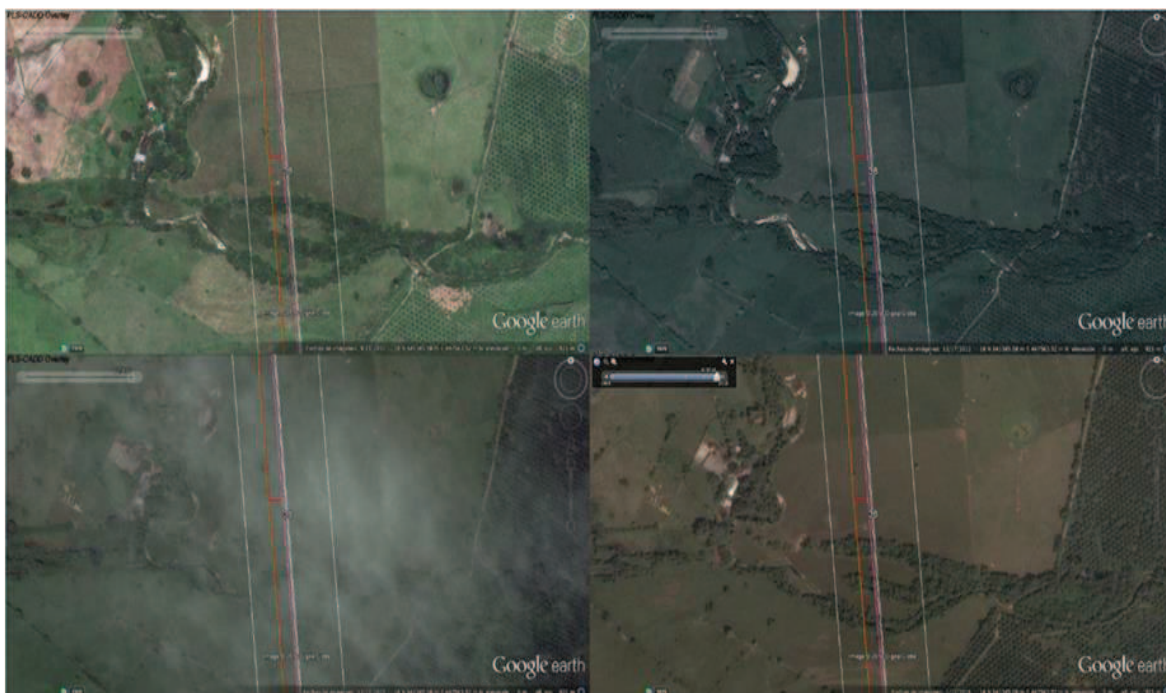
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

#### 3.2.4.6.4 Condiciones en los sitios de localización de torres

Para el sector donde la línea de transmisión cruza el canal del río Guayuriba, para el mes de agosto del 2016, y de forma puntual para cada sitio de torre se tienen las siguientes condiciones, así:

**Torre 38:** se encuentra rodeada por cauce de un caño independiente que discurre sobre su costado Oeste y luego cambia de dirección, para cruzar hacia el Este sobre su costado Sur, sin que se presenten cambios significativos en su dirección, el sitio de localización de la torre se considera estable (**Imagen 3.2-65**).

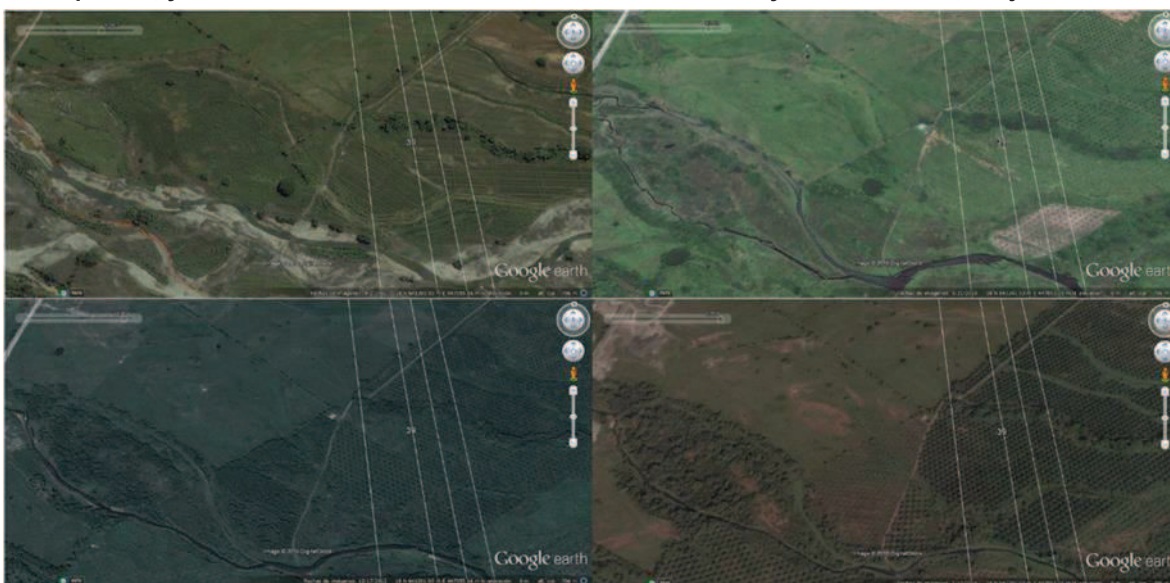
**Imagen 3.2-65** Registro Google-Earth del sector contiguo a la torre 38, para septiembre de 2002 arriba izquierda, y consecutivamente diciembre 2012, diciembre 2015 y enero del 2016, abajo derecha.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

**Torre 39:** en el sector donde ésta se encuentra se desarrollan cultivos de Palmas de Aceite, hacia su costado Norte se presenta una zona saturada clasificada como humedal, que se corresponde con una sección del canal abortado como parte del canal de avulsión del río Guayuriba que se habría sobre su margen izquierda, tal como ha quedado registrado en las imágenes de septiembre del 2002, el cual fue favorecido por la sobre-explotación minera que se desarrollaba en el sector del puente principal de la vía que conduce de Villavicencio a Acacias. El sitio de localización de la torre se considera estable (**Imagen 3.2-66**).

**Imagen 3.2-66** Registro Google-Earth del sector contiguo a torre 39, para septiembre de 2002 arriba izquierda, y consecutivamente diciembre 2012, diciembre 2015 y enero del 2016, abajo derecha.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

**Torre 40:** en este sector se desarrollan cultivos de Palmas de Aceite, actualmente se presenta canal secundario aislado que discurre sobre su costado Norte a una distancia aproximada de 200 m, para el que se evidencian algunos rasgos de desborde, dado que se identifica la instalación de trinchos de contención de cauce, y al igual que en el caso de la torre 39, para el 2002 hacia parte del canal de avulsión del río Guayuriba sobre su margen izquierda, favorecido por la sobre-explotación minera desarrollada en el sector del puente principal de la vía que conduce de Villavicencio a Acacias, actualmente se considera estable, sin embargo presenta algún grado de vulnerabilidad con relación al hecho de reactivarse el volumen de explotación y la socavación del cauce principal en este sector (**Imagen 3.2-67**).

**Torre 41:** Presenta sobre una barra incluida en el cauce del río Guayuriba, rodeado por dos canales subordinarios, que se activan en las temporadas de mayor precipitación hacia la parte alta de la cuenca, y son favorecidos por la excavación generada en el sector contiguo aguas arriba (Murcia-Murcia), la cual se desarrolla mayormente en la época de verano como método de explotación consistente en la implementación de trampas de recarga del depósito, y al recuperarse el caudal, el flujo busca llenar el vacío generado por el tajo, generando una mayor cabeza hidráulica, lo que hace que el cauce se desborde hacia la margen izquierda y socave lateralmente la banca de ese costado; esta es una dinámica fluvial muy cambiante, propia de un drenaje meandrónico, razón por la cual no se puede garantizar la no afectación del punto de localización de la torre y sería necesario mantener una estructura profunda de cimentación, y en todo caso implementar obras de disipación de energía del cauce y/o contención que se deberán instalar tanto sobre la misma estructura, como aguas arriba del trazo del cruce, en el punto de desborde del cauce principal, procurando siempre mantener el flujo sobre la canal principal, evitando generar cambios de cauce (**Imagen 3.2-68 e Imagen 3.2-69**).

**Imagen 3.2-67** Registro Google-Earth del sector contiguo a torre 40, para septiembre de 2002 arriba izquierda, y consecutivamente diciembre 2012, diciembre 2015 y enero del 2016, abajo derecha.



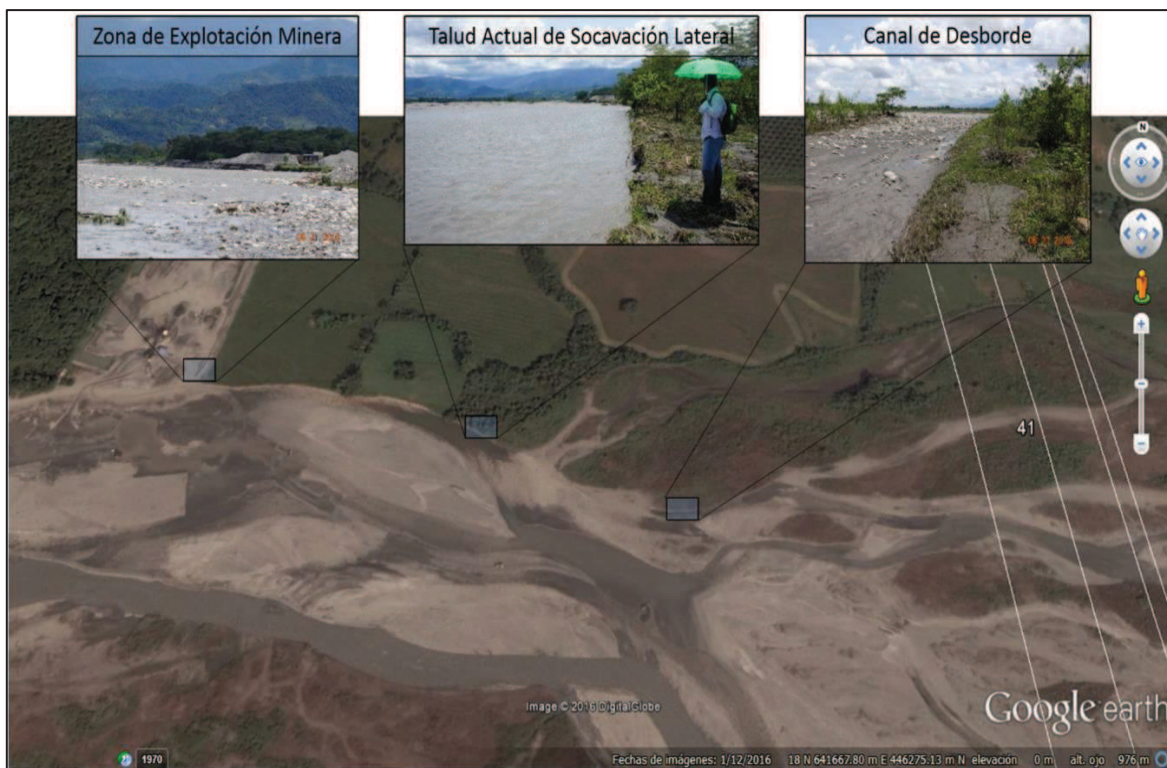
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

**Imagen 3.2-68** Registro Google-Earth del sector contiguo a torre 41, para septiembre de 2002 arriba izquierda, y consecutivamente, septiembre de 2012, diciembre de 2012 y enero del 2016, abajo derecha.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

**Imagen 3.2-69** Registro Google-Earth del sector contiguo a torre 41, para septiembre de 2002 arriba izquierda, y consecutivamente diciembre 2012, diciembre 2015 y enero del 2016, abajo derecha .abajo derecha.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

**Torre 42:** De forma relevante se identifican procesos de degradación de banca y socavación lateral sobre el costado Norte, a pesar de tenerse la canal principal a una distancia de 200 m, sin embargo se presenta un canal secundario o subordinado que se desplaza sobre la margen derecha, socavando la banca, su reactivación se presenta asociada al incremento de las precipitaciones, y a labores mineras en el sector donde desemboca el río Sardinata, aproximadamente 500 m aguas arriba; y específicamente en el sector de la torre 42, la distancia al punto de socavación más cercano se estimó en 25 m para enero del 2016, sin embargo para el momento de la revisión de campo, coincidente con un pico pluviométrico en la parte alta de la cuenca, presenta una distancia del orden de 10 m, al punto más externo de la base de la estructura, según referencias topográficas en campo. Según esta condición, se hace inminente el empleo de cimentaciones profundas y estructuras de disipación del cauce, tanto a en el mismo sitio de la estructura, como aguas arriba, procurando mantener el flujo en el canal principal y evitar cambios en la dinámica del flujo (**Imagen 3.2-70 e Imagen 3.2-71**).

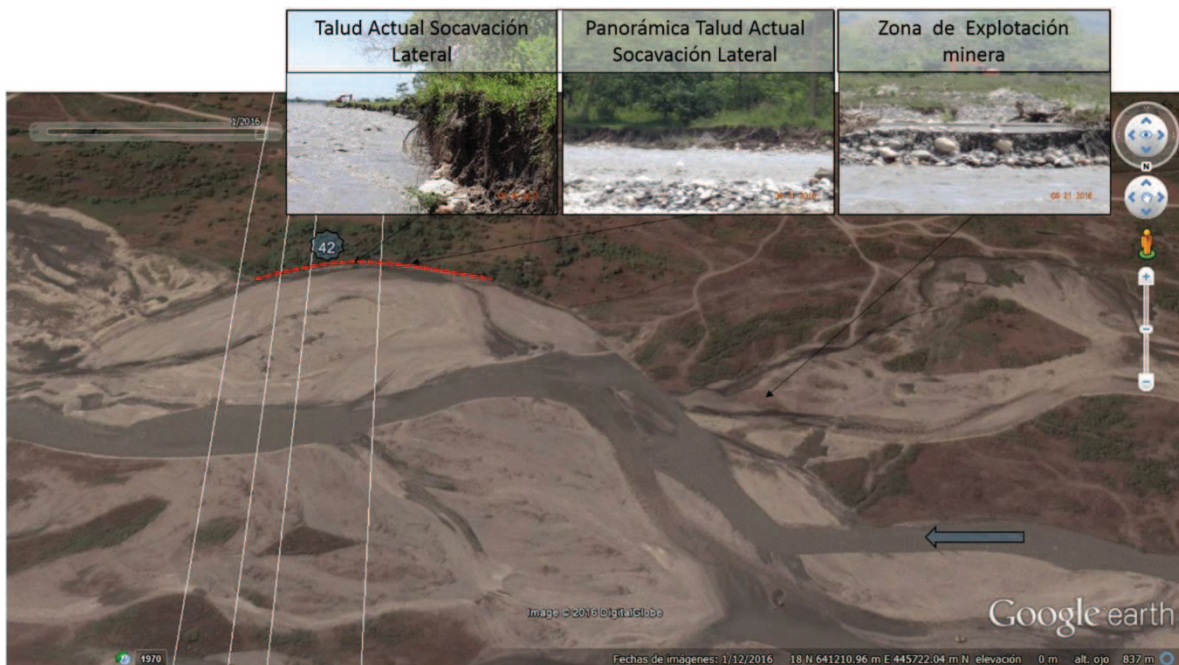
que discurre sobre el costado sur de la torre, a unos 60 m de distancia, sin que se presenten problemas de estabilidad significativos, sin embargo, dado que en las imágenes de 2002 se evidencia un incremento en el caudal, será importante disponer de cimentaciones profundas y obras de disipación de caudal, muy especialmente en los puntos de desbordé del caño que disecta la banca (**Imagen 3.2-72**).

**Imagen 3.2-70** Registro Google-Earth del sector contiguo a torre 42, para septiembre de 2002 arriba izquierda, y consecutivamente diciembre 2012, diciembre 2015 y enero del 2016, abajo derecha.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

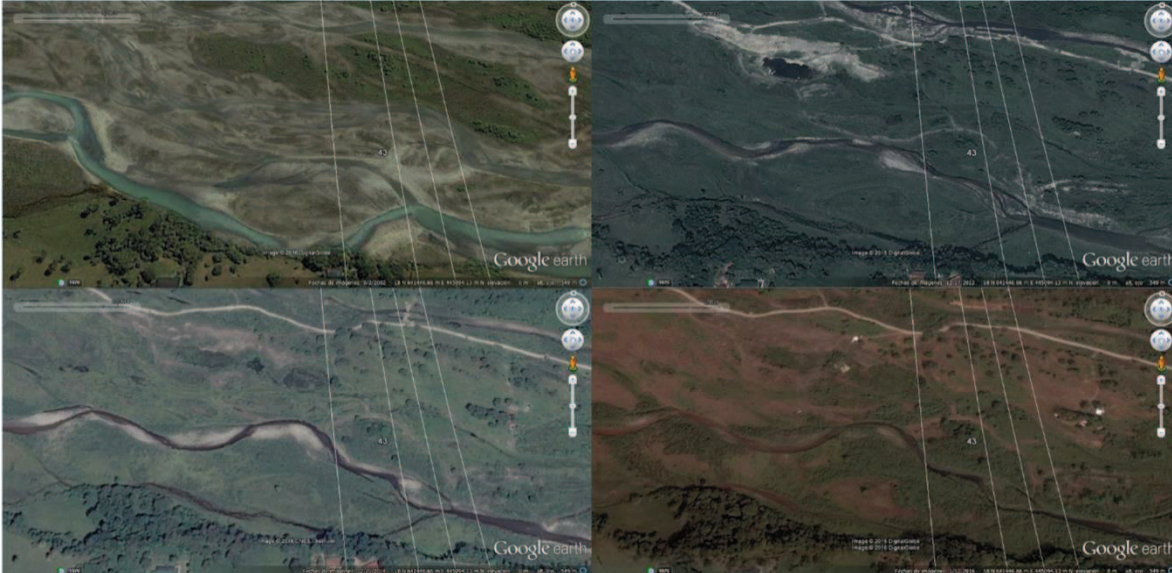
**Imagen 3.2-71** Registro Google-Earth del sector contiguo a torre 42, para enero del 2016 en mosaico con registro fotográfico de agosto de 2016.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

**Torre 43:** está localizada sobre el banco de arena del margen derecho del río Guayuriba, en un área significativamente amplia, presentándose el cauce a una distancia superior a los 600 m, sin embargo, esta se encuentra disectado por un cauce menor de tipo perenne

**Imagen 3.2-72** Registro Google-Earth del sector contiguo a torre 43, para septiembre de 2002 arriba izquierda, y consecutivamente diciembre 2012, diciembre 2015 y enero del 2016, abajo derecha



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.4.7 Análisis de la dinámica fluvial del Acacias

#### 3.2.4.7.1 *Análisis multitemporal del sector de cruce en el río Acacias*

Para el análisis y evaluación integral regional del río Acacias durante los últimos 40 años, se ha contado con fotografías aéreas e imágenes de satélite desde el año 1980 hasta el año 2015. Para el año 1980 se utilizó la línea vuelo C-1980 a escala 1:33960 (Fotografía 174), para el año 1987 se empleó la línea de vuelo C-2323 a escala de trabajo 1:38400 (Fotografía 240), para el año 1997 se encontró la línea de vuelo C-2627 a escala 1:45700 (Fotografía 104), finalmente para el año 2014 y 2015 se utilizó una imagen Google y el mosaico de imágenes Pleiades con resolución radiométrica de 8 bits, resolución espectral 5 bandas (azul, verde, rojo, red edge e infrarrojo cercano) y resolución espacial de 50 cm (**Tabla 3.2-106**)



Tabla 3.2-106 Líneas de vuelo

VUELO	SOBRE	ESCALA	FECHA DE TOMA	NO. DE FOTOGRAFIAS	REGION
C-1949	S-30392	1:33960	14/02/1980	173-174-175	
C-2323	S-34457	1:38400	24/12/1987	239, 240, 241	META-GUAYURIBA
C-2627	S-7879	1:45700	02/12/1997	103, 104, 105	VILLAVICENCIO-RURAL
Imagen GOOGLE, 2014					VILLAVICENCIO
Mosaico de imagenes Pleiades cobn resolución radiométrica de 8 bits, resoulción espectral 5 bandas 8azul, verde, rojo, red edge e infrarrojo cercano) y rsolución espacial de 50 cms.					

Fuente: Instituto Geografico Agustin Codazzi (IGAC), 2017.

A continuación, se hará una breve descripción a nivel regional del comportamiento del río Acacias durante cada uno de los años antes mencionados y su análisis multitemporal:

En río Acacias está localizado geomorfológicamente en un paisaje de valle aluvial y dentro de él, dominado por dos tipos de relieve, el llamado plano de inundación (Vpi) y vallecitos coluvio – aluviales (Vvca). Este tipo de paisaje está representado por una depresión morfológica de aproximadamente 870 metros, controlada estructuralmente por dos lineamientos de falla identificados en campo por la presencia de escarpes de pendiente cuasi-vertical de aproximadamente 15 metros de altura (color rojo), conformando lateralmente las denominadas terrazas de piedemonte (PMT).

Dentro de ese marco geomorfológico, **para el año 1980** (color azul) en el sitio de cruce el río Acacias presentaba un cauce principal (identificado con las letras A – B) de aproximadamente 55 metros de ancho (medido diagonalmente al canal principal), ancho que no se mantiene uniforme en dirección aguas arriba y abajo del sitio antes mencionado, adicionalmente presenta un canal secundario (identificado con las letras C – D) de aproximadamente 70 metros de ancho (medido diagonalmente al canal secundario), el cual se mantiene relativamente homogéneo en dirección aguas abajo del sitio antes mencionado. El canal principal se caracteriza por presentar barras laterales y un cauce activo continuo.

Sobre la margen izquierda del canal principal y entre el canal principal y el canal secundario (entre los puntos B – C) se observa una red de drenajes de carácter sinuoso, continuo y de 10 metros de ancho aproximadamente. Como se mencionó anteriormente, entre los puntos B – C, se presenta una isla aparentemente estable cubierta por pastos arbolados, pastos limpios y bosque de galería/ripario, esta isla presenta un ancho aproximado de 435 metros, la cual es susceptible a inundarse en época de altas precipitaciones.

En cuanto a las condiciones donde se localiza la Torre 61, esta se encuentra localizada en una isla aparentemente estable y a una distancia de 150 metros aproximadamente con

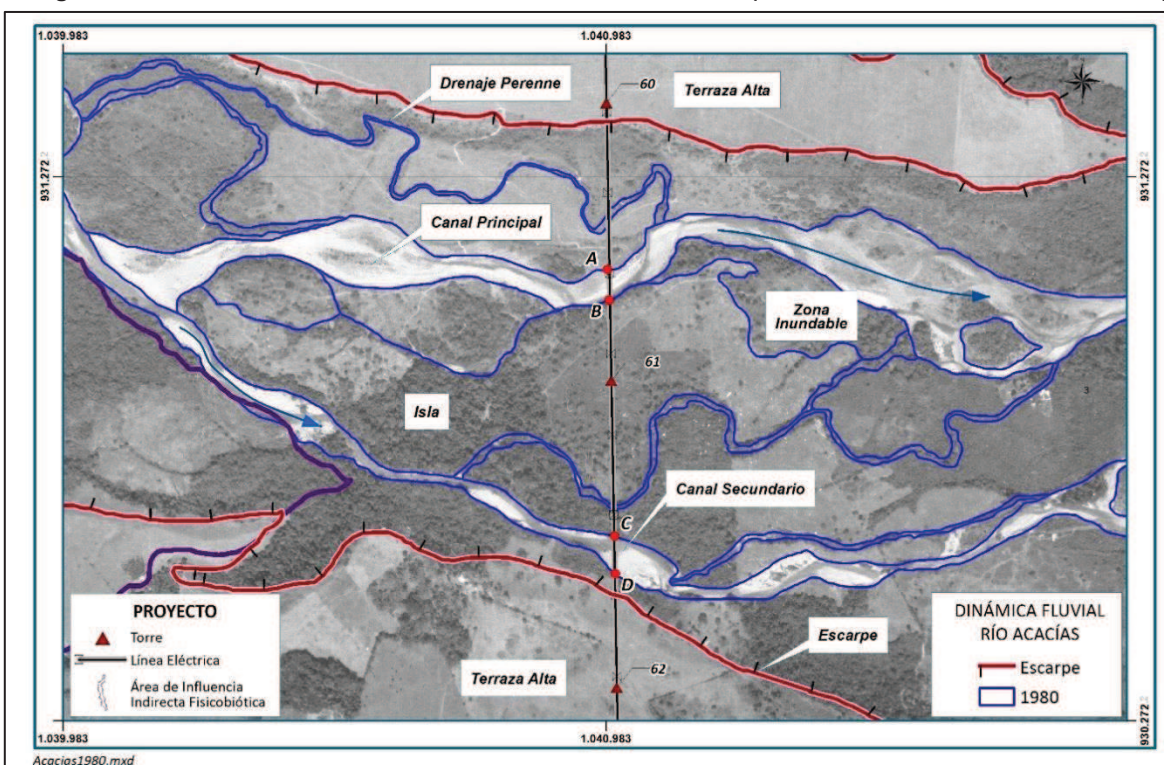
respecto al punto B, localizado sobre la margen derecha del canal principal, mientras que presenta una distancia de 285 metros aproximadamente con respecto al punto C localizado en la margen izquierda del canal secundario. Finalmente, la Torre 60 está localizada en una terraza alta, geotécnicamente estable, de susceptibilidad baja a inundación y a 40 metros el escarpe de falla en el sector norte, mientras que la Torre 62 está localizada en

una terraza alta, geotécnica estable, de baja susceptibilidad a la inundación y a 180 metros aproximadamente del escarpe de falla localizado en la parte sur del área de influencia.

Igualmente, entre el punto A (localizado en la margen izquierda del canal principal) y el escarpe de falla (localizado en la parte norte del área de influencia) se presenta una distancia aproximada de 271 metros y entre el punto D (localizado en la margen derecha del canal secundario) y el escarpe de falla (localizado en la parte sur del área de influencia) se observa una distancia de 90 metros aproximadamente.

Para este periodo de tiempo (año 1980) el río Acacias presenta un ancho de cauce de aproximadamente 560 metros aproximadamente. En la **Imagen 3.2-73** se presenta la representación gráfica del paisaje, tipos de relieve, canal principal y secundario, anchos de los cauces, islas, zonas inundables y dirección de flujo del río acacias para el año 1980.

**Imagen 3.2-73 Detalle del cauce del río Acacias en el año 1980 (línea de vuelo C-1949-35-80/S30392)**



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

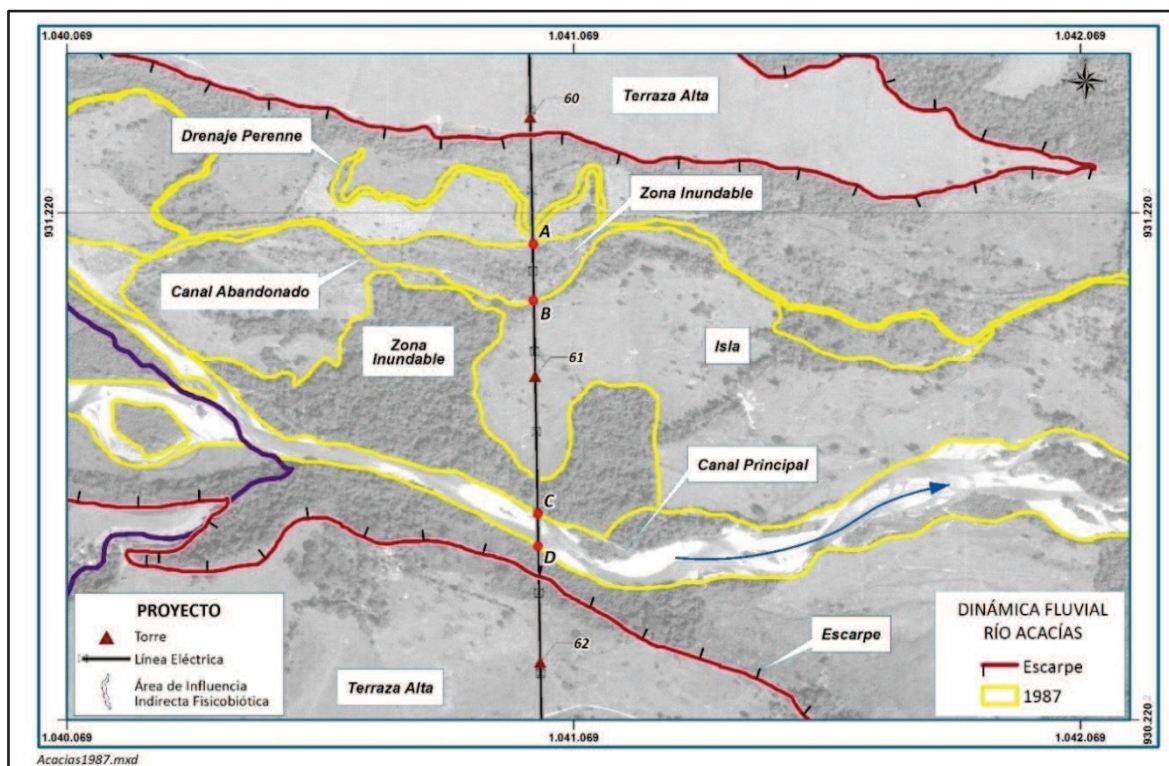
**Para el año 1987** (color amarillo), en el sitio de cruce sobre el río Acacias se observa que el canal principal migra hacia el sector sur y ahora el canal secundario que se identificaba con las letras C – D para el año 1980, pasa a ser el canal principal con un ancho de aproximadamente 66 metros (medido diagonalmente al canal principal), condición que tiene tendencia a no mantenerse con un cierto incremento en el ancho del río en dirección aguas abajo. El canal identificado con las letras A – B se presenta ahora como un canal abandonado de aproximadamente 114 metros de ancho, caracterizado por presentar en dirección aguas arriba y aguas abajo un ancho irregular.

Entre los puntos B – C, se presenta una isla aparentemente estable cubierta por pastos arbolados, pastos limpios y bosque de galería/ripario, esta isla presenta un ancho aproximado de 420 metros, la cual es susceptible a inundarse en época de altas precipitaciones. La Torre 61 presenta una distancia de 150 metros aproximadamente con respecto al punto B localizado sobre la margen derecha del canal secundario o abandonado, mientras que presenta una distancia de 203 metros aproximadamente con respecto al punto C (localizado en la margen izquierda del canal principal).

Se presenta disminución en las áreas cubiertas por bosques de galería (Bgr) y aumento de las áreas cubiertas por pastos limpio y pastos arbolados (PI y Pa).

Para este periodo de tiempo (año 1987) el río Acacias presenta un ancho de cauce de aproximadamente 600 metros aproximadamente. En la **Imagen 3.2-74** se presenta la representación gráfica del paisaje, tipos de relieve, canal principal y secundario, anchos de los cauces, islas, zonas inundables y dirección de flujo del río acacias para el año 1987.

**Imagen 3.2-74** Detalle del cauce del río Acacias en el año 1987 (línea de vuelo C-2323-38-87/S34457)



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

**Para el año 1997** (color magenta), el río en mención presenta una canal principal (C – D) de aproximadamente 121 metros de ancho en el sitio de cruce de la línea eléctrica y un canal o cauce secundario (A – B) de aproximadamente 81 metros de ancho. Entre los puntos B – C se sigue conservando la isla, pero su ancho se ve reducido a 391 metros

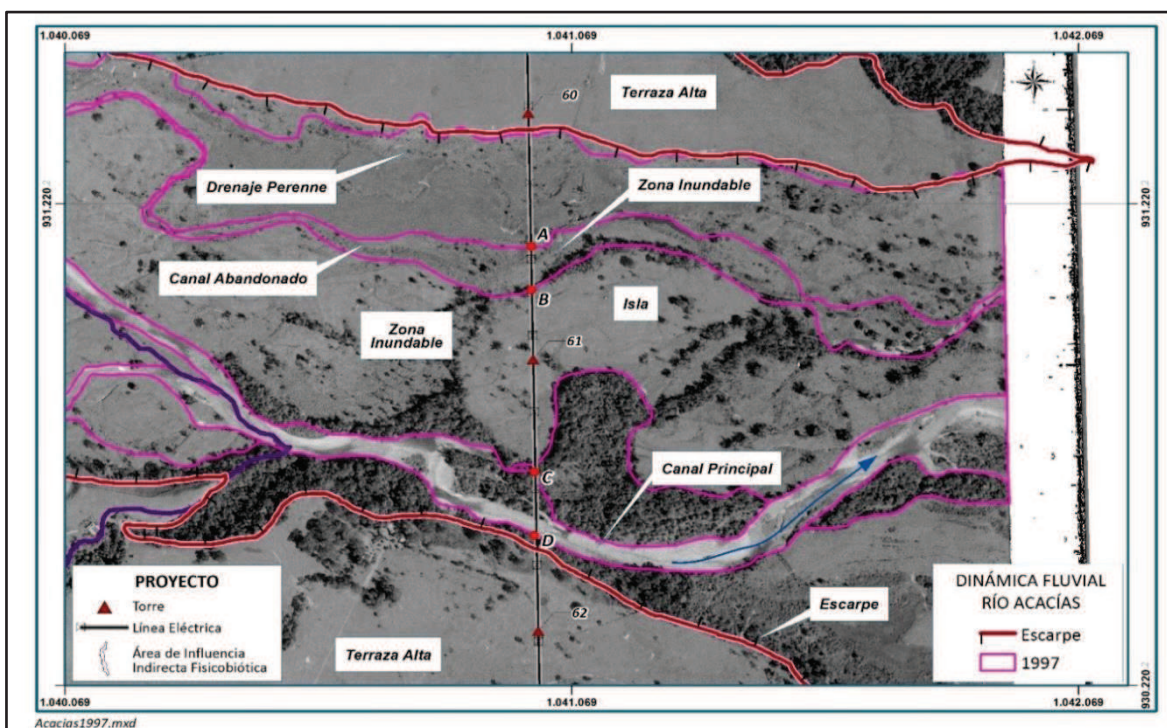
aproximadamente, perdiendo aproximadamente 45 metros con respecto al año 1980, evidencias de la activación de un proceso de socavación lateral sobre ese sector (Punto C).

La Torre 61 presenta una distancia de 146 metros aproximadamente con respecto al punto B localizado sobre la margen derecha del canal secundario, mientras que presenta una distancia de 246 metros aproximadamente con respecto al punto C localizado en la margen izquierda del canal principal. Se evidencia tendencia a presentar socavación lateral en la margen izquierda (punto C) del canal principal.

Se sigue presentando disminución en las áreas cubiertas por bosques de galería (Bgr) y aumento de las áreas cubiertas por pastos limpio y pastos arbolados (PI y Pa).

Para este periodo de tiempo (año 1997) el río Acacias presenta un ancho de cauce de aproximadamente 600 metros aproximadamente. En la **Imagen 3.2-75** se presenta la representación gráfica del paisaje, tipos de relieve, canal principal y secundario, anchos de los cauces, islas, zonas inundables y dirección de flujo del río acacias para el año 1997.

**Imagen 3.2-75** Detalle del cauce del río Acacias en el año 1997 (línea de vuelo C-2627-46-77/S37789)



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

**Para el año 2015** (color naranja), el río en mención presenta una canal principal y activo (C – D) de aproximadamente 243 metros de ancho en el sitio de cruce de la línea eléctrica, lo cual evidencia un cambio la dinámica del río y la ampliación de este canal casi en el doble de su ancho natural en comparación con los años anteriores (1980, 1987 y 1997). La isla que se presentaba aparentemente estable en el año 1997, ya no lo es y el canal único ahora presenta un brazo secundario que forma una segunda isla. Es si, como entre los puntos B

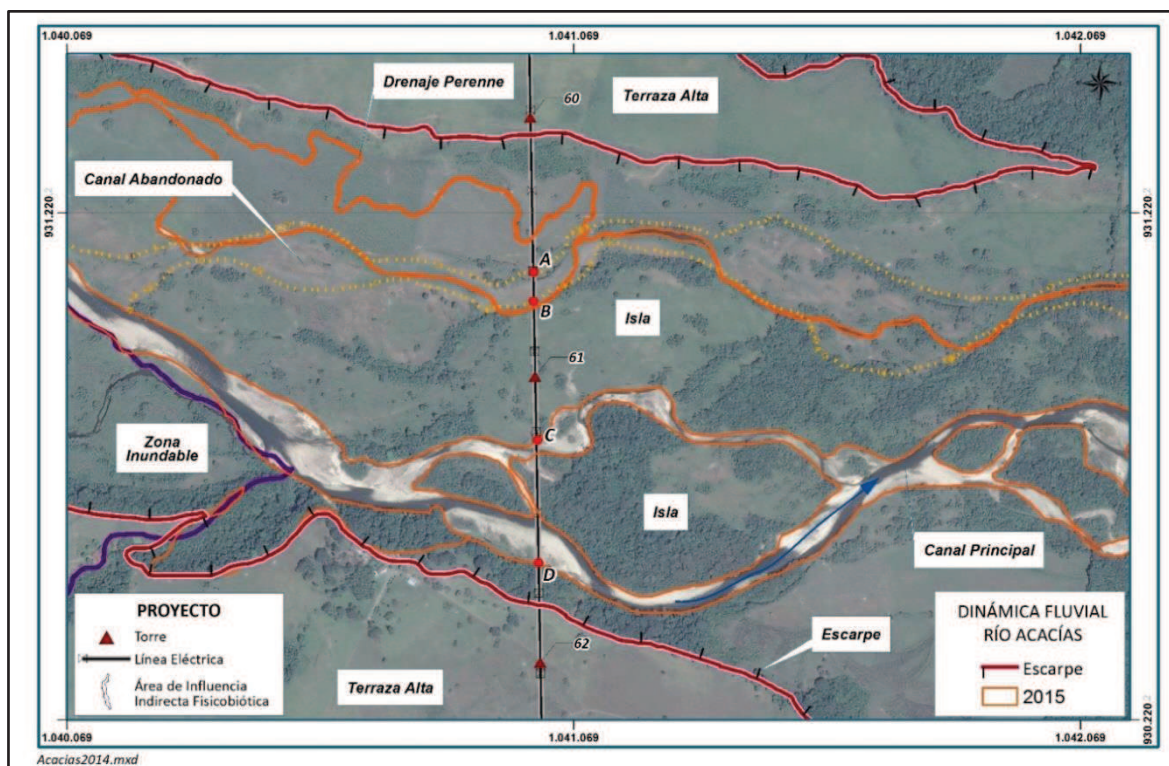
– C se observa que la isla aparentemente estable no sigue conservando su ancho se ve reducido a 277 metros aproximadamente, perdiendo aproximadamente 114 metros con respecto al año 1997 (donde se presentaban un ancho de 391 metros), evidencias de la activación de un proceso de socavación lateral sobre ese sector (Punto C).

Asimismo, se observa un canal o cauce secundario (A – B) de aproximadamente 55 metros de ancho, conservando cierta tendencia histórica este ancho en los últimos 35 años.

Se sigue presentando disminución en las áreas cubiertas por bosques de galería (Bgr) y aumento de las áreas cubiertas por pastos limpio y pastos arbolados (PI y Pa).

Para este periodo de tiempo (año 2015) el río Acacias presenta un ancho de cauce de aproximadamente 600 metros aproximadamente En la **Imagen 3.2-76** se presenta la representación gráfica del paisaje, tipos de relieve, canal principal y secundario, anchos de los cauces, islas, zonas inundables y dirección de flujo del río acacias para el año 2015.

**Imagen 3.2-76 Detalle de la cuenca del cauce del río Acacias en el año 2015**



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.4.7.2 Análisis multitemporal del sector del cruce

De acuerdo con el análisis multitemporal entre el año 1980 y 2015, el río Acacias ha presentado variación importante en su cauce que ha generado que el cauce activo presente cierta migración dentro de depresión morfológica que le imprime una franja de movilidad de

aproximadamente 250 metros. Es si, como en la actualidad se observa que el cauce (la cual abarca la máxima cota de inundación del río) presenta un ancho de cauce de 250 metros aproximadamente (entre el punto C y D) y se encuentra recargado hacia el costado sur (ver el punto denominado como D).

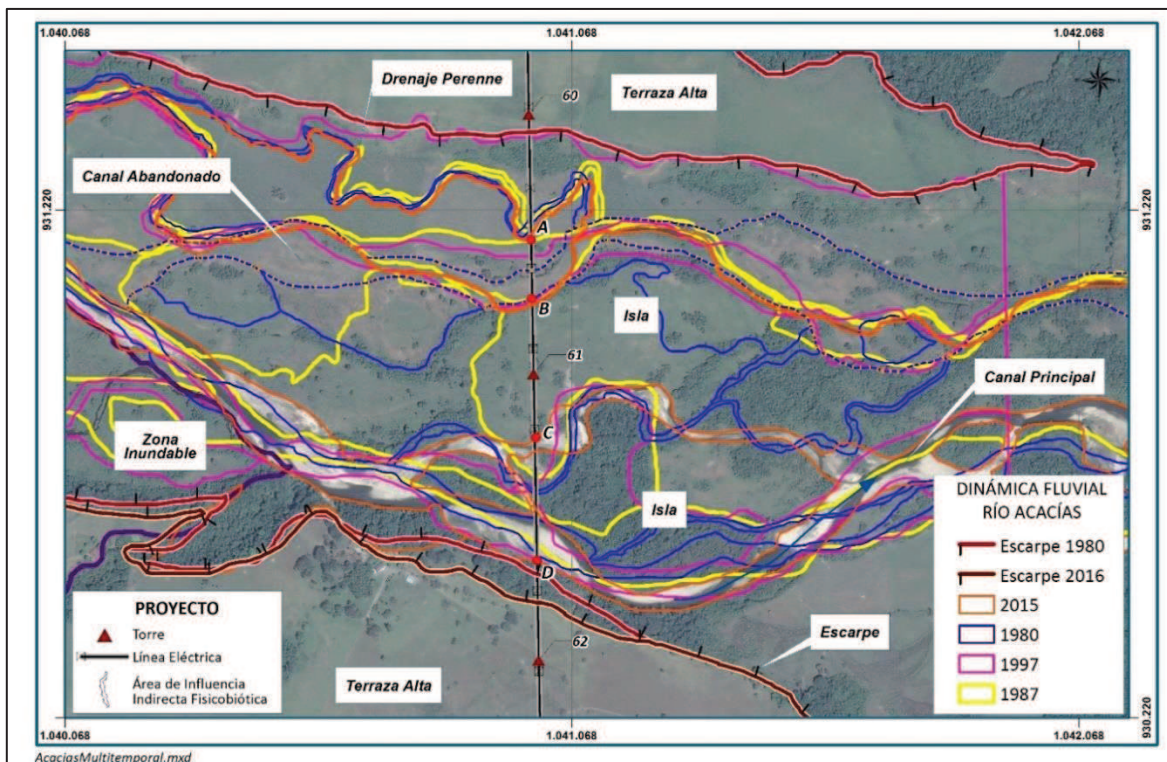
Asimismo, se observa que la isla aparentemente estable localizada hacia el dentro del área (entre los puntos B y C) presentaba un ancho de entre 390 y 435 metros, hasta el año 1997. Situación que ha variado entre el año 1997 y el año 2015, donde se observa la formación de un canal alterno al canal principal y la reducción del ancho de la isla hasta llegar a un ancho promedio de 280 metros (es decir una reducción en su ancho de 100 metros aproximadamente), análisis que hace predecir un cambio en la dinámica del río y la activación de un proceso de socavación lateral sobre la margen izquierda del cauce activo que actualmente presenta el río Acacias.

La situación antes expuesta genera que la ubicación de la Torre 61 (localizada dentro de la isla identificada hacia el centro del área), se mantuviera estable para el punto B con una distancia de 150 metros y variable para el punto C, pasando de 285 metros en el año 1980 a 128 metros en el año 2015, con una pérdida de 150 metros entre el cauce activo y la ubicación de la torre.

Igualmente, desde el año 1980 hasta el año 2015 se viene presentando la disminución en las áreas cubiertas por bosques de galería (Bgr) y aumento de las áreas cubiertas por pastos limpio y pastos arbolados (PI y Pa).

En conclusión y tomando como referencia el año 1980 y el año 2015, se observa que el río Acacias ha tenido una migración del canal principal en los últimos 40 años pasando, de un cauce de 70 metros a un cauce de 250 metros aproximadamente (distancia medida entre los C y D), con tendencia a seguir migrando hacia el centro de la franja geomorfológica que lo enmarca y capturar en un mediano plazo el cauce del caño La vaina. En la **Imagen 3.2-77** se presenta la representación gráfica de la dinámica del río acacias entre el año 1980 y el año 2015.

Imagen 3.2-77 Análisis multitemporal del sitio de cruce en el río Acacias entre el año 1980 y 2015.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.4.8 Análisis de la susceptibilidad a la inundación

El análisis de amenazas naturales exógenas, las cuales hacen referencia a las manifestaciones de los fenómenos de origen externo incluye el análisis de inundaciones, razón por la cual, dentro de la descripción de la dinámica fluvial del área de Influencia, resulta relevante incluir este aspecto.

La metodología implementada para la elaboración del mapa de susceptibilidad a la inundación para el área de estudio de la construcción y operación de la línea de transmisión a 230 Kv La Reforma – San Fernando, se describe a continuación, así como los resultados obtenidos a partir de su aplicación.

Teniendo en cuenta las singularidades de la zona en cuanto a la dinámica hidrológica y climática y a las condiciones geomorfológicas propias del área, la definición de las áreas susceptibles a inundación se dividió en dos partes, la primera consistió en la verificación de información secundaria relacionada con el tema de inundaciones y la segunda que consistió en el análisis biofísico para la determinación de dichas zonas inundables.

Al respecto cabe señalar que con el objetivo de determinar las zonas inundables para el área de influencia se procedió a hacer un análisis de trasposición de capas de información

según la Guía para el Acotamiento de las Rondas Hídricas (MADS, 2012), las cuales corresponden a tres (3) componentes:

- Hidrológico, a partir de información tomada en campo (puntos de control), se realizó un recorrido donde se evidenciaron las zonas susceptibles a la inundación, siendo estas reportadas por personas de la comunidad y que viven cerca de los cuerpos de agua.
- Cobertura Vegetal, a partir de la información obtenida del mapa de cobertura vegetal (**Mapa EEB-SFDO-CT100614-L170-HSE-2043**), se verificó la información relacionada a la susceptibilidad a la inundación que presentan los diferentes tipos de coberturas.
- El geomorfológico, a partir de las formas de terreno asociadas a cada tipo de relieve, a partir de las cuales se define la franja inundable de cada arroyo de agua, así como los tipos de relieve susceptibles de inundación. Esta información se obtuvo a partir del mapa geomorfológico, (**Mapa EEB-SFDO-CT100614-L170-HSE-2032**).

A partir de esta superposición de información antes descrita, se determinó aquellas superficies que presentan mayor susceptibilidad frente a eventos de inundación e igualmente se delimitaron; al respecto, vale la pena señalar que el presente análisis corresponde a una interpretación de la susceptibilidad de las áreas, basadas en el comportamiento hidrológico, cobertura vegetal y los tipos de relieve (geomorfología) presentes en el área de estudio en un tiempo y espacio determinado.

A continuación, se describe detalladamente la metodología desarrollada en cada una de sus etapas.

#### 3.2.4.8.1 Fase I – Consulta y análisis de información secundaria

Como se mencionó anteriormente, el resultado de la consulta de información secundaria para la caracterización de la dinámica fluvial del área corresponde a los mapas de inundaciones periódicas desarrollados por el IDEAM (2011) e información aportada por el municipio, a continuación, se presenta la información consultada en la **Tabla 3.2-107**.

**Tabla 3.2-107 Información secundaria consultada**

TIPO	DESCRIPCIÓN
Información Oficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mapa de inundaciones periódicas. IDEAM, 2011</li> <li>- Plan de Ordenamiento Territorial – POT Municipio de Villavicencio “POT “Norte” 2015</li> <li>- Plan Básico de Ordenamiento Territorial –PBOT Municipio de Acacias</li> <li>- Plan de Ordenación y manejo de la cuenca del río Acacias - Pajure. Gestión Ambiental y Desarrollo UT, 2011</li> <li>- Formulación de la fase de diagnóstico del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Guayuriba, en el departamento del Meta. Cormacarena</li> <li>- Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Ocoa, Villavicencio Meta. Cormacarena, 2005.</li> <li>- Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Guatiquia, Cormacarena, 2009.</li> </ul>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



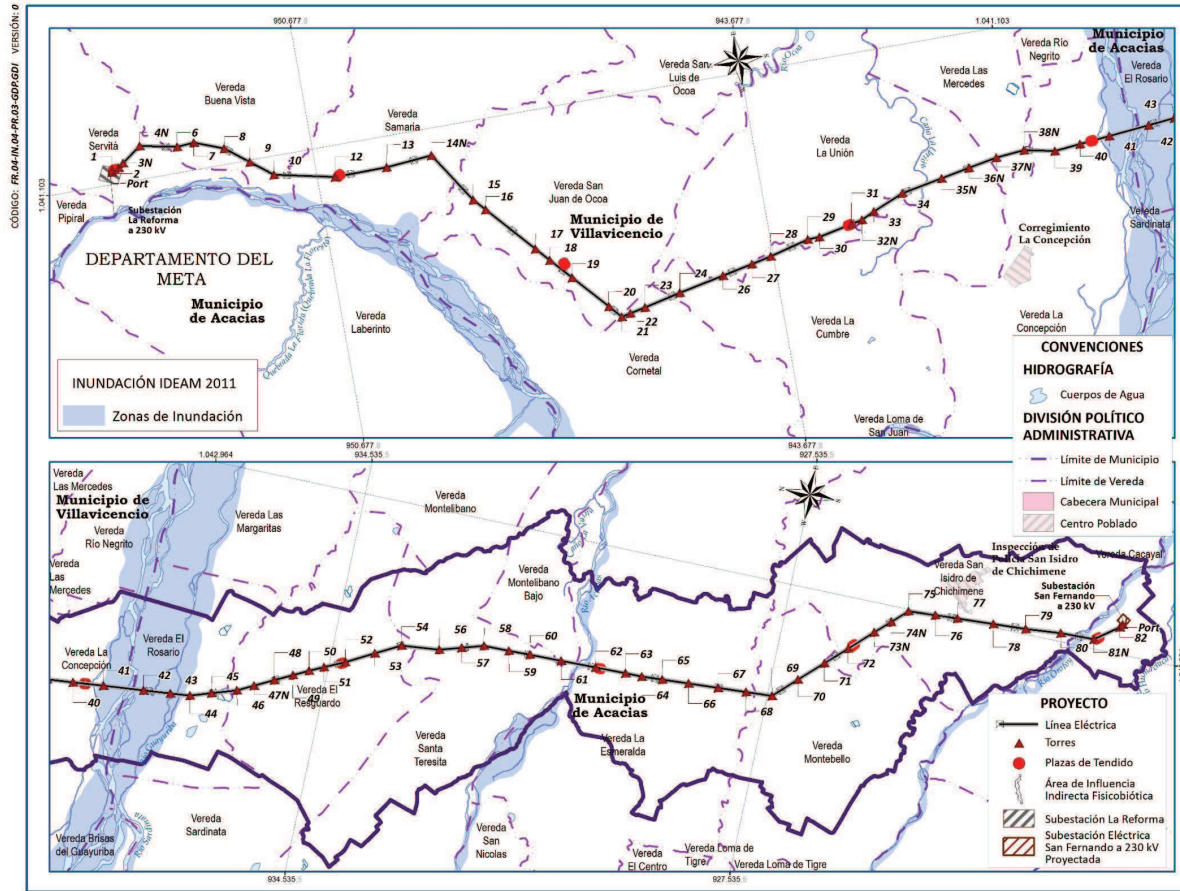
- **Mapa de inundaciones periódicas IDEAM 2011**

De acuerdo a la información sobre el impacto del Fenómeno de "La Niña" durante el segundo periodo de lluvias del año 2010 y la primera temporada del 2011, el producto del trabajo interinstitucional realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Departamento Nacional de Estadísticas (DANE), determino el grado de afectación; estableciendo las prioridades para la atención y respuesta a las zonas damnificadas e identificar las zonas susceptibles a inundación<sup>47</sup>, sin embargo para el área de estudio de la línea eléctrica se reportaron eventos de inundaciones en los ríos Guayuriba, Acacias y Orotoy, como se presentan en la **Imagen 3.2-78**.

---

<sup>47</sup> Reporte final de áreas afectadas por Inundaciones 2010 – 2011, septiembre 9 del 2011.

Imagen 3.2-78 Mapa de inundaciones periódicas IDEAM 2011



InundacionIDEAM2011.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Acacias – Pajure**

Según el POMCA del río Acacias la susceptibilidad de inundación de la zona se determinó con base en las condiciones geomorfológicas del área constituye uno de los mayores soportes al momento de la zonificación, facilitando la correlación entre las geoformas principales y los efectos sobre los procesos erosivos y de remoción en masa presentes., para lo cual se identificaron las unidades que pueden llegar a verse afectado por inundaciones; Por la topografía de la zona, la cuenca alta del Río Acacias-Pajure presenta un bajo potencial de inundaciones, la precipitación que llega al área se desplaza rápidamente hacia la cuenca baja y no genera acumulaciones que pueda generar inundación.

Dentro de la información obtenida, se conoció que los problemas de Inundaciones son recurrentes, y que procesos como la socavación lateral se están convirtiendo en factores que facilitan los desbordamientos de los cauces en época de invierno, de igual forma dentro de las características hidrográficas los cauces de los ríos y quebradas son estrechos y profundos y sus corrientes presentan alta energía, lo que facilita la constante erosión de las laderas y de los márgenes de los cauces, facilitando en épocas de lluvias los represamientos en la parte alta con un desenlace de avalancha en le parte media y baja de la ladera.

- **Formulación de la fase de diagnóstico del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Guayuriba**

De acuerdo con el diagnostico Los riesgos y amenazas naturales analizados en la cuenca, muestran que la vulnerabilidad por estabilidad ocupa un alto porcentaje de la parte alta de la misma, en donde según las características fisiográficas, geológicas y geomorfológicas se concluyó que el 6 % del área total de la cuenca se encuentra en muy alto grado de amenaza por deslizamientos, el 39% del área total presenta una alta amenaza por fenómenos de remoción de suelos y 8.500 hectáreas presentan una probabilidad media a fenómenos de escurrimiento.

La parte baja de la cuenca, por su parte, presenta una alta vulnerabilidad a la ocurrencia de eventos de inundación de forma tal, que el 22 % del área total de la cuenca se ubica en una amenaza baja y 24.987 hectáreas se encuentran en amenaza media.

Al respecto es importante señalar que se observa en la parte baja de la cuenca, un el patrón de asentamientos, que se relacionan directamente con el comportamiento hidráulico del río Guayuriba. A medida que el río deposita los sedimentos de arrastre de la parte alta de la cuenca y deja a su paso grandes playas y barras de arena, estas áreas son utilizadas por los pobladores para el establecimiento de viviendas y desarrollo de sistemas de producción; es así como en las veredas Puerto Tembleque y La Vigía de Villavicencio, Pesqueros de San Carlos de Guaroa, y Las Margaritas, El Rosario y San José de las Palomas de Acacias, se observan asentamientos humanos en las llanuras de divagación los cuales son susceptibles a inundarse o desaparecer ante un evento extremo de lluvia, o por el comportamiento morfológico normal del río que hace que las condiciones del lecho y de sus orillas cambien constantemente.

Los cambios morfológicos del río si bien obedecen al comportamiento normal del patrón de drenaje, pueden verse agudizados por las prácticas inadecuadas de minería como agente que afecta el comportamiento hidráulico y acelera los cambios en la dirección del cauce”.

Se identificaron las siguientes zonas de riesgo:

- Se ubica a la margen izquierda del río Guayuriba hasta el afluente del río negro y otros cercanos a él.
  - El río se lleva parte del cultivo de arroz de la finca Aracuara. Se ubica en la margen derecha del río Guayuriba
  - En fincas la Campeta, San Luis, Alaska y Aracuara. Sobre la margen izquierda del río Guayuriba, aguas abajo del río.
  - La rivera del río Sardinata se desborda y causa inundación en los predios.
  - Las crecientes del río Sardinata provocan el desbordamiento de éste afectando población humana, arrastra gran cantidad de sedimentos y otros materiales que encuentra a su paso.
- **Plan de ordenación y manejo de la cuenca del Río Ocoa**

Las inundaciones por desbordamiento natural de los ríos Guatiquia y Ocoa en la de estudio se producen por que, en los tramos respectivos, los cauces son de baja pendiente y reciben los caudales de creciente que se generan en sus cabeceras y los sedimentos producidos por erosión pluvial y por movimientos en masa de los ríos principales y afluentes. Como los cauces son de baja pendiente operan como zonas de depósitos y las cotas de fondo aumentan progresivamente.

La cuenca corresponde a abanicos aluviales de corrientes de piedemonte las cuales presentan características geomorfológicas e hidráulicas especiales. Desde el punto de vista hidráulico, durante los eventos de creciente la energía cinética del agua tiende a acortar el recorrido del agua haciéndolo lo más rectilíneo posible, mientras la geomorfología del abanico presenta condiciones topográficas especiales en el momento de generación de los depósitos de sedimentos, creando zonas bajas por las márgenes a lo largo del recorrido de la corriente principal.

- **Plan Básico de Ordenamiento Acacias – Meta**

De acuerdo al artículo 49 “ACUERDO No. 021 (junio 21/2000) Por medio del cual se adopta el Plan Básico de Ordenamiento” *Las áreas que por sus características representan amenaza de ocurrencia de desastres naturales, se delimitarán y se excluirán de asignárseles usos urbanos o residenciales o de cualquier otro tipo de construcción permanente.*

*Para efectos del presente acuerdo declárese como zonas de alto riesgo: por fenómenos hidrometeoro lógicos como son las inundaciones que se presentan en el río Guayuriba en la margen derecha. Caño Chichimene, vegas del río Acacias en la vereda Dinamarca; por falla geológica de Guaycaramo, que cruza las veredas: Portachuelo, Líbano, Laberinto, Brisas del Guayuriba, Pradera, Colonia, Alto Acaciñas, La Palma, El Playón, Alto Acacias,*

*San Juanito; por deslizamiento de tierra las zonas demarcadas en las veredas: Los Pinos, Líbano, Laberinto, Vista Hermosa, Loma de San Juan, Brisas del Guayuriba, Colonia Penal, San Pablo, Alto Acaciñas, Fresco Valle, Sardinata Alta; por riesgo tecnológico generado por la línea de conducción del gasoducto Cusiana-Apiay-Bogotá, en el que se delimita por un corredor de seguridad de 100 metros, y cruza las veredas: Portachuelo, Líbano, Los Pinos, Sardinata..*

- **Esquema de Ordenamiento Territorial - EOT- del municipio de Castilla La Nueva**

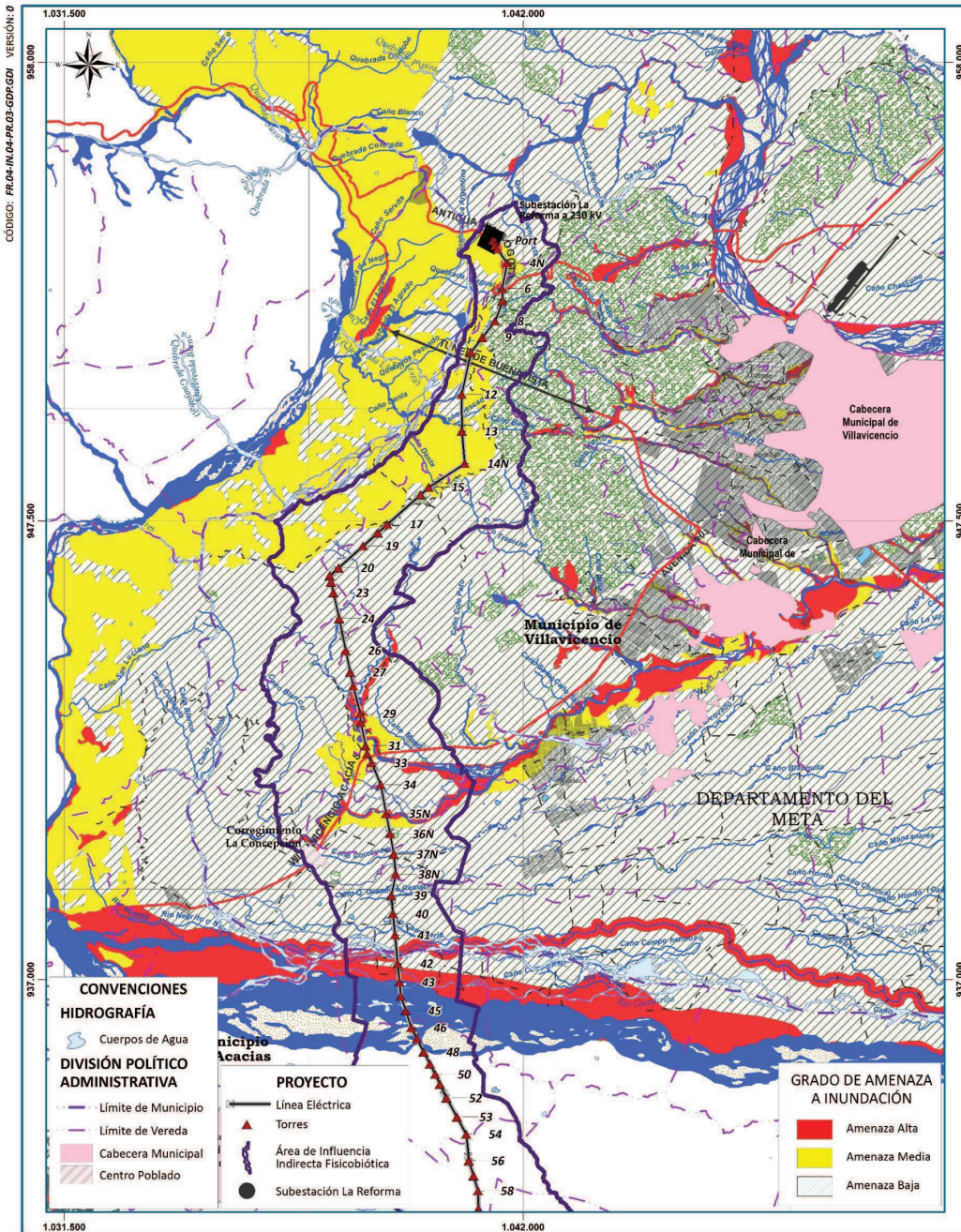
El EOT del municipio del Castilla La Nueva, dice que “*el municipio está expuesto a sufrir graves problemas de inundación y socavación por estar ubicado entre las dos fuentes hídricas más importantes del municipio, como son el río Guamal y Humadea. Reciente estudio contratado por el Administración Municipal, demuestra, como en tiempos de invierno se presentan fuertes crecientes e inundaciones en algunas zonas, que afectan importantes áreas de cobertura en pastos, cultivos, rondas y se acompañan de socavamientos y volcamientos con grandes volúmenes de erosión y sedimentación en lo largo de su trayecto.*

*Geomorfológicamente en zonas de “vega una unidad periódicamente inundable que cede y recibe constantemente aluviones de lecho (gravas, cantos, arenas), impidiendo el desarrollo de suelo y vegetación” y en zonas de sobrevega que “ocupa espacios a lado y lado de la vega; es ligeramente más elevada y solo ocasionalmente inundable, lo cual favorece los procesos pedogenéticos y el desarrollo de una adecuada cobertura vegetal. Su posición más alta se debe a aportes aluviocoluviales laterales y a la sedimentación de cargas en suspensión durante crecidas excepcionales” y en las terrazas deposicionales se puede considerar que éstas se forman cuando la corriente madre se recorta en sus propios aluviones debido a un descenso en el nivel base de erosión, siguiendo la secuencia: a) Incisión, b) ensanchamiento del nuevo cauce, c) Nueva sedimentación, lo cual puede repetirse más veces para dar lugar a niveles de terrazas”.*

- **Memoria justificativa del proyecto revisión y ajuste del plan de ordenamiento territorial Municipio de Villavicencio – Meta**

Se establece áreas de amenaza Alta que son aquellas áreas con alta probabilidad de ocurrencia de inundación por desbordamientos naturales de río y quebradas, demarcadas por la proyección de la zona inundable sobre el terreno para una recurrencia interanual; dado que la probabilidad de excedencia de las inundaciones es muy frecuente. La zona afectada corresponde a su mayoría al cauce principal, vegas y sobrevegas, como se presenta en la **Imagen 3.2-79**.

Imagen 3.2-79 Zonificación por amenazas naturales – inundaciones del Plan de Ordenamiento Territorial - Villavicencio



AmenazaInundaVillavicencio.mxd

Fuente: POT del municipio de Villavicencio. 2015

De acuerdo la revisión de los documentos de referencia, en términos generales se identificaron como cuerpos de agua con potencial a la inundación: río Guatiquia, río Ocoa, río Guayuriba, río Sardinata, río Acacias y río Orotoy.

Las inundaciones que ocurren en cada cuenca, se relacionan con los desbordamientos del río y de sus caños afluentes causados por la alta escorrentía consecuencia de fuertes precipitaciones, hecho que sumado a la disminución del proceso de autorregulación de caudales originado por la pérdida de vegetación en diferentes partes de la cuenca y a las condiciones físicas del terreno, ocasiona emergencias principalmente desde el punto de vista económico para la población asentada en las microcuencas bajas del área de estudio ya que en cada temporada de inundaciones los cultivos y ganado presentan riesgos y pérdidas considerables.

Adicionalmente, la dinámica fluvial de los ríos, es el producto de las descargas y acumulaciones ocurridas durante la fase de erosión, transporte y acumulación, generadas por las crecientes mayores de los drenajes que nacen sobre la zona montañosa y descargan sus depósitos hacia las partes bajas del lecho y en la llanura de inundación de los mismos. Una vez estos ríos salen de la cordillera, forman un cauce trenzado y frecuentes desplazamientos del cauce por los brazos de este tipo de trenzamientos, y que en época de altas precipitaciones aumenta la lámina de agua ocasionan desbordamientos del cauce hacia las llanuras.

#### *3.2.4.8.2 Fase II: Delimitación de la franja de inundación*

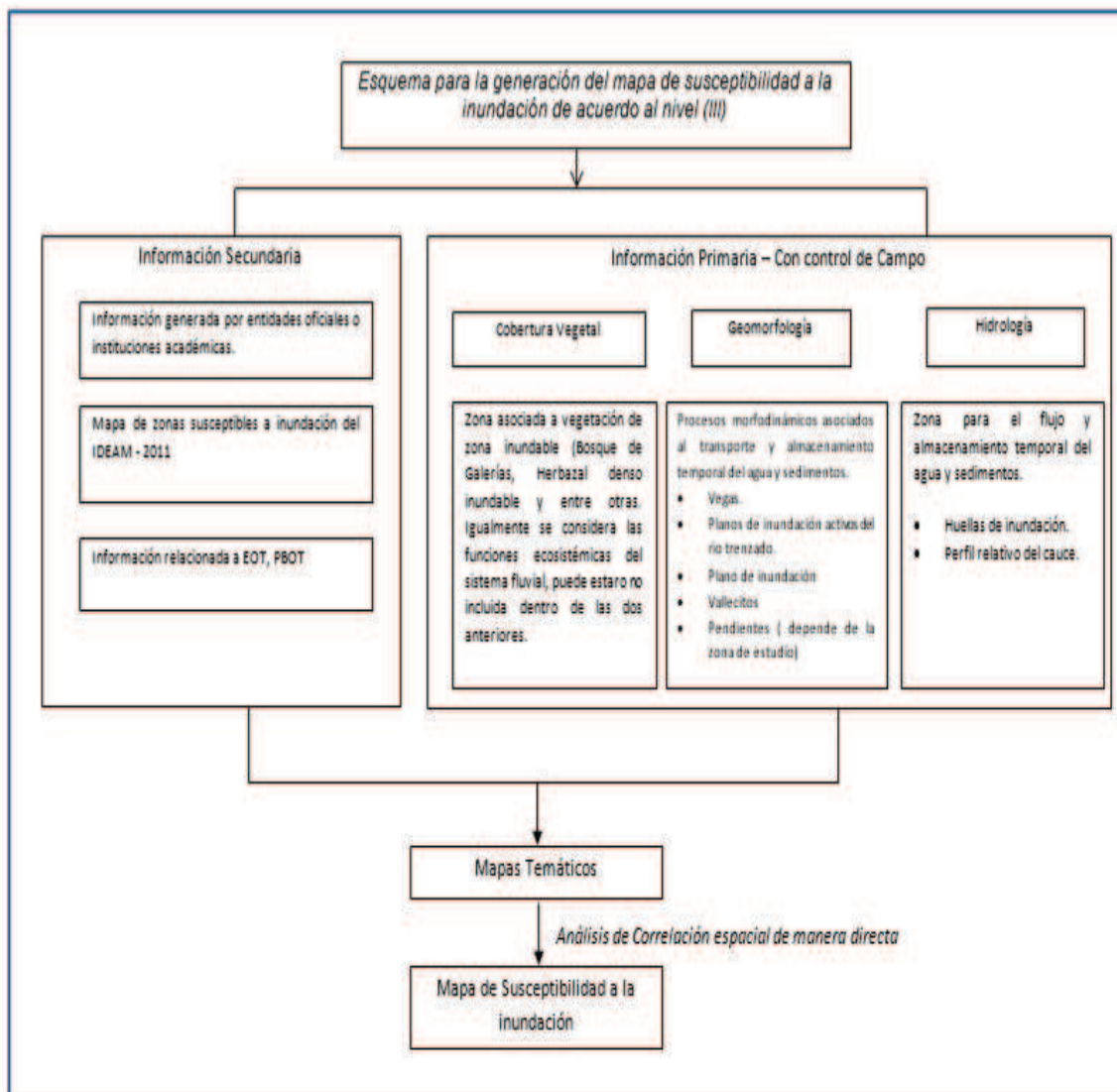
La utilización de datos históricos sobre inundaciones (Información secundaria y primaria), posee en la actualidad un elevado potencial a la hora de mejorar el análisis de susceptibilidad a la inundación, debido a que engloba un periodo de tiempo muy superior al registrado por las estaciones meteorológicas y caracterización hídrica de la zona, ofreciendo una primera imagen de cuáles son los terrenos que pueden verse afectados por una inundación. No obstante, teniendo en cuenta los alcances del presente estudio y con el objetivo de realizar una estimación de las áreas susceptibles a inundación, se partió de la correlación de tres (3) componentes: cobertura vegetal, geomorfología e hidrología.

Teniendo en cuenta que las características geomorfológicas, específicamente las relativas al tipo de relieve definen en gran medida el comportamiento hídrico de la zona, se utilizó como base este componente, a partir del cual se procedió a hacer la respectiva verificación de las áreas con mayor grado de sensibilidad frente a posibles eventos de inundación con la información de coberturas vegetal, las cuales a su vez, son la respuesta natural del ambiente a la interacción del componente biótico y la acción antrópica.

Es así como se definieron zonas de alta susceptibilidad a la inundación a partir de la existencia de coberturas que se encuentran típicamente asociadas a cuerpos de agua y excesos de humedad, en tanto que se validó que aquellas áreas en las cuales se encuentra una forma de terreno asociada a susceptibilidad baja a la ocurrencia de este tipo de eventos, correspondiesen a coberturas vegetales que indicaran esta misma condición.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la **Imagen 3.2-80**, se expone de forma general la metodología implementada y se describen los pasos implementados para obtener el mapa de susceptibilidad a la Inundación.

**Imagen 3.2-80 Metodología generación mapa de inundación para el área del proyecto**



Fuente: Antea Group, 2017 adaptado de acuerdo a la Guía para el acotamiento de las Rondas Hídricas (MADS, 2012)

Teniendo en cuenta lo anterior, en la **Imagen 3.2-80**, se expone de forma general la metodología implementada para la elaboración del mapa de Inundación, en donde se describen los pasos implementados para obtener el mapa de Inundación.



- **Componente ecosistémico – Cobertura vegetal**

El siguiente paso consistió en la verificación del grado de susceptibilidad obtenido del ítem anterior con el mapa de coberturas de la tierra, definiendo cuales de las coberturas existentes se pueden asociar a áreas inundables, de acuerdo a sus características bióticas. La relación de coberturas y categoría de susceptibilidad a la inundación se presenta en **Tabla 3.2-108**.

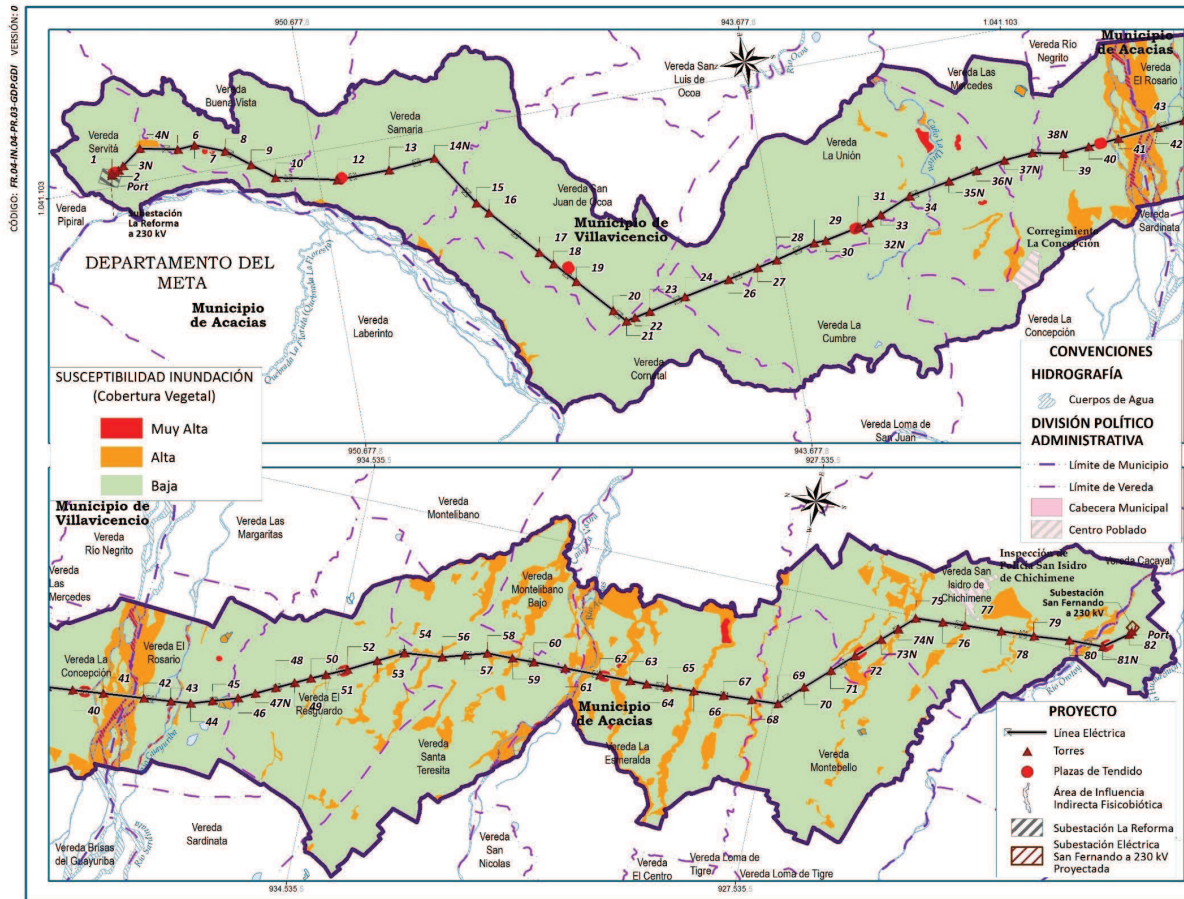
De lo anterior se tienen dos grupos de coberturas, el primero corresponde a todas aquellas que por sus características se pueden asociar fácilmente a la permanencia o excesos de agua y el segundo grupo hace referencia a todas aquellas coberturas que, si bien pueden asociarse a áreas inundadas, también se pueden encontrar en áreas no inundables. En la **Imagen 3.2-81** se puede observar la mayor parte del área presenta una susceptibilidad baja a la inundación con un 74,2% para el área de influencia directa y un 72,91% para el área de influencia físico biótica mientras que el porcentaje de las áreas susceptibles a inundación alta corresponden al 25 % y 26,22 % respectivamente y finalmente las áreas susceptibles a inundación muy alta corresponde al 0,8 % y 0,86 % respectivamente.

Tabla 3.2-108 Susceptibilidad a inundación de la cobertura vegetal componente ecosistémico

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NOMENCLATURA	NOMBRE	SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN	AI DIRECTA		AII FISICBIOTICA	
								ÁREA	%	ÁREA	%
1	11	111			Tuc	1.1.1. Tejido urbano continuo	BAJA	0,00	0,00	39,96	0,40
1	11	112			Tud	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	BAJA	0,00	0,00	71,44	0,72
1	12	121	1211		Zi	1.2.1.1. Zonas industriales	BAJA	0,38	0,36	26,84	0,27
1	12	121	1211		Rv	1.2.2.1. Red vial y territorios asociado	BAJA	0,32	0,30	19,89	0,20
1	13	131	1312		Ehc	1,3,1,2, Explotación de hidrocarburos	BAJA	0,00	0,00	79,00	0,80
1	13				Emc	1,3,1,5, Explotación de materiales de construcción	BAJA	0,00	0,00	23,73	0,24
2	21				Ct	2,1, Cultivos transitorios	BAJA	0,73	0,68	59,98	0,60
2	22	223	2232		Pac	2,2,3,2, Palma de aceite	BAJA	19,44	18,22	865,66	8,73
2	22	223	2233		Ctr	2,2,3,3, Cítricos	BAJA	0,70	0,65	74,38	0,75
2	23	231			Pl	2,3,1, Pastos limpios	BAJA	26,98	25,29	2884,90	29,08
2	23	232			Pa	2,3,2, Pastos arbolados	BAJA	20,26	18,98	1777,43	17,92
2	23	233			Pe	2,3,3, Pastos enmalezados	BAJA	3,94	3,69	682,21	6,88
3	31	312	3121	31211	Baaf	3,1,2,1,1, Bosque Abierto Alto de Tierra Firme	ALTA	18,99	17,80	1862,33	18,77
3	31	314			Bgr	3,1,4, Bosque de galería y ripario	ALTA	4,94	4,63	567,35	5,72
3	32	323	3231		Vsa	3,2,3,1, Vegetación Secundaria Alta	BAJA	5,63	5,28	490,71	4,95
3	32	323	3232		Vsb	3,2,3,2, Vegetación Secundaria Baja	BAJA	0,69	0,64	62,03	0,63
3	33	331	3311		Ply	3,3,1,1, Playas	ALTA	2,14	2,01	160,28	1,62
3	33	333			Tdd	3,3,3, Tierras desnudas y degradadas	BAJA	0,27	0,25	66,04	0,67
4	41	411			Zpn	4,1,1, Zonas Pantanosas	ALTA	0,44	0,41	8,62	0,09
5	51	511			R	5,1,1, Ríos	MUY ALTAS	0,68	0,64	66,25	0,67
5	51	512			LI	5,1,2, Lagunas, lagos y ciénagas naturales	MUY ALTAS	0,18	0,17	19,32	0,19
5	51	514	5142		Lo	5,1,4,2, Lagunas de oxidación	BAJA	0,00	0,00	9,39	0,09
5	51	514	5143		Eac	5,1,4,3, Estanques para acuicultura continental	ALTA	0,00	0,00	3,14	0,03
<b>TOTAL</b>								<b>106,56</b>	<b>100</b>	<b>9920,88</b>	<b>100</b>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Imagen 3.2-81 Susceptibilidad a inundación del componente ecosistémico para el área del proyecto



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Componente geomorfológico**

Debido a las características propias de la zona el componente geomorfológico es el más apropiado para hacer la aproximación más ajustada a las condiciones del área de identificación de áreas inundables, es por esta razón que dentro de los criterios utilizados para su identificación, está dicho componente.

Para determinar todas aquellas áreas susceptibles a inundarse, se hizo inicialmente el cruce de información entre la hidrografía existente en el área de estudio interceptada por la línea de transmisión de 230 Kv La Reforma – San Fernando y el mapa geomorfológico (**Mapa EEB-SFDO-CT100614-L170-HSE-2033**) de la misma, en donde se definen las formas de terreno asociadas al tipo de relieve (**Tabla 3.2-109**).

Es así como se relacionó el grado de susceptibilidad de ocurrencia del evento (inundación), con las características propias de cada forma de terreno y su tendencia a la inundación, teniendo en cuenta lo señalado en el documento “Evaluación preliminar del riesgo de inundación”, del Gobierno de España, “(...) *El análisis de la información geomorfológica permite la identificación de las zonas aluviales y torrenciales, determinándose por un lado el grado de inundabilidad de las mismas, y por otro el riesgo potencial en función de los usos del suelo en ellas desarrollados. Las inundaciones modifican las características geomorfológicas de las zonas por donde transcurren, y el estudio de estas características permite delimitar el alcance de la inundación.*

*Una de las formas de poder delimitar, con carácter preliminar, las zonas potencialmente inundables, es graficar sobre la cartografía base las morfologías fluviales, formas y depósitos que los ríos han formado generalmente vinculadas con inundaciones pasadas. De entre las diferentes morfologías fluviales, las zonas aluviales y torrenciales de génesis más reciente son fundamentales para el análisis preliminar, puesto que en gran medida marcan el grado de inundabilidad (y por lo tanto de peligro) que presentan los terrenos (...)*”

Bajo estas consideraciones, se definió para cada una de las áreas inundables dentro del área de estudio interceptada por la línea de transmisión de 230 Kv La Reforma – San Fernando, cuyo resultado se ejemplifica en las **Imagen 3.2-82**, que una susceptibilidad alta a la inundación, estas áreas representan un 4,63 % (4,91 Ha) para el área de influencia directa y 3,78 % (374,83,76 Ha) para el área de influencia físico biótica, moderado presentan 4,26 % y 5,75% respectivamente y mientras que las áreas con una baja susceptibilidad a la inundación les corresponde un 88,7 % (94,06 Ha) y 88,1 % (8499,69 Ha) siendo esta la área que predominan dentro del área de estudio para la línea eléctrica.

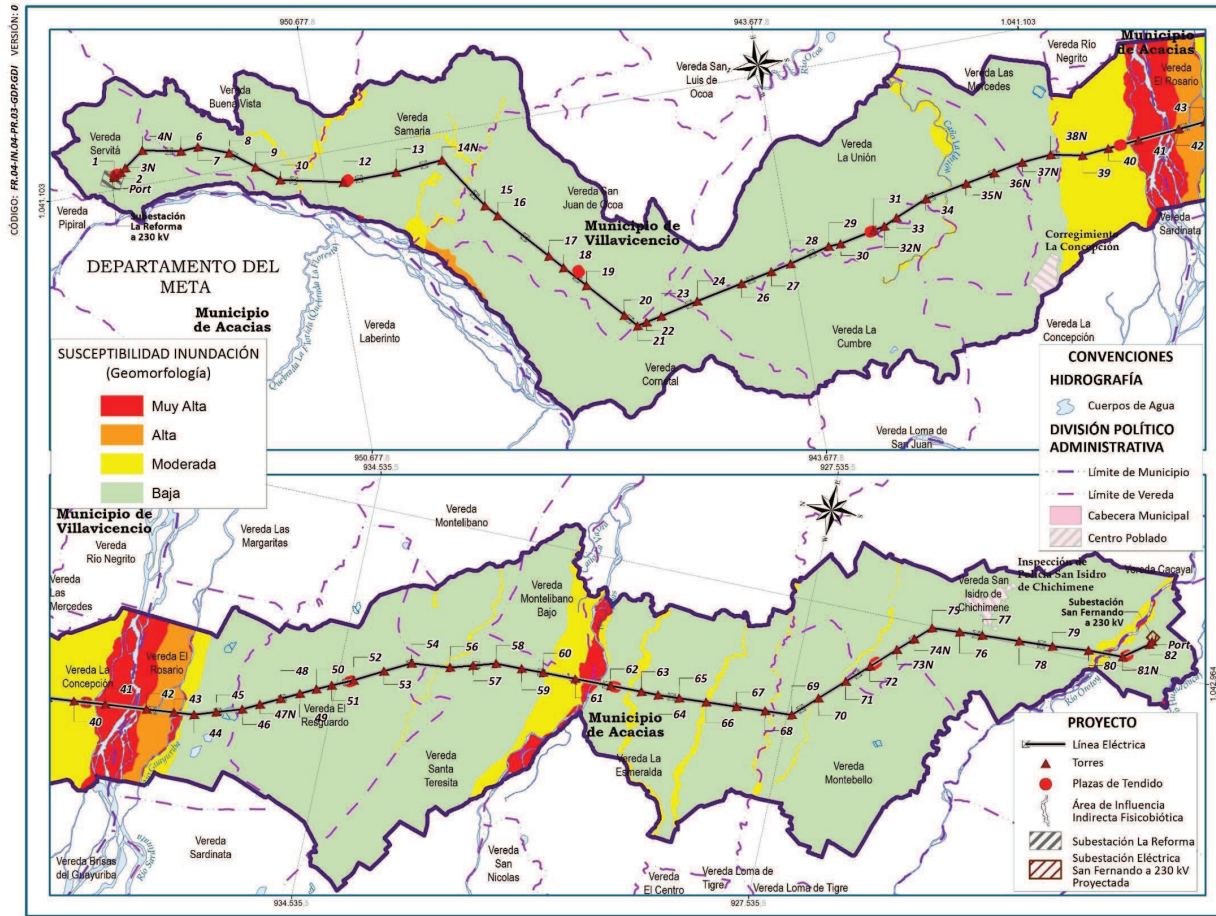
**Tabla 3.2-109 Susceptibilidad a la inundación componente Geomorfológico**

AMBIENTE MORFOGENÉTICO	PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL TIPO DE RELIEVE Y PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS ACTUALES	SÍMBOLO	SÍMBOLO GEOMORFOLOGÍA	SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN	AI DIRECTA		AII FISICIOBIÓTICA	
							ÁREA	%	ÁREA	%
Estructural	Montañas Fluvio-gravitacionales	Filas - vigas	Relieve quebrado y escarpado, pendientes 25-75%, laderas medias y largas rectilíneas, con cimas estrechas y convexas, Afectados por deslizamientos localizados, patas de vaca y erosión laminar ligera	MPHef1		BAJA	0,00	0,00	244,05	2,46
			Relieve escarpado, pendientes superiores al 25 %, Laderas largas y rectilíneas, cimas agudas y convexas, Afectados por escurrimiento difuso, deslizamientos y desprendimientos puntuales	MTEef		BAJA	2,90	2,72	241,16	2,43
			Relieve quebrado y escarpado; pendientes mayores del 25%, laderas largas, rectilíneas y ligeramente convexas, Las cimas son agudas y convexas, Afectados por deslizamientos localizados y erosión laminar ligera	MUJef1		BAJA				
	Montañas Plegadas	Crestas, crestones y espinazos	Relieve inclinado y escarpado, pendientes 25-75%, laderas asimétricas rectilíneas y largas, escarpes agudos, Afectados por escurrimiento difuso y erosión laminar ligera	MUOef1	MPcc	BAJA	5,64	5,29	703,75	7,09
	Montañas Plegadas Fluvio-gravitacionales	Filas – vigas, crestas y crestones	Relieve inclinado y escarpado, pendientes 25-75%, laderas medias y largas, rectilíneas y ligeramente convexas, Escarpes con pendientes mayores de 75%, Afectados por deslizamientos puntuales, escurrimiento difuso y erosión laminar ligera	MUPef1	MPFfv	BAJA	27,31	25,74	2305,63	23,24
Vallecitos Coluvio - aluviales		Geoforma de relieve inclinado y escarpado, pendientes 25-75%, laderas medias y largas, rectilíneas y ligeramente convexas, Afectados en usos cabeceras por movimientos de carácter retrogresivo			MODERADA	0,27	0,25	69,59	0,70	
Estructural - Denudativo	Piedemonte Mixto	Terrazas	Relieve plano a ligeramente ondulado, pendientes 0-7%, Se presentan varios niveles de origen tectónico, Afectados por escurrimiento difuso generalizado	PVAa	PMt	BAJA	38,39	35,97	3807,62	38,38
		Abanicos Antiguos	Relieve plano a inclinado, pendientes 1-7%, Microrrelieve ondulado, Pedregosidad superficial en el ápice, disección ligera a moderada, Escurrimiento difuso generalizado en los planos y concentrado en los drenajes naturales	PVCap	PMaa	BAJA	5,68	5,32	678,24	6,84
		Vallecitos de piedemonte	Relieve plano a ligeramente plano y verticales asociados a las margenes que entallan los cauces de la red del drenaje que desciende de las zonas morfológicamente más elevadas (asociadas al paisaje de montaña)	PUDa	PMv	MODERADA	0,84	0,79	128,34	1,29

AMBIENTE MORFOGENÉTICO	PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL TIPO DE RELIEVE Y PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS ACTUALES	SÍMBOLO	SÍMBOLO GEOMORFOLOGÍA	SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN	AI DIRECTA		AII FISICOBÍOTICA	
							ÁREA	%	ÁREA	%
Fluvial	Planicie Aluvial	Terraza agradacional nivel 1	Relieve plano a ligeramente ondulado, pendientes 0-7%, Presencia de zurales en las zonas con microrrelieve plano-cóncavo, Afectados por encharcamientos	RVGay	At1	BAJA	14,66	13,74	760,40	7,66
		Terraza agradacional Nivel 2	Relieve plano a ligeramente plano, pendientes 0-3%, Microrrelieve ondulado, Afectados por encharcamientos	RVHay	At2	MODERADA	2,11	1,98	219,13	2,21
		Plano de inundación	Relieve plano a ligeramente plano, pendientes 0-3%, microrrelieve cóncavo-convexo, surcado por cauces abandonados y lagunas, Inundables	RVNax	Ai1	MODERADA	1,30	1,22	153,95	1,55
			Relieve plano a ligeramente plano, pendientes 0-3%, Planicies de ríos trenzados, inundables	RVOax	Ai2	ALTA	1,63	1,53	122,04	1,23
		Vallecito Aluvial	Relieve plano a ligeramente plano, con presencia de procesos de socavación latera y de fondo de grado incipiente a moderado	RVCaxy	Av	MUY ALTA	2,53	2,37	197,84	1,99
	Valle Aluvial	Plano de inundación	Relieve plano a ligeramente plano, pendientes 0-3%, microrrelieve cóncavo - convexo, Planicies meandricas afectadas por inundaciones y encharcamientos	VVAaxy	Vpi	ALTA	2,30	2,16	174,62	1,76
		Vallecitos coluvio - aluviales	Relieve plano a ligeramente plano, pendientes 0-3%, Microrrelieve plano-cóncavo con ligera inclinación hacia los taludes superiores, Afectados por inundaciones y encharcamientos	VVCaxy	Vvca	ALTA	0,99	0,92	78,17	0,79
<b>TOTAL</b>							<b>106,56</b>	<b>100</b>	<b>9920,23</b>	<b>94,74</b>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

**Imagen 3.2-82 Susceptibilidad a inundación por el componente geomorfológico del área del proyecto**



SusceptinundaGeomorfologi.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

### 3.2.4.8.3 Resultado final

Teniendo en cuenta la metodología anteriormente descrita en la cual se contemplaron dos fases en el desarrollo de la misma y a partir de la correlación entre la cobertura vegetal, la geomorfología e hidrología, se identificaron las diferentes zonas susceptibles a la inundación y se realizó la categorización de áreas las cuales presentan una susceptibilidad muy alta a baja de inundación.

A partir de estas consideraciones, se realizó el cruce de información para identificar las áreas susceptibles de inundación por condiciones geomorfológicas asociadas al tipo de cobertura existente y a la dinámica hidrológica, en el área de estudio para la construcción y operación de la línea de transmisión de 230 Kv La Reforma – San Fernando. En la **Tabla 3.2-110** se puede observar la correlación entre el tipo de relieve y la cobertura vegetal asociada al grado de susceptibilidad a la inundación.

**Tabla 3.2-110 Cruce de información geomorfológica y cobertura vegetal**

Forma del Terreno	Susceptibilidad a la Inundación por Forma del Terreno	Cobertura Vegetal	Susceptibilidad a la Inundación por Cobertura de Tierra
Av y Vvca	MUY ALTA	Li y R	MUY ALTA
Ai2	ALTA	Baaf, Bgr, Ply, Zpn y Eac	ALTA
Ai1, At2, MPva, PMv, y Vpi	MODERADA		MODERADA
At1, MFfv1, MFfv2, MPcc, MPFfv, PMaa, PMt y ZU	BAJA	Tuc, Tud, Zi, Ehc, Emc, Ct, Pac, Ctr, Pl, Pa, Pe, Vsa, Vsb, Tdd y Lo	BAJA

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

A partir de la aplicación de la metodología descrita, de la superposición de información por componente y su verificación, en este sentido y de acuerdo a los resultados obtenidos para el área de estudio, los cuales se muestran en la **Tabla 3.2-111** predomina la susceptibilidad a inundación Baja con el 84,05% para el área de influencia Directa y 84,10 % para el área físico biótica del área, seguida por la amenaza alta con el 6,52 % y 7 % respectivamente, Este resultado muestra que las condiciones geomorfológicas del área influyen directamente en la posibilidad de ocurrencia y en el grado de amenaza por inundación, es decir que la corriente rebosa sus orillas durante los periodos de aguas altas (o de crecidas), láminas de agua de diferente altura abandonan el cauce y se extienden lateralmente hacia la llanura produciendo una sedimentación diferencial de su carga en suspensión, como resultado de su repentina reducción de velocidad y poder de transporte.

En la **Tabla 3.2-111** se incluye la información de descripción de cada una de las categorías de amenaza por inundación espacializadas en la **Imagen 3.2-83**, así como una somera descripción de los requerimientos asociados a su uso.



**Tabla 3.2-111 Descripción de la categorización de susceptibilidad a la inundación del área del proyecto**

SUSCEPTIBILIDAD	DESCRIPCIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO BIÓTICA	
		ÁREA (HA)	%	ÁREA (HA)	%
MUY ALTA	Corresponde a las áreas donde de acuerdo a los cruces de información entre los componentes geomorfológico y ecosistémico, identificados como los cuerpos de agua con lámina de agua durante todo el año o vegetación acuática asociada. Hace referencia a la cobertura vegetal asociada cuerpos de agua como rio (R), Lagunas, lagos y ciénagas naturales (LI). Contemplando todos los elementos anterior mente mencionados la susceptibilidad a la inundación en estas zonas es muy alta.	3,78	3,54	304,38	3,07
ALTA	Corresponde a todas aquellas áreas donde existe un cruce entre formas del terreno identificadas con alto potencial para la ocurrencia de inundaciones como Plano de inundación con un Relieve plano a ligeramente plano, pendientes 0-3%. Planicies; de igual manera la cobertura vegetal predominante en estas zonas son Explotación de materiales de construcción Emc), Bosque Abierto Alto de Tierra Firme(Baaf), Bosque de galería y ripario (Bgr), playas (Ply) y Zonas pantanosas.	7,02	6,58	694,39	7,00
MODERADA	Corresponde a todas aquellas áreas donde existe un cruce entre formas del terreno como las Terraza agradacional Nivel 2, los Plano de inundación con Relieve plano a ligeramente plano, pendientes 0-3%, microrrelieve concavo-convexo, surcado por cauces abandonados y lagunas. Inundables y el plano de inundación con un Relieve plano a ligeramente plano, pendientes 0-3%, microrelieve cóncavo - convexo. Planicies meandricas afectadas por inundaciones y encharcamientos.	6,07	5,84	578,50	5,83
BAJA	Corresponde a zonas en donde se presentan tipos de relieve como Filas – vigas de paisaje de montaña, Montañas Plegadas, Terrazas, Abanicos Antiguos y las Terraza agradacional nivel 1 y donde la cobertura vegetal asociada a estos tipos de relieves corresponde a Tejidos urbanos continuos (Tuc), tejidos urbanos discontinuo (Tud), zonas industriales (Zi), explotación de hidrocarburos (Ehc), pastos arbolados (Pa), pastos enmalezados (Pe), vegetación secundaria alta (Vsa), Vegetación secundaria baja (Vsb) y Tierras desnudas, Lagunas de oxidación (Lo), cultivos transitorios (Ct), Palma de aceite (Pac), Cítricos (Ctr) y pastos limpios (Pl)y degradadas Tdd).	89,69	84,05	8343,66	84,10
<b>TOTAL</b>		<b>106,56</b>	<b>100</b>	<b>9920,92</b>	<b>100</b>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Entre los diversos factores naturales que pueden incidir en el área de estudio para la construcción y operación de la línea de transmisión de 230 kv La Reforma – San Fernando, encontramos la susceptibilidad a la inundación, la cual, entendida en un sentido amplio, es la combinación de los factores físicos dinámicos extremos, tipo de relieve y cobertura vegetal, es por eso que en el Mapa Susceptibilidad a la Inundación, encontramos sectores con un alto grado de susceptibilidad a la inundación, generando así restricciones en el desarrollo de actividades del estudio, sin embargo en el área estudio un gran porcentaje se presenta una susceptibilidad baja a la inundación, por lo que el desarrollo de las actividades de las diferentes actividades no se verán afectadas y se encontrarán ligadas a los planes y medidas de manejo ambiental necesarias para su desarrollo.

### 3.2.5 Calidad del agua

Cuando se establecen las características químicas, físicas, bacteriológicas y biológicas de las aguas de un río, caño, quebrada, laguna etc; se puede determinar cuáles serían los usos que se le pueden dar a este recurso. Este apartado pretende describir las características de los cuerpos de agua superficial dentro del área de influencia (AI) de la Línea Eléctrica de la Subestación La Reforma – San Fernando; estableciendo así una línea base de calidad de agua para el AI.

#### 3.2.5.1 Inventario de fuentes contaminantes

En la **Tabla 3.2-112** se presenta el inventario de fuentes contaminantes en los cuerpos de agua más representativas del área de influencia del proyecto.

Como se observa en la **Tabla 3.2-112**, las principales fuentes contaminantes de fuentes de agua superficiales en el área de influencia del proyecto corresponden a aguas residuales domésticas, pecuarias y aguas residuales industriales generadas por la actividad petrolera.

Durante la visita a campo se evidenció que las principales fuentes de contaminación de las fuentes de agua donde se localizan los puntos de captación de agua definidos para el proyecto (**Tabla 3.2-113**), corresponden al vertimiento directo de aguas residuales domésticas sobre el suelo sin ningún tipo de tratamiento y pozos sépticos convencionales en las veredas Buenavista, Samaria, El Rosario y San Teresita. En las veredas Las Mercedes y el Rosario se observa una fuerte presencia de actividad minera, donde el alto flujo de vehículos dentro de los cauces genera residuos aceitosos que contaminan dichas fuentes de agua, de igual manera esta actividad es causante de la desviación de la corriente

**Tabla 3.2-112 Inventario de fuentes contaminantes**

USUARIO	MUNICIPIO	VEREDA	ORIGEN	FUENTE RECEPTORA	RESOLUCIÓN	ESTE	NORTE
LILIA PARRADO DE TORO	Villavicencio	La Unión	Pecuario	Caño La Unión	PS-GJ 1.2.6.015.1860	1042771,00	941885,00
ECOPETROL S. A	Acacias	Estación acacias – Campo Castilla	Industrial	Río Guayuriba	PS.GJ 1.2.6.10.2471	1064560,00	933555,00
EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE ACACIAS ESPA S.A. E.S.P	Acacias	-	Doméstico	Río Acacias	PS-GJ 1.2.6.11.0448	1036257,00	931956,00
ECOPETROL S.A	Acacias	San Isidro de Chichimene	Industrial	Río Acacias	PS-GJ 1.2.6.15.2083	1045435,00	928957,00
ATONIO ELIAS AHUMADA WILCHES	Acacias	Santa Teresita	Doméstico	Suelo	PS-GJ 1.2.6.15.2247	1037242,00	933480,00

Fuente: CORMACARENA, 2017.

**Tabla 3.2-113 Inventario fuentes contaminantes en cercanías a sitios de captación**

MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE DEL PREDIO	FUENTE DE AGUA SUPERFICIAL CERCANA	FUENTE CONTAMINANTE
Villavicencio	Buenavista	La Flor (Casa 1)	Caño Pescado	Pozo Séptico (ARD)
		La Flor (Casa 2)		Pozo Séptico (ARD)
	Samaria	Caño Pescado		Pozo Séptico (ARD)
	Las Mercedes	Murcia y Murcia	Río Guayuriba	Residuos aceitosos movilización de vehículos, aporte de sedimentos al Río
Acacias	El Rosario	Predio La Argentina - Finca Villa Marly	Río Guayuriba	Vertimiento directo al suelo de ARD
		Predio La Argentina – Finca La Florida		Vertimiento directo al suelo de ARD
		Predio La Argentina- Finca El Principio		Vertimiento directo suelo de ARD Pozo séptico
		Predio La Argentina – Finca La Florida		Vertimiento directo al suelo de ARD
		Predio La Argentina – Vivienda		Vertimiento directo al suelo de ARD
		RP Mineros Constructores S.A.S		Residuos aceitosos movilización de vehículos, aporte de sedimentos al Río
	Santa Teresita	Mi Ranchito	Río Acacias	Pozo Séptico

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.5.2 Contexto regional

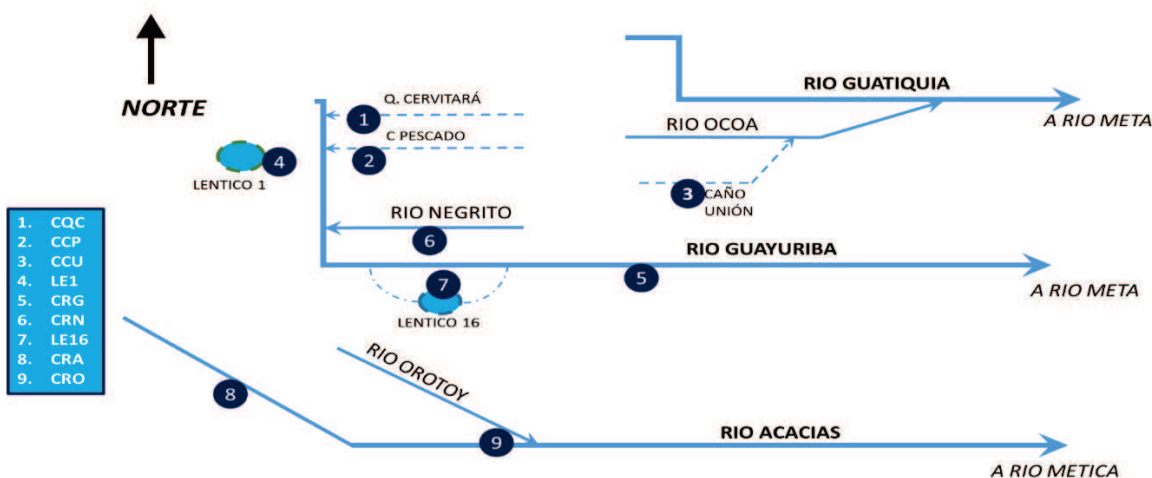
Para describir la calidad del agua dentro del AI se deben analizar las características físicas más relevantes de los sistemas más representativos, para este caso los sistemas lóticos y lénticos que se tuvo en cuenta fueron: quebrada Servitá (CQC), el caño Pescado (CCP), caño La Unión (CCU), río Guayuriba (CRG), río Negrito (CRN), río Acacias (CRA), río Orotoy (CRO) y los sistemas lénticos Lentico 1 (LE1) y Lentico 16 (LE16). Estos se han identificados de esta manera ya que no se encontró referencia del nombre de estos en el trabajo de campo ni en fuentes secundarias. La selección de estos sistemas tuvo en cuenta los cuerpos de agua a ser intervenidos directamente por el proyecto por las actividades de captación de agua (Caño Pescado, Río Guayuriba y Río Acacias) y por ocupación de cauce (Río Guayuriba y Río Acacias) y los demás puntos de monitoreo como seguimiento teniendo en cuenta que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto. Para explicar el contexto regional a continuación se explicará de manera breve las áreas hidrográficas que delimitan el AI partiendo desde un escenario nacional general, hasta alcanzar un nivel de clasificación más detallado. En la **Tabla 3.2-114** se puede apreciar el orden jerárquico de las vertientes a las que pertenecen los cuerpos de agua (sombreados en gris) analizados en este numeral y en la **Imagen 3.2-84** se explica la distribución espacial de estos cuerpos.

**Tabla 3.2-114 Cuencas hidrográficas para el área del proyecto**

OCÉANO	ÁREA HIDROGRÁFICA		ZONA HIDROGRÁFICA		SUB-ZONA HIDROGRÁFICA		MICROCUENCA	MICROCUENCA
	NOMBRE	ID	NOMBRE	ID	NOMBRE	ID		
Océano Atlántico	Río Orinoco	3	Río Meta	35	Río Metica (Guamal – Humadea)		Río Acacias	Río Orotoy
								Caño Unión
					Río Guayuriba		Río Negrito	
							Caño Pescado	
							Quebrada Servita	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

**Imagen 3.2-84 Esquema de distribución espacial de los cuerpos de agua muestreados**



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

### 3.2.5.2.1 Área hidrográfica del Orinoco<sup>48</sup>

Gran parte de las corrientes que pertenecen al área hidrográfica del Orinoco nacen en la cordillera Oriental, en los departamentos de Boyacá, Meta y Cundinamarca; luego transcurren a través de los llanos orientales por corrientes de grandes caudales como los ríos Meta, Guaviare, Inírida, Arauca, Vichada, Guayabero y Upía. El régimen hidrológico en toda el área es de tipo monomodal, con caudales máximos entre junio y agosto, mientras que los caudales mínimos tienen lugar entre enero y marzo.

### 3.2.5.2.2 Zona hidrográfica del río Meta

El río Meta nace en la Cordillera Oriental en el páramo de Sumapaz y tiene una longitud aproximada de 804 Km, durante su recorrido recorre parte los departamentos del Casanare, Vichada, Arauca y Meta. Dentro de los principales afluentes con que cuenta esta cuenca dentro del departamento del Meta se tiene: los ríos Humadea, Guamal, Orotoy, Acacias, Guayuriba, Negro, Ocoa, Guatiquía, Guacavía, Humea, Upía, Cabuyarito, Melúa, Manacacías, Yucao, y los caños: Camoa, Blanco, La Unión, Grande, Chichimene, Quenane, Mayuga, Caibe, Pecuca, Naguaya, Macapay, Pirigua, Mucoya, Aceite, Nare, Cumaral y Casibare; algunos de ellos abastecedores de acueductos municipales, esta zona hidrográfica, tiene un área aproximada de 93.800 Km<sup>2</sup> y un gran porcentaje de este cauce es navegable.

### 3.2.5.2.3 Sub-zona hidrográfica – Río Metica (Guamal – Humadea)

Está conformado por el caño Camoa y el Río Guamal, una vez recibe el río Humea se le llama Río Meta. El río Guamal recorre una cuenca de montaña de 220 km<sup>2</sup> drenada por una corriente con longitud total de 38,5 km, transcurre encañonado desde su nacimiento en el páramo de Peña Lisa (Sumapaz) hasta su salida al llano, los principales tributarios son las quebradas La Playa, Agualínda y La Chorrera, los caños Colorado, San Antonio, Cristalino, Aguepanelo y los ríos Minero y Guamalíto. En zonas de cambio de pendiente de fuerte a moderada, con grandes caudales en lechos de suelos granulares gruesos (arenas gravas) se presenta sedimentación de material de textura gruesa por disminución de la velocidad de la corriente después de las avenidas torrenciales o por el mismo cambio de pendiente. Los materiales se sedimentan en barras o puntas formándose varios cauces o brazos con islas intermedias, algunas veces con vegetación. Los lechos, en general son amplios y existe inestabilidad lateral.

### 3.2.5.2.4 Sub-zona hidrográfica río Guayuriba

El río Guayuriba desde su nacimiento en la confluencia de los ríos Blanco y Negro hasta la desembocadura en el río Metica recorre una longitud aproximada de 118,1 km. Los principales afluentes del río Guayuriba son los ríos Manzanares, Negrito y Sardinata, y las quebradas Vijagual, La Florida, Blancas, El Cascabel y El Engaño.

<sup>48</sup> Estudio Nacional del Ambiental del Agua. 2014

El Cauce del río Guayuriba en la parte alta hasta el piedemonte se caracteriza por poseer un valle en forma de “V” con ladera de pendientes muy pronunciadas y muy estrecho en el fondo, lo que da lugar a la formación de quebradas de gran pendiente y escasa longitud, en donde se pueden presentar un gran caudal máximo instantáneo de poca duración y un volumen que genera arrastre de material sólido. Los ríos Guayuriba y Sardinata son de gran capacidad de transporte de material de fondo y lateral, constituido por bloques espesos, cantos rodados, guijarros, gravas y arenas, dando lugar a grandes formaciones de depósitos aluviales sobre todo el recorrido del cauce de la zona plana<sup>49</sup>.

### 3.2.5.3 Características generales de las cuencas

Las unidades hidrográficas del área de estudio presentan formas muy alargadas y están menos propensas a recibir una lluvia intensa simultánea sobre toda la superficie y los riesgos a presencia de caudales pico acentuados e inundaciones bajas, en general las microcuencas son poco susceptibles a crecientes. Los drenajes presentan forma rectangular oblonga, generando cuencas muy alargadas, con tiempos de respuesta menores ante una lluvia.

Las cuencas presentan un relieve plano con pendientes menores a 3%, y una pendiente media de 4,9% siendo un relieve accidentado en el sector del piedemonte, a partir de esto se dice que son cuencas con velocidades flujo bajas en las que sus aguas tardan en depositarse en sus lechos fluviales, las corrientes con mayor pendiente y con mayor capacidad erosiva se encuentran en la zona occidental del área de estudio y corresponden a la cuenca del río Guayuriba. La mayoría de las corrientes tienden a ser moderadamente drenadas a altamente drenadas, las que son pobremente drenadas presentan una densidad de drenaje baja en comparación con su extensión total, por lo cual son menos susceptibles a las crecientes expresando una moderada respuesta eventos de precipitación extremos, esto no significa que estos fenómenos no se presenten con cierta regularidad.



A continuación, se presentan las características observadas de cada cuerpo de agua en el momento de la toma de muestras; en la **Tabla 3.2-115** se presentan los sistemas loticos y en la **Tabla 3.2-116** se presentan los cuerpos lenticos.



---

<sup>49</sup> Tomado del Plan de ordenamiento de la cuenca del río Guayuriba. Junio 12 de 2009



**Tabla 3.2-115 Sistemas lóticos**

<b>QUEBRADA SERVITÁ</b>					
<p>Está quebrada es tributaria del río Guayuriba, desemboca en la zona piedemonte, es una corriente típica de montaña y de forma muy alargada, permanente y altamente drenada, tipo de relieve accidentado, sus aguas son claras se nota bajo transporte de sedimentos, el sustrato se compone de arenas gruesas, guijarros, cantos rodados y gran cantidad de piedras de mediano y gran tamaño; sus riberas se inclinan 30 grados en ambas márgenes, sobre ellas se observa bastante cantidad de especies herbáceas, arbustos y árboles de mediano y gran tamaño.</p>					
					
<b>PENDIENTE</b>	28,70	<b>PROFUNDIDAD</b>	0,50	<b>CAUDAL (m³/s)</b>	0,673

<b>CAÑO PESCADO</b>					
<p>Nace en la parte alta de la vereda Buenavista entrega sus aguas al río Guayuriba, recorre un relieve accidentado; su longitud es aproximadamente de 4,47 km, su cauce se separa en varios ramales, el sustrato es rocoso y arenoso, sobresalen los cantos rodados y guijarros por su abundancia, el agua es de color café oscuro, Sus laderas tienen inclinaciones entre 30 y 40 grados aproximadamente, la vegetación en ellas se compone de árboles medianos y pequeños, arbustos, herbáceas y algunos parches de gramíneas.</p>					
					
<b>PENDIENTE</b>	13,49	<b>PROFUNDIDAD</b>	0,40	<b>CAUDAL (m³/s)</b>	4,631

### CAÑO LA UNIÓN

Es una corriente permanente de forma muy alargada y altamente drenada, tiene una longitud total de 33,11 Km tiene un área de drenaje de 18,44 km<sup>2</sup>, entrega sus aguas al río Ocoa, puede presentar pendientes del orden de 0,88%, se caracteriza por ser una cuenca pequeña, su recorrido va en dirección oriente-occidente. En el punto de monitoreo el agua es clara; sustrato rocoso; los cantos rodados y los guijarros componen la mayor parte del lecho, junto con la arena gruesa color amarillo, las riberas se componen de vegetación compuesta, arboles medianos, arbustos y herbáceas.



<b>PENDIENTE</b>	4,86	<b>PROFUNDIDAD</b>	0,80	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>	4,496
------------------	------	--------------------	------	---------------------------------	-------

### RÍO GUAYURIBA

Nace de la confluencia de los ríos Blanco y Negro, desemboca en el río Metica y recorre una longitud aproximada de 118,1 km, sus principales afluentes son los ríos Manzanares, Negrito y Sardinata, y las quebradas Vijagual, La Florida, Blancas, El Cascabel y El Engaño, de las corrientes analizadas es la corriente es la de mayor caudal, los datos son tomados por la estación limnológica PTE Carretera, ubicada en el municipio de Villavicencio a 575 m.n.s.n.m. Su cauce desde la parte alta hasta el piedemonte tiene un valle en forma de "V" con ladera de pendientes muy pronunciadas y muy estrecho en el fondo, en donde se puede presentar un gran caudal máximo instantáneo de poca duración y un volumen que genera arrastre de material sólido, sus riberas son constituidas por bloques espesos, cantos rodados, guijarros, gravas y arenas, dando lugar a grandes formaciones de depósitos aluviales sobre todo el recorrido del cauce de la zona plana<sup>50</sup> Posee tramos de 60 metros de ancho, presenta una configuración trezada y de aguas turbias por el gran transporte de sedimentos, su lecho se compone de arenas, cantos rodados y guijarros. Cerca al punto de muestreo se practica la minería de material de construcción, el cual se saca del lecho del río. La vegetación en las riberas de esta estación es muy parecida a las encontradas en los demás puntos de muestreo, se compone principalmente de árboles, arbustos, herbáceas y gramíneas.



<b>PENDIENTE</b>	1,81	<b>PROFUNDIDAD</b>	0,92	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>	127,93
------------------	------	--------------------	------	---------------------------------	--------

<sup>50</sup> Tomado del Plan de ordenamiento de la cuenca del río Guayuriba. Junio 12 de 2009

### RÍO NEGRITO

Forma una microcuenca de orden 4, es una corriente de forma muy alargada, de tipo permanente y altamente drenada, su recorrido va en dirección este - oeste desemboca en el río Guayuriba. Presenta un gradiente longitudinal que va desde 923 msnm hasta los 475 donde entrega sus aguas, tiene un área de drenaje de 4,33 km<sup>2</sup>, la longitud de la corriente principal es aproximadamente de 7,05 km, presenta pendientes en el orden de 6,35 % con tipo de relieve suave y se caracteriza por ser una cuenca pequeña.

Sus aguas son turbias con leve olor a aguas residuales, atraviesa la vía principal de la empresa minera que hace explotación sobre el río Guayuriba. El sustrato en este punto es lodoso con presencia de guijarros y cantos rodados. En las riberas se destacan las gramíneas y los arbustos, al momento de la toma de muestra, se observó árboles de mediano tamaño. Cerca de la sección muestreada desemboca un caño que lleva un fuerte olor a aguas residuales proveniente de las instalaciones principales de la minera en este punto.



<b>PENDIENTE</b>	6,35	<b>PROFUNDIDAD</b>	0,240	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>	1,087
------------------	------	--------------------	-------	---------------------------------	-------

### RÍO ACACIAS

La cuenca del Río Acacias Pajure, cuenta con un área de 93,000 hectáreas, su tributario principal es el Río Orotoy, el río Acaciitas y el caño Chichimene son sus tributarios secundarios más importantes. Esta cuenca, está constituida por drenajes que discurren en dirección preferencial O-E desde el flanco oriental de la Cordillera oriental sobre un relieve moderadamente ondulado a plano que descargan sobre el Río Metica. Recibe este nombre porque el cauce en su desembocadura lleva el nombre del Río Pajure pero corresponde al Río Acacias, que al recibir su tributario El Río Chichimene cambia de nombre a Río Pajure. La toma de la muestra se realizó sobre el brazo oriental del río Acacias, la sección tiene un ancho de 20 metros, el color de las aguas es marrón, tiene un olor característico de material orgánico en descomposición. El sustrato se compone principalmente de cantos rodados y arenas gruesas, en algunos puntos se observaron lodos, posiblemente compuestos por arcillas y limos. En las riberas se detectaron en su mayoría gramíneas, arbustos y herbáceas, con alguna presencia de árboles.



<b>PENDIENTE</b>	0,68	<b>PROFUNDIDAD</b>	0,70	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>	2,940
------------------	------	--------------------	------	---------------------------------	-------

**RÍO OROTOY**

La cuenca localiza al Nor-Oriente del departamento de Meta, sus aguas corren la parte norte de los municipios de Acacias y San Carlos de Guaroa, al sur recorre los municipios de Guamal y Castilla la nueva. El río Orotoy posee un área aproximadamente de 178,89 Km<sup>2</sup> con una longitud de la corriente de 88.84 Km, sus aguas se mezclan finalmente con las del río Acacias, sus aguas son claras con un notable transporte de sustrato compuesto por cantos rodados y arenas gruesas, cerca al punto de muestra el ancho es de 25 metros, su profundidad no supera los 0,5 metros, en las riberas se observó árboles de mediano tamaño, arbustos, herbáceas y gramíneas.



<b>PENDIENTE</b>	1,62	<b>PROFUNDIDAD</b>	0,220	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>	1,385
------------------	------	--------------------	-------	---------------------------------	-------

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

**Tabla 3.2-116 Sistemas lénticos muestreados**

**LENTICO 1**

Es una laguna con lámina de agua y se presenta en cobertura boscosa ubicada en el municipio de Villavicencio dentro de la vereda La Cumbre, está asociada al caño La Unión, pero no presenta en la actualidad una conexión clara con esta corriente, en sus alrededores se observan asentamientos humanos que pueden verter sus aguas residuales domésticas y al mismo tiempo consumir sus aguas. El agua es clara con leve aroma a materia orgánica en descomposición, en ella se observó larvas de insectos y algunos alevinos de peces. Sus riberas son de inclinación suave en algunos sectores y en los otros algo más pronunciadas; en ellas se pudo observar la presencia de arbustos y árboles, y en las partes despejadas gramíneas. En las orillas se acumulan diferentes clases de macrófitas características de estos cuerpos. El sustrato en las márgenes es de tipo lodoso arcilloso, con algunos limos y arenas.



### LENTICO 16

Cuerpo de agua natural de aguas cristalinas dentro de los terrenos de una finca, se observa un encierro para el cultivo de peces en uno de sus costados. En el lado sur se vierten las escorrentías de los establos de la hacienda. La presencia de macrofitas de distintas especies es apreciable tanto emergentes como sumergidas. En las riberas se observó un bosque de protección conformado principalmente por arbustos, herbáceas y árboles de mediano tamaño, entre los cuales se destacan frutales como el mango y la guama. El sustrato es de características lodosas en algunos sectores y areno-rocosa en otros.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

#### 3.2.5.4 Resultados de la campaña de muestreo

El muestreo calidad del agua se realizó en 9 puntos sobre los cuerpos de agua anteriormente descritos, fue realizado entre abril y mayo de 2016, entre el periodo de bajas precipitaciones que va hasta el mes de febrero y el periodo de altas que comienza en junio, en la **Tabla 3.2-117** se presenta la nomenclatura, las coordenadas de los sitios, las fechas en las que se realizaron y la codificación empleada para facilitar la representación de los resultados en el presente documento. En la **Imagen 3.2-85** se muestra la localización de los puntos dentro del área de influencia.

**Tabla 3.2-117 Ubicación de los sitios de muestreo para la caracterización de la calidad de agua superficial**

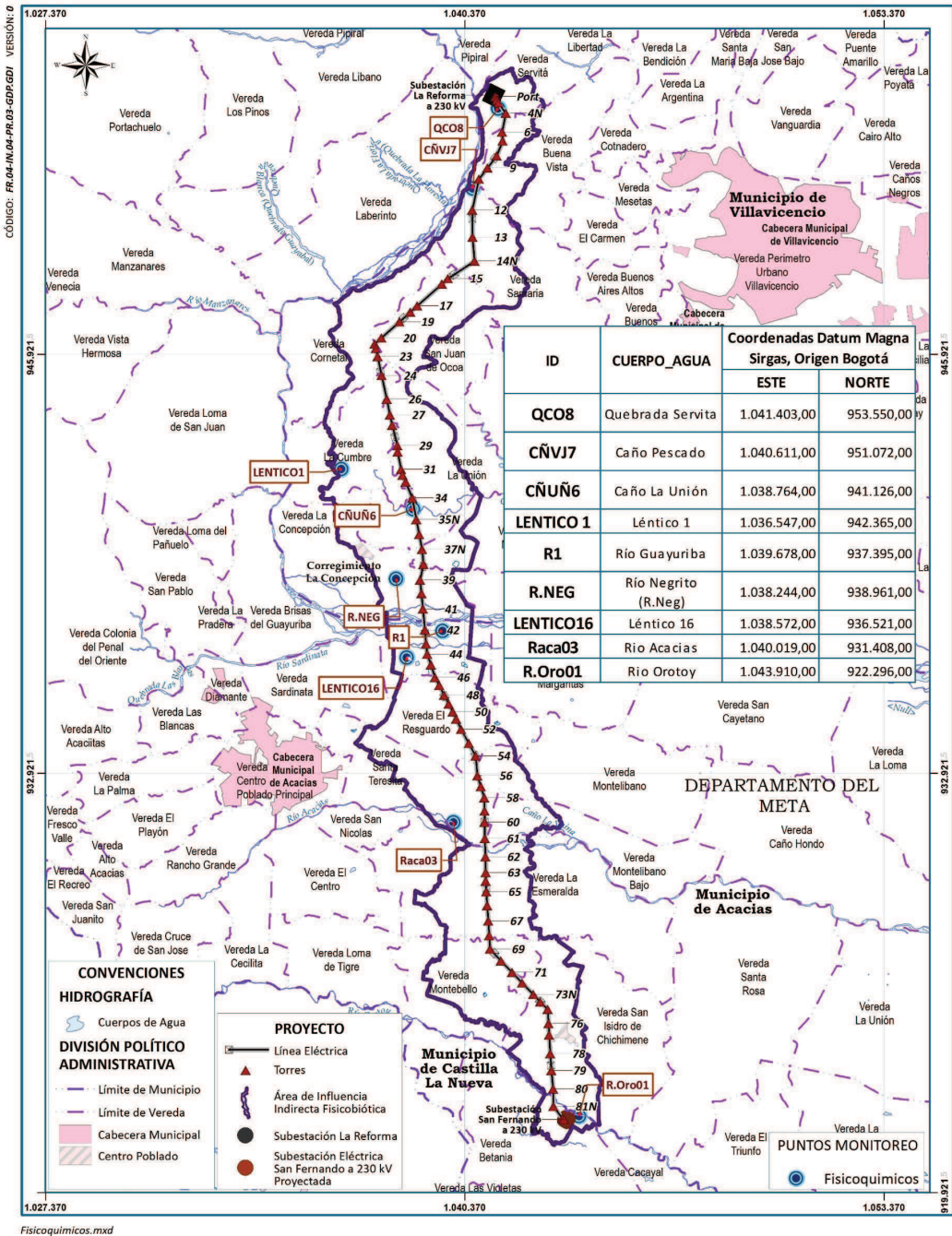
PTO. MUESTREO	SÍMBOLO	COORDENADAS PLANAS (DATUM MAGNA SIRGA ORIGEN BOGOTÁ)		FECHA DE MONITOREO	HORA DE MONITOREO	MUNICIPIO
		ESTE	NORTE			
Quebrada Servitá	CQC	1041403,00	953550,00	23/04/2016	12:15	Villavicencio/Meta
Caño Pescado	CCP	1040611,00	951072,00	23/04/2016	15:35	
Caño La Unión	CCU	1038764,00	941126,00	25/04/2016	9:30	

PTO. MUESTREO	SÍMBOLO	COORDENADAS PLANAS (DATUM MAGNA SIRGA ORIGEN BOGOTÁ)		FECHA DE MONITOREO	HORA DE MONITOREO	MUNICIPIO
		ESTE	NORTE			
Lentico 1	LE1	1036547,00	942365,00	25/04/2016	11:20	
Río Guayuriba	CRG	1039678,00	937395,00	28/04/2016	12:54	Villavicencio/Meta
Río Negrito (R. Neg)	CRN	1038244,00	938961,00	28/04/2016	14:41	
Lentico 16	LE16	1038572,00	936521,00	28/04/2016	14:41	Acacias/Meta
Río Acacias	CRA	1040019,00	931408,00	12/05/2016	10:49	
Río Orotoy	CRO	1043910,00	922296,00	12/05/2016	14:25	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

A continuación, se muestra el compilado del resultado de las 39 variables físico-químicas y bacteriológicas tomadas en cuenta para la determinar la calidad del agua superficial en el AI (**Tabla 3.2-118**), los reportes de laboratorio están incluidos dentro del **Anexo D.6 – Componente calidad del agua**.

Imagen 3.2-85 Ubicación de los puntos de muestreo en el área del proyecto



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Tabla 3.2-118 Resultado de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados

PARÁMETROS	LIMITE DE DETECCIÓN	UNIDADES	QUEBRADA SERVITÁ CQC	CAÑO PESCADO CCP	CAÑO LA UNIÓN CCU	LENTICO 1 LE1	RIO GUAYURIBA CRG	RIO NEGRITO CRN	LENTICO 16 LE16	RIO ACACIAS CRA
ACIDEZ TOTAL	2.54	mgCaCO <sub>3</sub> /l	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.71	3.6
ALCALINIDAD TOTAL	6.04	mgCaCO <sub>3</sub> /l	6.04	6.04	6.08	7.09	22.3	43.6	8.11	22.3
ARSÉNICO TOTAL	0.01	mgAs/l	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
BARIO TOTAL	0.5	mgBa/l	0.5	0.5	0.5	0.5	0.539	0.5	0.5	0.5
BICARBONATOS	6.04	mgCaCO <sub>3</sub> /l	6.04	6.04	6.04	6.04	6.04	6.04	6.04	22.3
CADMIO TOTAL	0.05	mgcd/l	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
CALCIO TOTAL	0.1	mgca/l	23.1	54.5	1.6	0.628	4.27	4.66	10.4	2.6
CLORUROS	9.9	mgcl <sup>-</sup> /l	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	16.5	9.9
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	5	mg/l	5	5	5	10	7.46	3.46	8.28	12.8
COLIFORMES TOTALES	1	NMP/100ml	2420	2420	2420	2420	24196	2420	19863	24196
COLOR	5	UPC	5	5	12.1	88.7	6.36	15	17.2	25.9
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		µS/cm <sup>2</sup>	193.1	536	30	12.76	141.4	152.5	27.7	55.29
CROMO TOTAL	0.1	mgCr/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
DBO5	5	mgO <sub>2</sub> /l	5	5	5	5	2	5	5	7.9
TENSOACTIVOS (SAAM)	0.5	mg SAAM/l	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DQO	5	mgO <sub>2</sub> /l	6.79	5	5	24.4	18.2	8.43	20.2	31.3
COLIFORMES FECALES	1	NMP/100ml	16.1	183	2420	2420	4611	687	1	24196
FOSFORO ORGÁNICO	0.07	mgP/l	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.112
FOSFORO TOTAL	0.07	mgP/l	0.07	0.07	0.07	0.291	0.329	0.07	0.07	0.282
GRASAS Y ACEITES	0.2	mg/l	1.51	5.96	3.31	5.54	1.83	1.34	3.55	0.2
HIERRO TOTAL	0.2	mgFe/l	1.96	4.69	0.2	0.742	0.323	0.276	1.21	0.2
MAGNESIO TOTAL	0.02	mgMg/l	4.74	8.67	0.722	0.212	2.96	2.74	0.96	0.55
MERCURIO TOTAL	0.002	mgHg/l	0.002	0.002	0.002	0.014	0.002	0.002	0.002	0.002
NITRATOS	0.5	mgNo <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.03	0.713
NITRITOS	0.02	mgNo <sub>2</sub> <sup>-</sup> /l	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.064
NITRÓGENO AMONIACAL	0.054	mgN-NH <sub>3</sub> /l	1.36	1.37	1.1	0.28	0.054	0.054	0.054	2.44
NITRÓGENO TOTAL	3.04	mgN/l	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04
OLOR	N.A.	n.a.	aceptable	aceptable	no aceptable	no aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	no aceptable
ORTOFOSFATOS	0.21	mgPO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> /l	0.21	0.21	0.21	0.812	0.163	0.021	0.21	0.5
OXIGENO DISUELTO		mgO <sub>2</sub> /l	7.96	7.61	8.1	0.25	7.87	6.14	9.83	7.71
PH		Unidades	6.61	7.2	7.1	5.27	7.22	6.98	5.74	6.94
PLAG. ORGANOCOLORADOS	0.0004	mg/l	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
PLAG. ORGANOFOSFORADOS	0.00004	mg/l	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00009
PLOMO TOTAL	0.5	mgPb/l	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
POTASIO TOTAL	0.125	mgK/l	1.26	1.55	1.49	1.1	1.72	1.64	1.45	3.96
SABOR	N.A.	n.a.	no aceptable	aceptable	no aceptable	No aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	No aceptable
SATURACIÓN DE OXIGENO		%	59.98	92.45	97.69	3.05	96.48	82.13	129.44	98.44
SODIO TOTAL	0.005	mgNa/l	1.38	2.58	4.3	0.27	6.3	5.8	14.3	6.1
SOLIDOS DISUELTOS		mg/l	94	259	14.84	5.71	66.2	62.5	12.5	27.9
SOLIDOS SEDIMENTABLES		mg/l	0.1	0.4	0.1	0.1	1.8	0.1	0.2	0.2
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	10	mg/l	33	10	12.7	10	493	50.5	22	10
SULFATOS	5	mgSO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /l	19.1	165	5.9	7.27	19	13.6	67.4	6.49
TURBIDEZ	1	NTU	55.2	211	427	292	976	44.7	7.66	8.23
TEMPERATURA		°C	22.9	24.3	23.9	24.7	24.8	29.8	28.9	27.1
ZINC TOTAL	0.05	mgZn/l	0.063	0.375	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.



### 3.2.5.5 Análisis de resultados

Las variables fisicoquímicas y bacteriológicas definen diferentes aspectos de la calidad del agua, éstas se encuentran altamente relacionadas entre sí, pues el comportamiento de algunas puede ocasionar cambios sobre otras, o pueden ser controladas por un tercer factor común. De esta manera la condición global del agua no debe ser descrita a través de un solo parámetro, sino a través de la interacción de todas. Esta interacción describe las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua y su tendencia de cambio. Se evaluaron las relaciones significativas entre los parámetros para describir el comportamiento de los cuerpos de agua superficial, empleando diferentes técnicas de análisis incluyendo técnicas estadísticas, en los siguientes apartados se explica el ejercicio realizado platicando la técnica de Análisis de Componentes Principales (ACP), Coeficientes de Spearman y análisis por Clúster.

Cabe mencionar que los parámetros Niquel y Cobre no se midieron ya que el proyecto no realizará ningún aporte de estos metales a las fuentes de agua objeto de muestreo, durante la ejecución del proyecto.

#### 3.2.5.5.1 *Correlación de los parámetros fisicoquímicos por coeficiente de Spearman*

Para establecer una medida de asociación o interdependencia entre parámetros, se ha realizado un ejercicio de correlación hallando los Coeficientes de Correlación de Spearman, estos coeficientes determinan la correlación existente entre 2 o más variables aleatorias continuas, como resultado de este ejercicio se obtuvo una matriz de correlaciones entre los parámetros muestreados (**Tabla 3.2-119**), a partir de este resultado se puede determinar las variables que guardan una estrecha relación de asociación o interdependencia. La matriz muestra una combinación de colores que va desde el color verde oscuro al rojo intenso, en donde el rojo corresponde a la asociación muy fuerte entre 2 variables y el verde oscuro a una muy fuerte relación de independencia. De igual manera se puede observar en los valores que arroja el ejercicio de correlación que los valores que tienden a uno (1) representan una relación de asociación muy fuerte y los valores negativos a interdependencia entre variables, de esta manera 1 (uno) corresponde a la mayor asociación y -1 (menos uno) a la mayor interdependencia.

En la **Tabla 3.2-120** se pueden ver las correlaciones más relevantes entre variables, tanto de asociación como de interdependencia; las correlaciones de asociación Muy Fuertes presentan valores entre 0.9 y 0.8 y las correlaciones de interdependencia Muy Fuertes entre -0.8 y -0.9. En la tabla se puede notar que la primera fila muestra la variable evaluada, las siguientes filas muestran la correlación notable con otras variables. De esta tabla sobresale la alta correlación de asociación que existe entre la acidez y los nitratos ( $\text{NO}_3$ ), los Bicarbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ) y el Fósforo Orgánico, los Sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) y el Calcio (Ca). En cuanto a la Conductividad Eléctrica, esta presenta una fuerte asociación con el Magnesio (Mg) y los Sólidos Disueltos Totales (SDT), de la misma manera se nota en la columna de Mg la fuerte correlación existente con SDT y con la presencia del ion  $\text{SO}_4$ .



Tabla 3.2-120 Correlaciones con mayor significancia

ACID	ALC	BA	CACO <sub>3</sub>	CA	CAU	COT	CL	COLT	COLF	COL	COND	DBO	DQO	F.OR	FTOT	GYA	FE	MG	HG	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NH3	ORT	PH	PLRF	K	S.O <sub>2</sub>	NA	SDT	SS	SST	SO4	TUR	T°	ZNC	
NO3	K	Caudal	ColTot	CND	pH	DQO	NO3	DQO	PLRF	DBO5	Mg	NO2	NO3	PTot	Mg	K	SO4	SDT	ORT	PLRF	NH3	ORT	pH	K	K	SatO2	NA	SS	SO4	SO4		Zinc Total	T°	ZNC		
PLRF	NA	ColTot	POrg	Fe	K	ORT	SatO2	PTot	Fe	DQO	SDT	NH3	PLRF	K	SO4		ZNC	SO4	pH	SatO2	PLRF	PLRF	SST			T°		SST	ZNC							
pH	T°	SS	NO2	Mg	SDT	POrgF	NA	NO3	ZNC	Hg	SO4	PLRF	Mg	T°			K	ZNC	K	NA	SST	Zinc														
Turb	GyA	SST	PLRF	SDT	SS	Mg		PLRF		ORT	Zinc	SST					Hg	SatO2	Turb			T°														
	Fe	Turb	K	SO4	Color													ORT	NA																	
	NH3			Zinc Total				SatO2											SDT																	
	ORT							NA																												
	ZNC							SS																												

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

CONVENCIONES

CLASE CORRELACIÓN	ASOCIACIÓN			INTERDEPENDENCIA	
CLASIFICACIÓN	MUY FUERTE	FUERTE	MEDIA	MUY FUERTE	FUERTE
VALOR	0.9 a 0.8	0.7 a 0.6	0.5	-0.9 a -0.8	-0.7 a -0.5

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Las correlaciones fuertes se representan con valores entre 0.7 y 0.6; las que se hallaron se presentan entre la Alcalinidad y la Temperatura; entre los bicarbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ), los Plaguicidas Orgánicos (PlagOrg) y el Potasio (K). Otras correlaciones fuertes se presentan entre Ca, Conductividad Eléctrica, Mg, SDT y K; entre el Caudal y el pH, el Carbono Orgánico Total (COT) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), entre los Cloruros (Cl) y  $\text{NO}_3$ , así como el Color y DQO, la Conductividad  $\text{SO}_4$  y el Zinc (Zn); de igual manera la correlación fuerte se presenta entre la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y los Plaguicidas Orgánicos (PlagOrg); El Fósforo Orgánico (POrg) y K guardan el mismo tipo de correlación y por último Fe y Zn, Nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y PlagOrg; Ortofosfatos (OrtFosf) y el Nitrógeno Amoniacal ( $\text{NH}_3$ ) y entre los Sólidos Disueltos (SDT) y Zn.

### 3.2.5.5.2 Análisis Clúster

Otra herramienta de la cual se tendrá en cuenta para generar un análisis de la calidad del agua a partir de las muestras de agua tomadas de diferentes cuerpos de agua pertenecientes al AI es el Análisis Clúster, esta es una técnica de análisis de múltiples variables que genera una clasificación de individuos agrupándolos en conjuntos homogéneos, en este caso se pretende clasificar los cuerpos de agua de acuerdo a la semejanza de sus parámetros fisicoquímicos. Para determinar la similitud entre los cuerpos de agua analizados se ha utilizado un criterio basado en la Distancia Euclidiana, la similitud o disimilitud se podrá determinar en el dendograma resultante (**Imagen 3.2-86**) con base en su cercanía o lejanía, es decir en la gráfica los cuerpos de agua que estén más cerca tendrán propiedades fisicoquímicas parecidas, los resultados de los índices de similaridad se presentan en la **Tabla 3.2-121**.

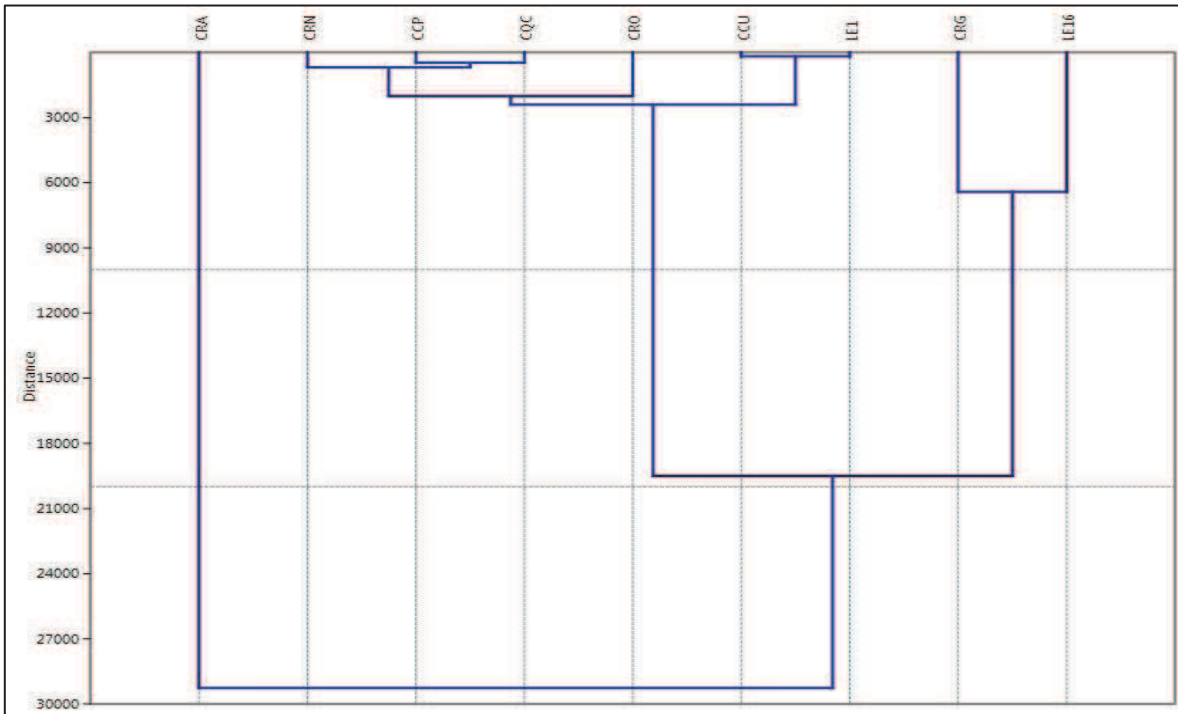
**Tabla 3.2-121 Índices de similaridad euclidianos**

	CQC	CCP	CCU	LE1	CRG	CRN	LE16	CRA	CRO
CQC	0	6.79	4.26	7.87	8.77	5.29	7.58	10.32	6.18
CCP	6.79	0	8.14	10.77	10.66	8.37	9.70	12.41	9.45
CCU	4.26	8.14	0	7.22	7.81	3.96	6.40	9.53	4.64
LE1	7.87	10.77	7.22	0	10.12	8.21	8.74	10.69	7.70
CRG	8.77	10.66	7.81	10.12	0	8.02	9.27	11.43	8.39
CRN	5.29	8.37	3.96	8.21	8.02	0	6.82	9.96	5.23
LE16	7.58	9.70	6.40	8.74	9.27	6.82	0	9.87	7.32
CRA	10.32	12.41	9.53	10.69	11.43	9.96	9.87	0	9.31
CRO	6.18	9.45	4.64	7.70	8.39	5.23	7.32	9.31	0

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

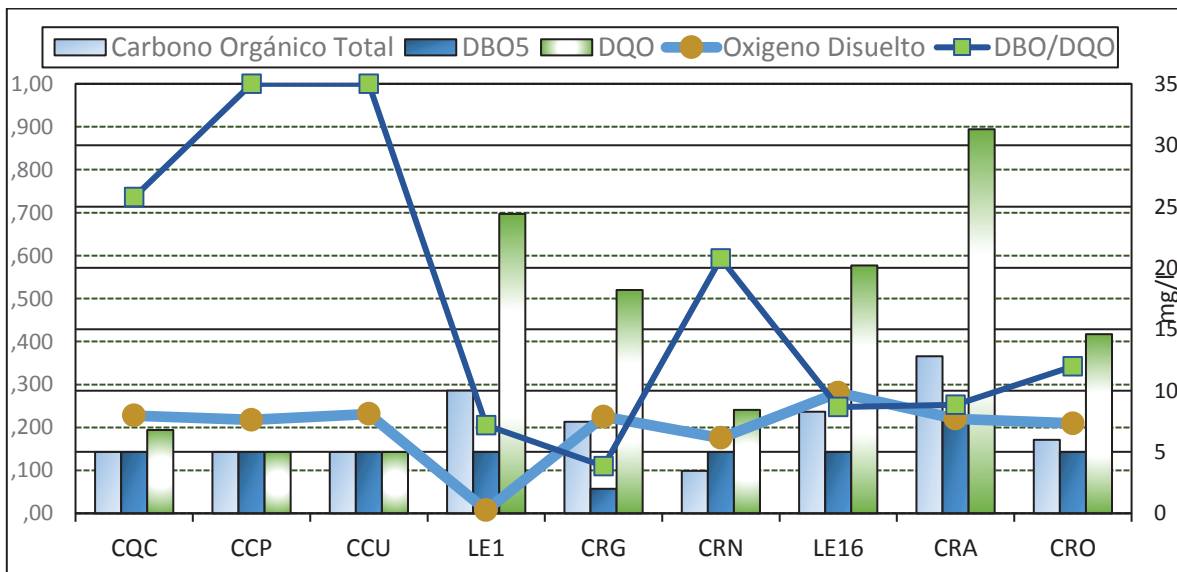
A partir del Dendograma se puede notar una clasificación cercana entre el caño La Unión y el Lentico 1; lo que indica una similitud de condiciones fisicoquímicas entre sus aguas, una razón de esta similitud es que el caño La Unión aporta sus aguas a esta laguna de esta manera la fisicoquímica de los 2 cuerpos de agua muestran una clara relación, la mayoría de los parámetros tienen concentraciones muy parecidas, las únicas diferencias marcadas se presentan en los parámetros indicadores relacionados con la demanda de oxígeno y carbono (**Imagen 3.2-87**), pues, aunque tienen el mismo tipo de agua, el Lentico 1 no posee corriente sus aguas están estancadas por lo tanto el oxígeno disuelto disminuye y aumenta la DBO, DQO y el Carbono Orgánico Total. Hay que agregar que en la descripción de esta laguna se hablaba de aportes de vertimientos domésticos.

**Imagen 3.2-86 Dendograma basado en distancias euclidianas para los cuerpos de agua del área de Influencia analizados**



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016. Convenciones: CRA: Rio Acacias; CCU: Caño Unión; CRN: Rio Negro; CQC: Quebrada Cervita; CRO: Rio Orotoy; LE16: Lentico 16; LE1: Lentico 1; CRG: Rio Guayuriba; CCP: Caño Pescado

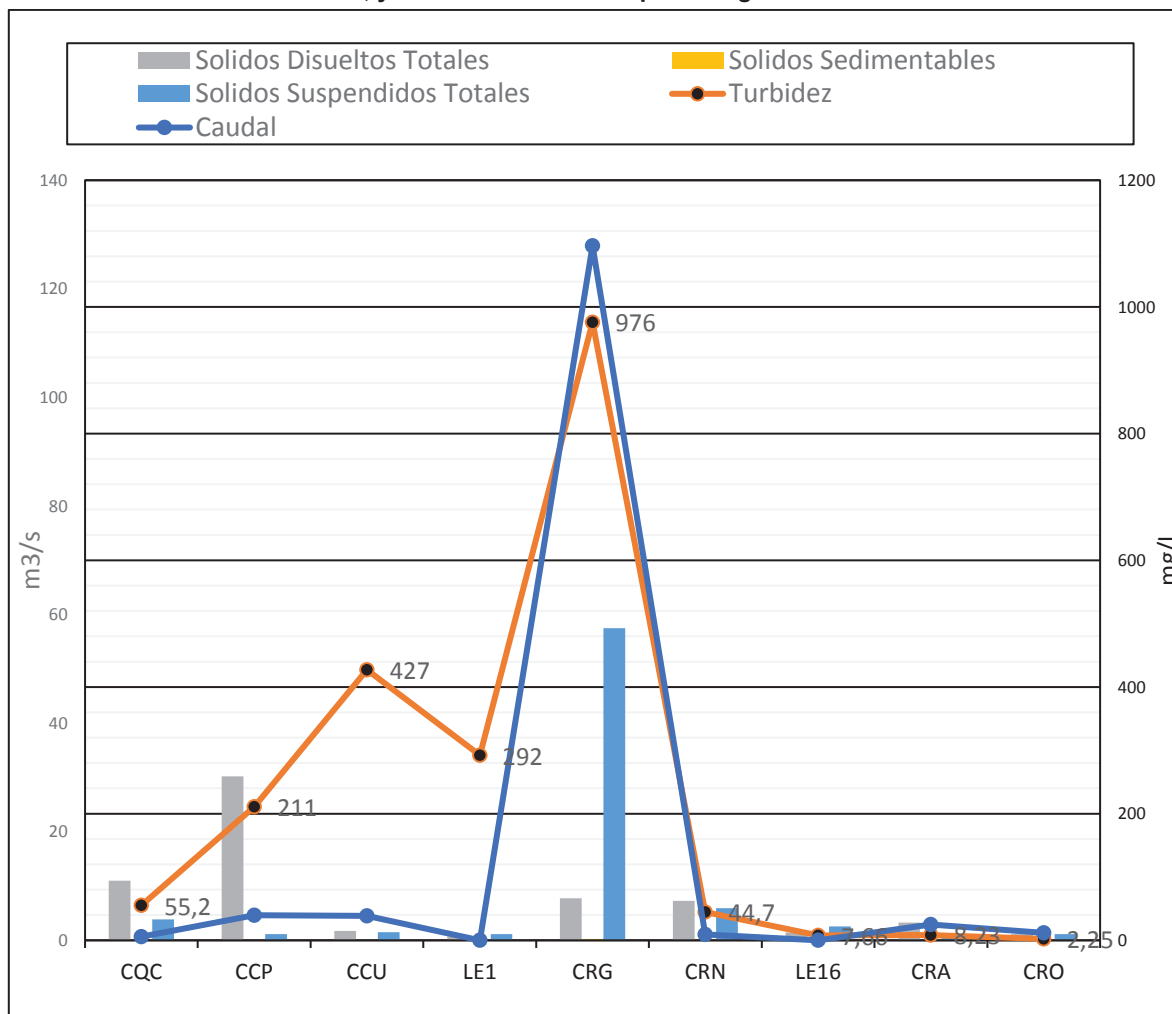
**Imagen 3.2-87 Resultados de carbono orgánico total, DBO y DQO<sub>5</sub> de los cuerpos de agua analizados**



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Otra clasificación que guarda la misma condición es la que se origina entre el caño Pescado y la quebrada Servitá, estas corrientes provienen del piedemonte y aportan sus aguas al río Guayuriba, por lo tanto tienen una alta concentración de oxígeno disuelto, sus concentraciones de DBO y DQO son muy bajas y tienen concentraciones altas de sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables comparadas con los otros cuerpos de agua analizados (Imagen 3.2-88) pues arrastran arenas y sedimentos de la montaña.

**Imagen 3.2-88 Resultados de sólidos disueltos totales, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, y turbiedad de los cuerpos de agua analizados**

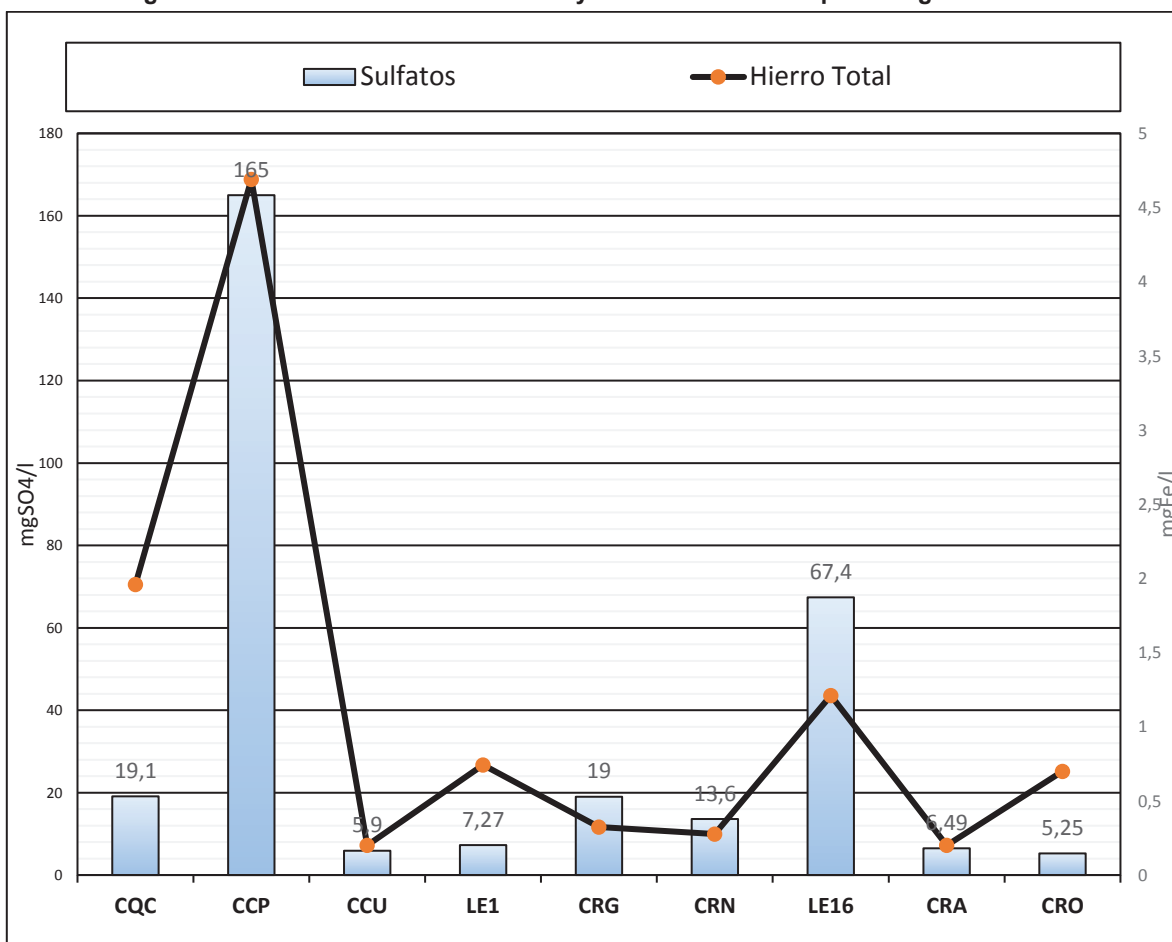


Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Posteriormente se genera una segunda similitud asociada entre la quebrada Servitá, el caño Pescado y el río Negrito; el río Negrito aporta igualmente sus aguas al río Guayuriba y también proviene del piedemonte sin embargo en su descripción se habla de aportes de aguas residuales mineras que provocan una diferencia con las aguas de las corrientes de las que hablamos anteriormente.

Es de destacar el distanciamiento que muestra el dendograma (**Imagen 3.2-86**) de más de 5000 unidades entre los sistemas lenticos LE1 y LE16, esto se debe a que LE1 al momento de la toma de muestra no tenía conexión con el aportante de sus aguas (caño La Unión), sus concentraciones de oxígeno son las más bajas de los sistemas analizados, en cambio LE16 muestra aguas claras con concentraciones más altas y demandas de oxígeno menores, posee alta actividad biológica, por otra parte tiene concentraciones de hierro y sulfatos muy superiores comparadas con LE1. (**Imagen 3.2-89**); LE16 es más cercano al río Guayuriba (CRG) ya que este río es el aportante de sus aguas.

**Imagen 3.2-89 Concentración de hierro y sulfatos de los cuerpos de agua analizados**



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Por otra parte, es de destacar la disimilitud del río Acacias es el que presenta el distanciamiento mayor frente a los otros cuerpos de agua y tampoco genera asociación alguna, este cuerpo de agua tiene una pendiente muy suave, velocidad de flujo es baja y tiene la concentración de DQO, Nitritos y de Nitrógeno Amoniacal más alta de todos los sistemas analizados, el río Orottoy es su principal afluente pero no muestra una similitud cercana con su calidad de agua.

- **Análisis de componentes principales ACP**

Con el fin de realizar una aproximación a la dinámica de las variables (parámetros) evaluadas se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), a partir del cual se establecieron los parámetros que originan cambios más notables en la condición del agua de los sistemas analizados, este análisis también nos puede aclarar cómo se relacionan entre sí. Para realizar este ejercicio, se excluyeron los parámetros de poca variabilidad y con datos faltantes para maximizar la varianza explicada por el análisis.

El ACP realizado ordena los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en 8 grupos de parámetros de acuerdo con el plano definido por los dos primeros componentes, los cuales explican el 49,08 % de la varianza total del área, el primero con 29,315 %, y el segundo con 19,77 %; Al representar los vectores de las variables fisicoquímicas y bacteriológicas sobre los dos primeros componentes principales mediante un *BiPlot* (**Imagen 3.2-90**), se observa que la ordenación en el primer componente se relacionó con los indicadores orgánicos (DBO, DQO, Coliformes, COT) y de nutrientes (NO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, Ortofosfatos y K), los cuales confirman la variabilidad de la calidad de las aguas del río Acacias, estos parámetros son indican una posible influencia antrópica sobre la carga de nitrógeno en las aguas, a través de residuos domésticos o ganadería, teniendo en cuenta que las coliformes fecales solo provienen de heces y éstas, junto con la orina son fuente de Nitrógeno.

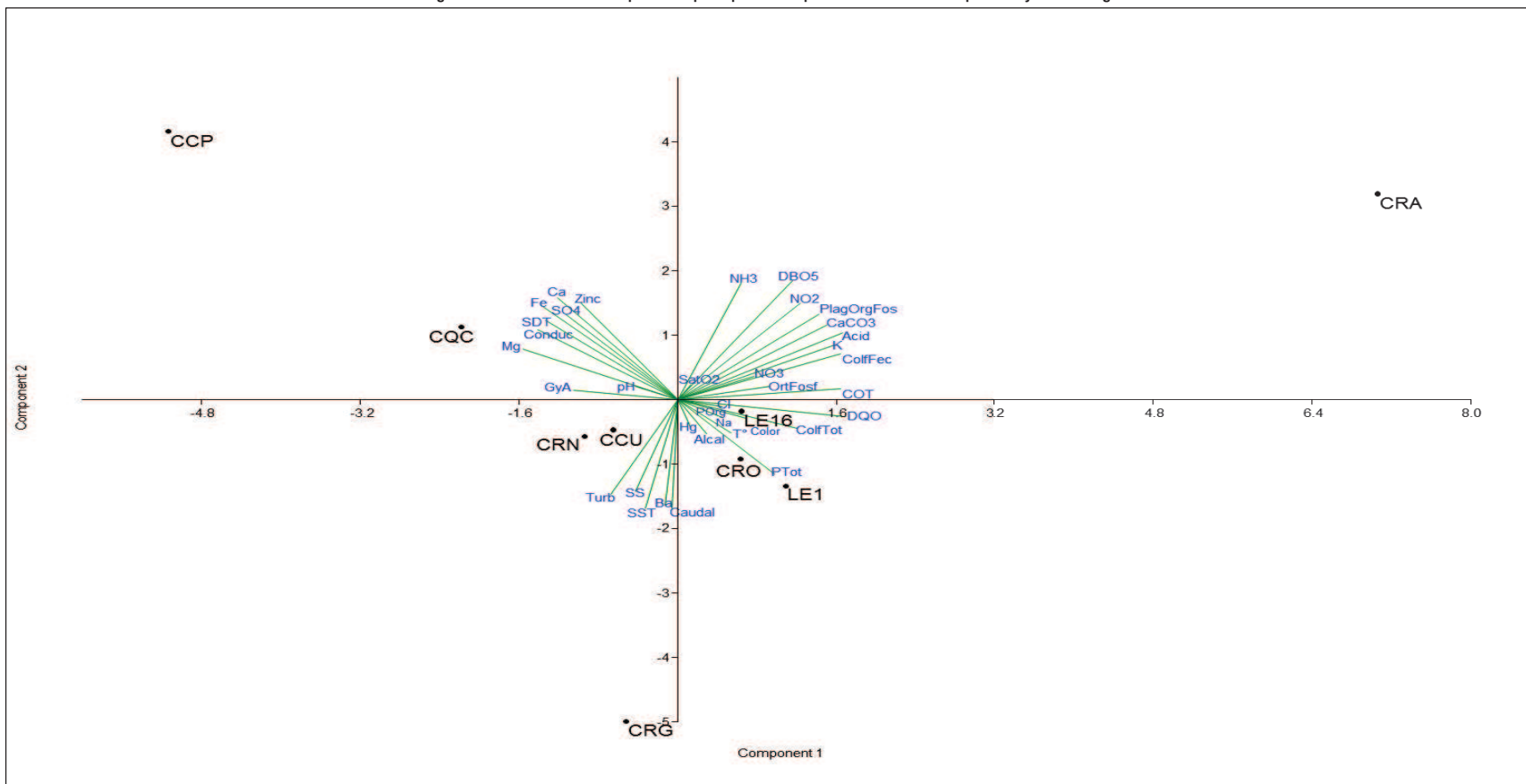
Por otra parte, sistemas como el Caño Pescado, la quebrada Servitá, presentan las mayores evidencias de mineralización en sus aguas a causa de las concentraciones de SDT, SO<sub>4</sub>, Fe, Ca, Zinc, Mg; la calidad del agua del río Guayuriba muestra un comportamiento muy dependiente a su Caudal, ya que de manera directa este afecta la Turbiedad, la concentración de SS y los SST. En cuanto los sistemas lénticos, LE1 mostró una fuerte dependencia frente a sus concentraciones de DQO, Coliformes totales y Sodio, un comportamiento similar muestra el río Orotoy, LE16 tiene una leve tendencia a cambiar frente a la DQO. El río Negrito y el caño la Unión no presentan una tendencia de cambio proporcional a un solo parámetro.

En cuanto a los parámetros, se nota una división en 4 grupos con comportamientos comunes; en uno se encuentran los parámetros relacionados con la formación de nutrientes y con los indicadores de carga orgánica. Otro grupo asocia al fósforo y sus formas orgánica e inorgánica, estos son responsables de la alta variabilidad de los sistemas acuáticos, también se encuentran asociados a este grupo los coliformes y la demanda de oxígeno; de esta manera podría existir una causalidad entre los dos grupos de variables.

Otro grupo acumula parámetros como, Color, Coliformes Totales, Sodio y la Alcalinidad; un grupo totalmente opuesto al anterior a este, aglomera a los compuestos relacionados mineralización, los sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales y por último los parámetros que reaccionan conforme al aumento del Caudal (SS, Turbiedad, SST y Ba) el cual aumenta conforme a los periodos de altas lluvias.



Imagen 3.2-90 Análisis de componentes principales ACP para las variables fisicoquímicas y bacteriológicas



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016. Codificación de variables: Acid: Acidez. Alcal: Alcalinidad. CaCO3: Bicarbonatos. Ca: Calcio. Cl: Cloruros, COT: Carbono Orgánico Total, ColF: Coliformes fecales, ColFTot: Coliformes totales, Cunduc: Conductividad, DBO: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), DQO: Demanda química de oxígeno (DQO), POrg: Fósforo Orgánico, PTot: Fósforo Total, GyA: Grasas y Aceites, Fe: Hierro, Mg: Magnesio, NO3: Nitratos, NO2: Nitritos, NH3: Nitrógeno Amoniacal, OrtFosf: Ortofosfatos, pH, Potencial de Hidrógeno, PlagOrgFos: Plaguicidas Órgano Fosforados, K: Potasio, SatO2: Saturación de Oxígeno, Na: Sodio, SDT: Sólidos disueltos totales, SS: Sólidos sedimentables, SST: Sólidos suspendidos totales, Turb: Turbiedad, T\*: Temperatura, Zn: Zinc.

### 3.2.5.6 Índices de contaminación (ICO) y calidad del agua (ICA)

El índice de calidad del agua (ICA) es un descriptor que tiene en cuenta el comportamiento conjunto de la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), porcentaje de saturación de oxígeno, conductividad eléctrica y potencial de hidrógeno (pH). La condición establecida por este índice varió desde regular hasta buena en los cuerpos de agua evaluados esto se puede notar en la **Tabla 3.2-122**.

Teniendo en cuenta lo señalado por los índices de contaminación (ICO) se demuestra una calidad de agua que es variable, hay que destacar que el factor que determina la mayor pérdida de la calidad del agua es la carga de materia orgánica, puesto que el índice ICOMO obtuvo los mayores valores entre los otros índices. Hay que resaltar la alta carga de sólidos suspendidos del río Guayuriba que se demuestra en el índice ICOSUS, este es el único cuerpo de agua con calificación muy alta en un índice, hay que recordar que la concentración de sólidos suspendidos de este cuerpo de agua fue la mayor registrada y también es de recordar que el río Guayuriba registró el mayor caudal de las corrientes de agua analizadas. En contraste, el grado de mineralización del agua ICOMI no representa un aspecto que determine la calidad del agua en los sistemas analizados dentro del AI, los resultados de este índice tornaron de baja mineralización a ninguna.

La quebrada Servitá caracteriza la calidad de sus aguas como regular, el índice que genera este cambio es el de carga orgánica, esto puede ser provocado por su concentración de oxígeno disuelto que aunque no es bajo si tiende a ser de medio a bajo y esto le resta su capacidad de degradación de la materia orgánica, en cuanto el Lenticó 1 según los índices, la calidad de sus aguas es afectada principalmente por la materia orgánica y una de las circunstancias por la que se puede confirmar esto es por el reporte hecho dentro el informe de laboratorio que dice que el agua de este sistema emite malos olores, presenta posibles aportes de ARD, evidencias de larvas de mosquitos y registra el nivel más bajo de oxígeno disuelto dentro de todos los cuerpos de agua analizados.

### 3.2.5.7 Restricciones de uso según la norma ambiental

De acuerdo con los límites permisibles establecidos en el decreto 1594 de 1984, todas las aguas superficiales en el área de influencia del proyecto presentaron restricciones de uso para consumo humano, debido a la concentración de las bacterias coliformes totales, fecales y turbiedad. Por otra parte, las muestras de aguas analizadas también presentaron restricciones en cuanto a los usos de preservación de flora y fauna, recreativos de contacto primario y secundario, y agrícola.

En la **Tabla 3.2-123** se muestran los valores de referencia para cada tipo de uso. En negrilla se señalan los resultados que no son aceptables para al menos uno de los criterios de uso, de acuerdo con el decreto 1594 de 1984. La concentración de oxígeno disuelto registrada fue demasiado baja en LE1 y un poco baja en CQC para cumplir la calidad de agua para uso recreativo de contacto primario y secundario.

Tabla 3.2-122 ICOS e ICA para los cuerpos de agua evaluados

	QUEBRADA SERVITA	CAÑO PESCADO	CAÑO LA UNIÓN	LENTICO 1	RIO GUAYURIBA	RIO NEGRITO	LENTICO 16	RIO ACACIAS	RIO OROTOY
ICA	0.65	0.69	0.8914	0.5943	0.7071	0.7522	0.7439	0.8489	0.9011
	REGULAR	REGULAR	ACEPTABLE	REGULAR	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO
ICOS	0.2118	0.3333	0.0175	0.0056	0.1395	0.1543	0.0157	0.0396	0.0111
	MINERALIZACIÓN BAJA	MINERALIZACIÓN BAJA	NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN
	0.43	0.32	0.31	0.62	0.40	0.36	0.47	0.53	0.35
	AFECTACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA ES MEDIA	AFECTACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA ES BAJA	AFECTACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA ES BAJA	CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA ES ALTA	AFECTACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA ES MEDIA	AFECTACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA ES BAJA	AFECTACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA ES MEDIA	AFECTACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA ES MEDIA	AFECTACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA ES BAJA
	0.08	0.01	0.02	0.01	1.00	0.13	0.05	0.01	0.01
NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN	CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS ES MUY ALTA	NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN	NINGUNA AFECTACIÓN	
ICOTRO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Tabla 3.2-123 Restricciones de uso para el agua superficial en el AI de acuerdo a la normatividad ambiental

REGLAMENTACIÓN DEC 1594/1984		ARSÉNICO (mg/l)	BARIO (mg/l)	CADMIO (mg/l)	CINC (ZN) (mg/l)	CLORUROS (mg/l)	COLOR REAL UPC	Hierro (mg/l)	MERCURIO (mg/l)	NITRATOS (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Oxígeno disuelto (mg/l)	% Saturación de oxígeno	pH	PLOMO (mg/l)	SAAM (mg/l)	SULFATOS (mg/l)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Turbiedad (NTU)
Destinación Humana y Doméstica	Art. 38	0,05	1	0,01	15	250	75		0,002	10	10			5-9	0,05	0,5	400	2000	20000	
Consumo Humano y doméstico	Art. 39	0,05	1	0,01	15	250	20		0,002	10	10			6,5-8,5	0,05	0,5	400		1000	10
Uso Agrícola	Art. 40	0,1		0,01	2			5						4,5-9	5			1000	5000	
Uso pecuario	Art. 41	0,2		0,05	25				0,01		10				0,1					
Fines recreativos contacto primario	Art. 42												70	5-9		0,5		200	1000	
Fines recreativos contacto secundario	Art. 43												70	5-9		0,5			5000	
Preservación de flora y fauna	Art. 45		0,1	0,01	0,01			0,1	0,01			4		4,5-9	0,01	0,143				
<b>QUEBRADA SERVITA</b>		0,01	<b>0,50</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	9,90	5,00	<b>1,96</b>	0,002	0,50	0,02	7,96	<b>59,99</b>	6,61	0,50	0,50	19,10	16	<b>2420</b>	<b>55,20</b>
<b>CAÑO PESCADO</b>		0,01	<b>0,50</b>	<b>0,05</b>	<b>0,38</b>	9,90	5,00	<b>4,69</b>	0,002	0,50	0,03	7,61	92,45	7,20	0,50	0,50	165,00	183	<b>2420</b>	<b>211</b>
<b>CAÑO LA UNIÓN</b>		0,01	<b>0,50</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	9,90	12,10	<b>0,20</b>	0,002	0,50	0,02	8,10	97,69	7,10	0,50	0,50	5,90	<b>2420</b>	<b>2420</b>	<b>427</b>
<b>LENTICO 1</b>		0,01	<b>0,50</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	9,90	<b>88,70</b>	<b>0,74</b>	0,014	0,50	0,02	<b>0,25</b>	<b>3,06</b>	5,27	0,50	0,50	7,27	<b>2420</b>	<b>2420</b>	<b>292</b>
<b>RIO GUAYARIBA</b>		0,01	<b>0,54</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	9,90	6,36	<b>0,32</b>	0,002	0,50	0,02	7,87	96,48	7,22	0,50	0,50	19,00	<b>4611</b>	<b>24196</b>	<b>976</b>
<b>RIO NEGRITO</b>		0,01	<b>0,50</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	9,90	15,00	<b>0,28</b>	0,002	0,50	0,02	6,14	82,13	6,98	0,50	0,50	13,60	687	<b>2420</b>	<b>44,70</b>
<b>LENTICO 16</b>		0,01	<b>0,50</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	16,50	17,20	<b>1,21</b>	0,002	1,03	0,02	9,83	129,48	5,74	0,50	0,50	67,40	1	<b>19863</b>	7,66
<b>RIO ACACIAS</b>		0,01	<b>0,50</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	9,90	<b>25,90</b>	<b>0,20</b>	0,002	0,71	0,06	7,71	98,45	6,94	0,50	0,50	6,49	<b>24196</b>	<b>24196</b>	8,23
<b>RIO OROTOY</b>		0,01	<b>0,50</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	9,90	15,00	<b>0,70</b>	0,002	0,50	0,02	7,33	101,44	7,20	0,50	0,50	5,25	1	<b>4352</b>	2,25

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

De otro lado, la concentración de coliformes fecales fue uno de los parámetros más incumplidos por las muestras de agua tomadas solo CQC y CPC cumplieron con el límite más restrictivo, Recreativo Primario, por su parte los coliformes totales no cumplieron con ningún nivel recomendado para cualquier uso.

En cuanto al uso del agua para el riego de cultivos (uso agrícola), se encontró una restricción por alto contenido de coliformes fecales en CCU, LE1 y CRG; las concentraciones de coliformes totales de CRG, LE16 y CRA no cumplieron estos niveles.

### 3.2.5.8 Conclusiones

El caudal del río Guayuriba genera una fuerte influencia en su calidad de agua, sobre todo en las concentraciones de Sólidos Sedimentables, los sólidos suspendidos totales y la turbiedad.

La carga orgánica de LE1 es muy alta, esto es causado por su condición de estanqueidad y a su bajísima concentración de oxígeno disuelto, esto provoca un aumento en las concentraciones de DQO y emisión de olores, los vertimientos domésticos de los hogares aledaños acentúan esta condición.

Los sistemas lénticos LE1 y LE16 presentan condiciones fisicoquímicas poco parecidas, la baja concentración de Oxígeno disuelto y la intervención antrópica en LE1 contrasta con los altos niveles de oxígeno disuelto en LE16, los ICA confirman lo dicho pues LE1 tiene una calificación alta por contaminación de materia orgánica.

El análisis de correlaciones muestra asociación muy alta entre la acidez y los nitratos, los bicarbonatos y el fosforo orgánico, el calcio y los sulfatos (SO<sub>4</sub>), de igual manera entre la conductividad, el Magnesio y los Sólidos Disueltos Totales (SDT); la relación entre todos estos tiene que ver con la mineralización, el aumento de conductividad, las concentraciones de sólidos, el aumento de caudal en las corrientes superficiales genera un efecto directo sobre todos estos parámetros.

Los índices de mineralización ICOMI demostraron que no existe un sistema que sea propenso a una alta mineralización, el índice de contaminación de materia orgánica ICOMO arrojó resultados más altos, es un factor importante de cambio en la calidad de agua de los cuerpos de agua analizados.

El índice ICOSUS confirma que el río Guayuriba presenta la mayor carga de sólidos suspendidos.

Muchas variables como Arsénico Cadmio, Cromo, Detergentes y Tensoactivos SAAM, Pesticidas Organoclorados y Organofosforados, Mercurio y Plomo mostraron un comportamiento estable, los registros permanecieron indetectables, lo que refleja una ausencia de metales pesados y pesticidas que por lo general provienen de actividades agrícolas intensas.

Respecto a las restricciones de uso de las aguas; todas las fuentes hídricas tuvieron valores inaceptables de Coliformes totales y fecales, y turbiedad para el agua de consumo humano;

ninguna de las muestras tomadas cumple con las condiciones para la preservación de la flora y la fauna según el decreto 1594 de 1984.

### 3.2.6 Usos del agua

#### 3.2.6.1 Inventario general de los usos y usuarios actuales

Los usos del agua presentes en el área de estudio son diversos y se encuentran asociados al desarrollo socioeconómico, a las actividades culturales y a las necesidades propias de los habitantes de la zona. En el área de estudio se evidenciaron los siguientes usos dados al recurso hídrico, según lo estipulado en el artículo 9, del Decreto 3930 de 2010 y en los Planes de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Guayuriba, Río Ocoa y Río Acacias (fase de aprestamiento): consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, y pesca, maricultura y acuicultura. En la **Tabla 3.2-124** y **Tabla 3.2-125** se presenta la identificación general de los usos del recurso hídrico en las veredas que conforman el área de estudio, de acuerdo a las zonas estipuladas para su análisis.

**Tabla 3.2-124 Usos del agua identificados en la zona montañosa y escarpada**

MUNICIPIO	VEREDA	USOS IDENTIFICADOS					
		CONSUMO HUMANO - DOMÉSTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	PESCA	INDUSTRIAL	RECREATIVO
Villavicencio	Buenavista	x	x	x			
	Cometal	x	x	x			
	La Cumbre	x	x	x	x		
	Samaria	x	x	x			
	San Juan de Ocoa	x	x	x			
	Servita	x	x	x			
	La Unión	x	x	x			

Fuente: Informe en la zona de estudio de SGI para Ecopetrol.

De la tabla anterior se evidencia que el recurso hídrico en la zona montañosa y escarpada se usa principalmente en actividades domésticas, consumo humano, uso agrícola y pecuario. No se identificó ninguna vereda en la cual el recurso hídrico sea empleado con fines recreativos en la actualidad, sin embargo, se tiene proyectado en la vereda Cometal, promover el desarrollo de deportes extremos sobre el Río Guayuriba.

**Tabla 3.2-125 Usos del agua identificados en la zona plana a levemente ondulada**

MUNICIPIO	VEREDA	USOS IDENTIFICADOS					
		DOMESTICO Y/O HUMANO	AGRÍCOLA	PECUARIO	PESCA	INDUSTRIAL	RECREATIVO
Villavicencio	La Concepción	x		x		x	
	Las Mercedes	x	x	x	x	x	x
	El Resguardo	x	x	x	x		
	El Rosario	x	x	x			x
	La Esmeralda	x	x	x	x	x	

MUNICIPIO	VEREDA	USOS IDENTIFICADOS					
		DOMESTICO Y/O HUMANO	AGRÍCOLA	PECUARIO	PESCA	INDUSTRIAL	RECREATIVO
Villavicencio	Montebello	x	x			x	
	Montelíbano Bajo	x	x	x		x	x
	San Isidro de Chichimene	x	x			x	
	Santa Teresita	x	x		x		
Castilla La Nueva	Betania	x	x	x	x	x	x

Fuente: Informe en la zona de estudio de SGI para Ecopetrol.

De la tabla anterior se evidencia que el recurso hídrico en la zona plana a levemente ondulada se usa principalmente en actividades domésticas, consumo humano y uso agrícola. No obstante, un 70% de las veredas emplean el recurso hídrico con fines pecuarios, un 42% para el desarrollo de actividades piscícolas, un 59% para uso industrial y un 42% para actividades recreativas.

En la **Tabla 3.2-126** se presenta la relación de las fuentes de agua intervenidas por el proyecto y los usos asociados a las mismas, de acuerdo a las observaciones realizadas en campo y a la información obtenida de fuentes secundarias.

**Tabla 3.2-126 Usos del agua identificados en las fuentes de agua intervenidas por el proyecto**

FUENTE DE AGUA INTERVENIDA	TIPO DE INTERVENCIÓN POR EL PROYECTO	USOS IDENTIFICADOS					
		CONSUMO HUMANO - DOMÉSTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	PESCA	INDUSTRIAL	RECREATIVO
Caño Pescado	Captación						x
Río Guayuriba	Captación, ocupación de cauce	x	x	x		x	
Río Acacias	Captación, ocupación de cauce			x			x

Cabe mencionar que la descripción tanto de la captación de agua requerida para el proyecto como de las ocupaciones de cauce a realizar en las fuentes de agua superficial Río Guayuriba y Río Acacias, se presentan en el *Capítulo 4*.

Adicionalmente, dentro de la información suministrada por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - CORMACARENA, en la **Tabla 3.2-127** se relacionan las concesiones de aguas que se encuentran en el área de jurisdicción de CORMACARENA en las fuentes de agua que van hacer intervenidas por el proyecto:

Tabla 3.2-127 Concesiones de agua en las fuentes de agua a ser intervenidas por el proyecto

USUARIO	USO	UBICACIÓN		FUENTE ABASTECIMIENTO	CAUDAL L/S	RESOLUCIÓN
		MUNICIPIO	VEREDA			
ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO REGIONAL DE SANJOSE, RANCHO GRANDE, LA CECILITA, EL CENTRO, LOMA DE TIGRE, MONTEBELLO Y SAN ISIDRO DE CHICHIMENE	DOMÉSTICO, CONSUMO HUMANO Y PECUARIO	ACACIAS	MONTEBELLO	RIO ACACIAS	13	PS-GJ 1.2.6.13.2345

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los usos del agua identificados dentro del área de estudio.

### 3.2.6.2 Uso para consumo humano y doméstico

El uso para consumo humano y doméstico está dado por las captaciones existentes sobre las diversas fuentes hídricas a través de acueductos veredales y sistemas de captaciones realizados mediante motobombas (**Fotografía 3.2-92**) o manualmente a través de baldes de fuentes de agua superficial, nacederos, aljibes o pozos profundos por los predios existentes que no cuentan con conexión al sistema de acueducto veredal o no poseen dicho servicio. Dentro de las actividades de consumo humano y doméstico se encuentran la bebida directa, preparación de alimentos, higiene personal, necesidades fisiológicas, lavado de ropa, limpieza de materiales o utensilios, entre otras.



**Fotografía 3.2-92** Captación de agua mediante motobomba  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En la Vereda El Rosario en cercanías al Río Guayuriba se identificó en campo la presencia de asentamientos humanos en proceso de legalización que han ocupado el terreno aledaño



a la ribera del río y captan de él, el agua requerida básicamente para el consumo doméstico, mediante motobomba o manualmente mediante baldes (**Fotografía 3.2-93** y **Fotografía 3.2-94**).

En el área de estudio, los acueductos existentes abastecen a un total de 2.084 usuarios, las captaciones se realizan a través de estructuras básicas sin ningún tratamiento, excepto en la vereda Betania, las principales fuentes abastecedoras son: Caño Parrado, Quebrada Candelaria, Caño Dulce, Caño La Unión, Caño Grande, Quebrada Colorada, Caño Zuria, Caño Blanco y Quebrada Las Blancas. En la **Tabla 3.2-128** y **Tabla 3.2-129** se presentan las generalidades de los acueductos existentes.



**Fotografía 3.2-93**      **Captación de agua mediante motobomba vivienda ilegal**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-94**      **Captación de agua en baldes**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

**Tabla 3.2-128 Acueductos veredales existentes en la zona montañosa y escarpada**

MUNICIPIO	VEREDA	NÚMERO USUARIOS	CARACTERÍSTICAS
Villavicencio	Buenavista	280	Se realiza la captación del Caño Parrado. El sistema está conformado por un muro de contención que desvía parte del agua hacia un estanque donde se alimenta el sistema mediante tubería de 3" de diámetro, luego pasa al tanque de almacenamiento y finalmente a la red de distribución final, compuesta por tubería de 4". En la actualidad está en desarrollo un acueducto nuevo en la vereda, el cual abastecerá a otras veredas como la Libertad, Servitá, Pipiral Bajo y La Bendición. Se tiene previsto abastecer a 2.000 usuarios.
Villavicencio	Cornetal	-	No tienen acueducto realizan captaciones individuales por vivienda. Existen algunos pozos profundos o jagüey.
	La Cumbre	-	No tienen acueducto realizan captaciones individuales por vivienda. Existen algunos pozos profundos o jagüey.
	Samaria	-	No existe un acueducto veredal, el agua es captada de nacederos y transportada a los hogares mediante mangueras, en canecas, baldes o recipientes. La mayoría de los habitantes se abastecen del Caño Grande o de nacederos existentes en áreas cercanas a las viviendas.
	San Luis de Ocoa	60	Existe un acueducto que surte a los habitantes de la vereda y a Termocoo, la fuente de abastecimiento es quebrada Blanca.
Villavicencio	San Luis de Ocoa	60	El sistema está conformado por un tanque de almacenamiento de 3 m de profundidad, a la salida del tanque se utilizan rejillas para retención de hojas y finalmente, cuenta con una red de distribución compuesta por manguera de 2".
	San Juan de Ocoa	-	La captación de agua de algunas viviendas, funciona por medio de mangueras de polietileno, las cuales presentan varios problemas de desperdicio y escurrimientos constantes de agua. El 80% de las viviendas tienen problemas con el suministro de agua, debido a que los nacederos se localizan a distancias de 500 metros, en las partes bajas de las casas dificultando el transporte.
	Servita	80	La captación se realiza en la Quebrada Colorada. El Sistema está conformado por una bocatoma de fondo y una tubería de 3" que transporta el agua hasta los usuarios finales sin realizar ningún tipo de tratamiento.

Fuente: Informe en la zona de estudio de SGI para Ecopetrol.

En la zona montañosa y escarpada, el 43% de las veredas cuentan con servicio de acueducto, mientras que el 57% restante obtiene el agua de nacederos, la cual es transportada a los hogares mediante mangueras. De otro lado, la vereda Samaria construyó un acueducto veredal, que emplea como fuente de abastecimiento un nacimiento del Río Ocoa y un nacimiento de Caño Loco, abasteciendo a 57 familias de las veredas de Samaria y San Juan de Ocoa, realiza la distribución por medio de manguera mediante gravedad.

**Tabla 3.2-129 Acueductos veredales existentes en la zona plana a levemente ondulada**

MUNICIPIO	VEREDA	NÚMERO USUARIOS	CARACTERÍSTICAS
	La Concepción	304	Se realiza la captación del Caño Candelaria. El sistema está conformado por una bocatoma de fondo, una línea de conducción, un desarenador y la red de distribución.
	Las Mercedes	200	Se realiza la captación en dos fuentes diferentes y complementarias, la primera en el Caño Dulce y la otra en el Caño La Unión, el caudal captado es de 1m <sup>3</sup> /seg. Este acueducto abastece la Vereda Las Mercedes y parte de la Vereda La Unión. Se realiza la captación mediante motobomba, luego se realiza la aducción empleando tubería de 6" con una longitud de 2 km, hasta llegar al tanque desarenador, posteriormente pasa a la caja de unión y quiebre de presión, y en último lugar se realiza la distribución final a los usuarios existentes, mediante mangueras de 4" y 3".
	Río Negro	-	No tienen acueducto realizan captaciones individuales por vivienda.
	Zuria	-	No tienen acueducto realizan captaciones individuales por vivienda de los jagüeyes existentes o del Caño Zuria.
Acacias	Brisas del Guayuriba	-	No tienen acueducto realizan captaciones individuales por vivienda.
	El Resguardo	520	La Asociación de Usuarios Acueducto Rural Veredas Unidas de Acacias (ARVUDEA), presta el servicio a las siguientes veredas: Sardinata, Santa Teresita, El Resguardo, Montelíbano, Las Margaritas, San Cayetano y El Rosario. La fuente de abastecimiento es el Caño Blanco en la vereda San Pablo, su infraestructura la constituye una bocatoma de fondo, un tanque de almacenamiento, tres desarenadores, dos líneas de conexión entre tanques y la red de distribución compuesta por tubería de PVC. El acueducto cuenta con permiso de concesión de aguas de CORMACARENA y se encuentra registrado en la Superintendencia de Servicios Públicos.
	El Rosario		
	Las Margaritas		
	Montelíbano		
	Santa Teresita		
	Sardinata		
	El Centro	560	El acueducto ACUA 7 presta el servicio a las siguientes veredas: San Isidro de Chichimene, Montebello, Loma de Tigre, La Cecilita, El Centro, San José y Rancho Grande. La fuente de abastecimiento es el Río Acacias en la vereda San Juanito. El sistema lo conforma una bocatoma, un tanque de almacenamiento, un desarenador y una red de distribución compuesta por tubería de PVC de 8" y 2". La distribución se realiza mediante gravedad.
	Montebello		
	San Isidro de Chichimene		
San Nicolás	-	El 40% de la vereda tiene el servicio de acueducto suministrado por la Empresa de Servicios Públicos de Acacias. El 60% restante se abastece mediante aljibes, pozos profundos o nacederos cercanos a las viviendas.	
La Esmeralda	-	No tienen acueducto realizan captaciones individuales por vivienda. Existen algunos pozos profundos o jagüey.	
Castilla La Nueva	Betania	80	El servicio de acueducto es suministrado por Aguas de Castilla, a través de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Centro Poblado Cacayal – Betania. El sistema de tratamiento es convencional diseñado para tratar entre 2 -3 l/s en el cual se llevan a cabo los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración. La fuente de abastecimiento es el Caño Grande.

Fuente: Informe en la zona de estudio de SGI para Ecopetrol.

En la zona plana a levemente ondulada, el 76% de las veredas cuentan con servicio de acueducto, mientras que el 24% restante obtiene el agua de nacederos, jagüey o pozos profundos. Esta diferencia con la zona montañosa y escarpada, se debe principalmente a la presencia de asociaciones de usuarios, los cuales suministran el servicio a varias veredas del área de estudio, lo que refleja la capacidad de organización de los habitantes de la zona, para la satisfacción de necesidades comunes.

### 3.2.6.3 Uso agrícola

La demanda de recursos hídricos para las actividades agrícolas se encuentra relacionada con los sistemas de riego necesarios para los cultivos que demandan una cantidad de dichos recursos y las actividades conexas o complementarias. En la zona de estudio se evidenció la presencia de cultivos de arroz, área de pastos, y en menor escala cultivos de cítricos, maíz, frutales, plátano y yuca. En la **Tabla 3.2-130**, se presentan los cultivos existentes por vereda.

**Tabla 3.2-130 Cultivos existentes por vereda**

MUNICIPIO	VEREDA	TIPO DE CULTIVO
Villavicencio	Buenavista	Cultivos de árboles frutales.
	Cornetal	Cultivos de plátano y yuca para consumo familiar.
	La Concepción	Sin Información.
	La Cumbre	Cultivos de Cacao, café, plátano y yuca.
	Las Mercedes	Cultivos de palma de aceite, frutales, maíz y plátano.
	Samaria	Cultivos de plátano, caña de azúcar y árboles frutales.
	San Juan de Ocoa	Cultivos de plátano y yuca para consumo familiar.
	Servita	Cultivos de plátano y yuca para consumo familiar.
	El Resguardo	Cultivos de maíz tradicional, maíz tecnificado, patilla, yuca y plátano.
	El Rosario	Cultivos de yuca, plátano, piña, cítricos y papaya.
	La Esmeralda	Cultivos de patilla, yuca, plátano y cítricos.
	Montebello	Cultivos de maíz tradicional, patilla, yuca y plátano.
	Montelíbano Bajo	Cultivos de maíz tradicional, yuca, plátano, cacao, piña y cítricos.
	San Isidro de Chichimene	Cultivos de arroz de riego, arroz seco, maíz tradicional, patilla, yuca, plátano y cítricos.
Santa Teresita	Cultivos de maíz tradicional, yuca, plátano, palma africana y cítricos.	
Castilla La Nueva	Betania	Cultivos de yuca, plátano, cítricos, áreas de bosques y pastos de ganadería.

Fuente: POT, PBOT y EOT municipales.

En la cuenca baja del Río Orotoy, el uso del recurso hídrico está asociado a la producción de palma de aceite (**Fotografía 3.2-95**) donde se desvía el curso de agua en época seca y actividades relacionadas con la producción de petróleo.

Según el documento técnico de diagnóstico del Plan Básico de Ordenamiento (2015), en la cuenca del Río Acacias el cultivo del arroz representa el 19,37% con un área sembrada de 18.029,61 hectáreas y el cultivo de la palma con 21,99% posee un área sembrada de 20.470,94 hectáreas.



**Fotografía 3.2-95 Fincas productoras de aceite de palma**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

#### 3.2.6.4 Uso pecuario

La demanda de recursos hídricos para las actividades pecuarias se encuentra relacionadas con el consumo del ganado, avicultura (crianza de pollos), actividades porcícolas, y actividades conexas y complementarias.

En el área de estudio se realizan actividades relacionadas con la producción bovina en las siguientes veredas: La Cumbre, Las Mercedes, Santa Teresita, Samaria, Servita, Betania, El Resguardo, El Rosario, Montelíbano, La Unión, La Concepción, Buenavista, San Juan de Ocoa y Cornetal (**Fotografía 3.2-96**). De otro lado la porcicultura se desarrolla en su mayoría en las veredas Samaria, Montelíbano y Betania. Por su parte la avicultura es característica de las veredas Buenavista, Samaria, Servita y Betania.



**Fotografía 3.2-96 Actividad pecuaria – vereda Santa Teresita**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

De acuerdo al documento técnico de diagnóstico del Plan Básico de Ordenamiento (2015) la actividad ganadera de tipo extensivo posee un área de aproximada de 39.977,32 hectáreas lo que representa el 42,94% del área de la cuenca.

### 3.2.6.5 Uso para pesca y acuicultura

La demanda de recursos hídricos para pesca y acuicultura se encuentra relacionadas con las actividades de reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas. En el área de influencia del proyecto se desarrolla principalmente la actividad piscícola, según los datos presentados en el acuerdo regional de competitividad de la cadena piscícola en el departamento del Meta en el municipio de Villavicencio existen 970.000 m<sup>2</sup> destinados a actividades piscícolas, mientras en Acacias y Castilla La Nueva existen 190.000 m<sup>2</sup> y 641.000 m<sup>2</sup> respectivamente. La producción piscícola se realiza principalmente en las veredas La Cumbre, El Resguardo, La Esmeralda, Las Mercedes y Betania, la cual cuenta con 77 estanques, con un espejo de agua total de 98.600 m<sup>2</sup>, en los cuales se produce mojarra roja, cachama y tilapia.

### 3.2.6.6 Uso Industrial

Con base en observaciones en campo, el uso industrial se encuentra relacionado principalmente con las actividades mineras de extracción de material de arrastre del cauce del Río Guayuriba, específicamente gravas y arenas, las cuales en algunos casos son trituradas (**Fotografía 3.2-97**). Dentro de las empresas presentes en el área de influencia del proyecto se encuentran Gravicon S.A, Murcia y Murcia y RP Mineros Constructores S.A.S. Adicionalmente, también se presenta consumo de agua para actividades del sector de hidrocarburos en el área de estudio.



**Fotografía 3.2-97** Extracción de material de arrastre río Guayuriba  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

De acuerdo con lo expuesto en el POMCH del Río Guayuriba para el año 2008, en la cuenca del Río Guayuriba existían 14 explotaciones mineras con licencia ambiental aprobada (**Fotografía 3.2-98**). Igualmente, en el área de estudio existe minería de hecho sobre el

Caño Grande y Caño La Unión, generando conflictos socio-ambientales producto de las actividades de extracción de material de arrastre.

Dentro del documento técnico de diagnóstico del Plan Básico de Ordenamiento (2015) se menciona también que el Río Guayuriba en el municipio de Acacias recibe los vertimientos de la industria palmera y petrolera de este último aproximadamente 0.55 m<sup>3</sup>/s de aguas tratadas (300 mil barriles) desde la estación Acacias.



**Fotografía 3.2-98      Sistemas de captación de actividad minera**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

De otro lado, la utilización del recurso hídrico, por parte de la infraestructura petrolera, se relaciona con los requerimientos necesarios para la perforación de pozos, pruebas hidrostáticas y consumo doméstico, para lo cual se han utilizado los drenajes superficiales cercanos a los proyectos existentes.

#### 3.2.6.7 Uso recreativo

El uso del agua para fines recreativos, se presenta cuando se produce contacto primario, como en la natación, buceo y baños medicinales ó cuando se realiza contacto secundario, como en los deportes náuticos. Es una práctica común en las comunidades del área de estudio las actividades de esparcimiento en fuentes de agua, principales y secundarias (**Fotografía 3.2-99**).

En el área de estudio se presenta uso para fines recreativos en las siguientes veredas: Las Mercedes, Río Negrito, El Rosario, Montebello, La Esmeralda y Betania. En las veredas mencionadas se desarrollan actividades de recreación, turismo, actividades ecológicas y de investigación teniendo en cuenta la accesibilidad, disponibilidad de agua, paisajes y atractivos turísticos en donde se conserva la fauna y la flora característica de la región.



**Fotografía 3.2-99 Actividades de esparcimiento en cuerpos de agua**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

### 3.2.6.8 Identificación de usuarios de fuentes de captación en campo

Teniendo en cuenta los puntos de captación definidos (**Tabla 3.2-131**), a continuación, se presenta la identificación de los usuarios en la franja de los 500 metros aguas arriba y aguas debajo de dichos puntos (**Tabla 3.2-132**).

**Tabla 3.2-131 Puntos de captación**

Captación	Corriente	Cuenca	Coordenadas Datum Magna Sirgas origen Bogotá		Consumo de agua (L/s)	Actividades a utilizar el recurso
			Este	Norte		
CAP-1	Caño Pescado	Río Guayuriba	1.040.566,27	951.084,87	2,34	-Preparación de concretos para cimentación de torres
CAP-2	Río Guayuriba	Río Guayuriba	1.039.374,16	937.547,31	2,34	
			1.038.125,17	938.015,23		-Adecuado manejo de compactación del relleno de las fundiciones de las torres
CAP-3	Río Acacias	Río Acacias	1.040.019,00	931.408,00	2,34	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En el **Anexo D.5 – Componente usos y usuarios** se presentan las fichas de usos y usuarios para cada punto obtenidas durante la visita a campo realizada en el mes de marzo de .2017.



Tabla 3.2-132 Usuarios identificados en franja 500 metros aguas arriba y aguas debajo de puntos de captación

MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE DEL PREDIO	HABITANTES	CAPTACIÓN - FUENTE DE ABASTECIMIENTO	PUNTO DE CAPTACIÓN ASOCIADO	VERTIMIENTO	USOS DEL RECURSO HÍDRICO					
							CONSUMO HUMANO - DOMÉSTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	PESCA	INDUSTRIAL	RECREATIVO
Villavicencio	Buenavista	La Flor (Casa 1)	1	Manantial	Caño Pescado	Pozo Séptico	x	x	x			
		La Flor (Casa 2)	1	Manantial		Pozo Séptico	x		x			
	Samaria	Caño Pescado	10	Manantial		Pozo Séptico	x	x				x
Acacias	El Rosario	Predio La Argentina - Finca Villa Marly	8	Río Guayuriba	Río Guayuriba	Vertimiento directo al suelo.	x	x				
		Predio La Argentina – Vivienda	-	Río Guayuriba		-	x					
		Predio La Argentina – Finca La Florida	2	Río Guayuriba		Vertimiento directo al suelo	x	x				
		Predio La Argentina- Finca El Principio	1	Manantial		Vertimiento directo suelo Pozo séptico	x	x				
		Predio La Argentina – Finca La Florida	2	Río Guayuriba		Vertimiento directo al suelo.	x	x		x		
		Predio La Argentina – Vivienda	1	Río Guayuriba		Vertimiento directo al suelo.	x	x		x		
	Santa Teresita	Mi Ranchito	10	Manantial Río Acacias	Río Acacias	Pozo Séptico	x	x		x		
	Betania	Casa Betania	1	Río Orotoy		-	x	x				
		Tienda Puente Orotoy	4	Aljibe		Pozo Séptico	x					

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

A partir de las encuestas realizadas se pudo determinar que de modo general que en su mayoría el uso del agua de los usuarios identificados cerca de los puntos de captación es doméstico y agrícola con un 50%, seguido de un uso pecuario 25% y por menor cuantía, pesca con un 16%.

Cabe mencionar que dentro de la franja de los 500 metros de los puntos de captación se identificaron en los ríos Guayuriba y Acacias y Caño Pescado, se encontraron predios de gran extensión que abarcan toda la franja por lo cual se identificaron pocos usuarios, los cuales utilizan el recurso principalmente para actividades agrícolas y pecuarias; mientras que en el punto ubicado en el río Guayuriba los usuarios identificados correspondieron a asentamiento humanos en proceso de legalización ubicadas cerca de la ribera del río, que captan directamente de esta fuente de agua y de manantiales principalmente para uso doméstico.

### 3.2.6.9 Conflictos actuales sobre la disponibilidad y usos del agua.

La demanda del recurso hídrico está dada por el consumo humano, las actividades sociales, culturales y económicas desarrolladas en las unidades territoriales que conforman el área de estudio, tal y como se enunció anteriormente.

En la zona montañosa y escarpada, en las veredas de San Juan de Ocoa, Samaria, y la Cumbre, existen numerosos caños con caudal constante durante la época de invierno, los cuales disminuyen su caudal y en algunos casos se secan en época de verano. Entre las principales fuentes hídricas de estas veredas se encuentran: la Quebrada Blanca, Vijagüal, La Alejandría, Caño la Unión, La Argentina, La Negra, El Agrado y Danta. Por su parte en la vereda Buenavista se presentan conflictos entorno al uso del recurso, principalmente por el no pago del servicio de acueducto de algunos usuarios.

De otro lado en la zona plana a levemente ondulada, los conflictos asociados a la disponibilidad y uso del recurso se evidencian principalmente en época de verano, debido a que el déficit en el volumen de agua disponible se hace evidente para los usuarios de la zona, por cuanto la oferta es baja con respecto a la demanda del recurso que permanece constante, es decir, una demanda alta, generando conflictos en el acceso a la disponibilidad del recurso.

Otra de las causas que genera conflictos por el uso del recurso hídrico hace referencia a la contaminación de los cuerpos de agua existentes, principalmente por el vertimiento directo de aguas residuales tanto domésticas como industriales sin ningún tipo de tratamiento. Igualmente, la disposición final de residuos sólidos sobre las márgenes y en algunos casos sobre el cauce de las fuentes hídricas existentes. Vale la pena resaltar que algunas fuentes receptoras de vertimientos de aguas residuales, en algunas ocasiones vuelven a ser empleadas como fuentes abastecedoras de acueductos veredales o de conexiones individuales para consumo doméstico - humano, generando aumento de enfermedades sanitarias en la población expuesta al consumo de agua con alto contenido de materia orgánica y sustancias contaminantes.

Vale la pena mencionar que el proyecto objeto del estudio no presenta ningún conflicto sobre la disponibilidad del recurso hídrico, debido a que la cantidad de agua a captar de las

fuentes de agua seleccionadas es baja, razón por la cual no se afectara el caudal ecológico de estas fuentes de agua.

### 3.2.7 Hidrogeología

El alcance del componente hidrogeológico está enfocado en la identificación y caracterización del agua subterránea y los acuíferos presentes en el área de influencia para el proyecto de Construcción y operación de una línea de transmisión de energía eléctrica a 230 kV entre la subestación del Sistema Interconectado Nacional “La Reforma” y la subestación “San Fernando” ubicada en el municipio de Castilla La Nueva en el departamento del Meta”.

Para la caracterización hidrogeológica, se tuvo en cuenta los términos de referencia del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) ahora MADS, LI-TER-1-01 correspondientes al “Tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 kv”.

El principal objetivo de la caracterización hidrogeológica es establecer el potencial de las rocas y sedimentos presentes en el área de influencia, para almacenar y transmitir agua subterránea, la productividad de los acuíferos, su geometría y extensión, los usos y usuarios, la calidad del agua, la sensibilidad de los acuíferos a ser adversamente afectados, describir el funcionamiento del sistema hidrogeológico de la zona de evaluación y valorar la posible afectación del recurso hídrico subterráneo.

Para el levantamiento de la línea base hidrogeológica, se realizó recopilación y análisis de información existente como geología, hidrogeología local y regional. Adicionalmente se realizó un reconocimiento en campo por medio del inventario de puntos de agua subterránea identificando manantiales, aljibes y pozos, así como un análisis físico químico y bacteriológico en una red de monitoreo por cada unidad hidrogeológica identificada.

El desarrollo de la cartografía hidrogeológica y caracterización de las unidades, se realizó tomando como base la cartografía geológica elaborada para el presente estudio, siguiendo los lineamientos propuestos en los estándares internacionales, en este sentido, se adoptó la nomenclatura de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH) “Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos”<sup>51</sup> que asigna las 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 geológica evaluada.

#### 3.2.7.1 Inventario de puntos de agua subterránea

El inventario de puntos de agua subterránea (pozos, aljibes o manantiales) permite analizar los datos relacionados con la hidrogeología, la cual concierne información suministrada por los usuarios de los puntos de agua (lugares donde se tiene acceso directo o indirecto a un

---

<sup>51</sup> UNESCO, IAH, IAHS, 1983. International Legend for Hydrogeological Maps

acuífero determinado), la cual permite evaluar la disponibilidad y uso del recurso hídrico subterráneo en el área de estudio y tener una visión global de las características y comportamiento de las diferentes unidades geológicas potencialmente acuíferas.

Un punto de agua subterránea se puede definir como un lugar, obra civil o circunstancia que permita un acceso directo o indirecto a un acuífero. Estas pueden incluir perforaciones existentes, ya sean o no explotadas, abandonadas o colapsadas como pozos, aljibes, piezómetros y jagüeyes que corten el nivel de la tabla de agua; también se cuentan los manantiales o surgencias que deben considerarse como descargas naturales de los acuíferos. A continuación, se define el punto de agua subterránea según el Instructivo para diligenciar el Formulario único nacional para el inventario de puntos de agua subterránea del IDEAM, INGEOMINAS y el Ministerio de Medio Ambiente.

**Pozo:** Agujero o perforación, excavado o taladrado en tierra para extraer agua<sup>52</sup>

**Aljibe:** Excavación manual de gran diámetro, que alcanza la tabla de agua o nivel freático y se profundiza por debajo de esta para acumular agua subterránea que está disponible para ser bombeada.

**Manantial:** Surgencia superficial de agua de origen subterráneo que se produce a través de planos de estratificación, discontinuidades de las rocas como fracturas grietas o cambios de litología en lugares donde la superficie topográfica corta al nivel freático.

El inventario fue realizado en 3 etapas: la primera, realizada en el mes de abril – mayo de 2016, la segunda en los meses de julio – agosto de 2016 y la tercera en el mes de abril de 2017, todos correspondientes a periodo climático lluvioso. El inventario fue levantado por medio del Formato Único Nacional para Inventario de Puntos de Agua Subterránea (FUNIAS) del IDEAM e INGEOMINAS, en la cual se registró la localización, características constructivas de las captaciones, usos y usuarios, caudales, registro de medida de parámetros físicos in situ del agua y el diagnóstico sanitario de las mismas, entre otros.

Como información secundaria se revisaron los documentos de Diagnóstico Ambiental de Alternativas línea de transmisión S/E La Reforma - S/E San Fernando a 230 kv<sup>53</sup>, de los cuales se obtuvo información en campo entre los días 08 al 14 de diciembre de 2015 en un periodo climático transicional de lluvioso a seco.

En el área evaluada, se observa la presencia predominante de manantiales en la zona de montaña y piedemonte de los cuales algunos son usados por la comunidad en épocas de bajas precipitaciones, mientras en la zona de planicie y valle correspondiente al municipio de Acacias, se encuentran instalados aljibes y en menor proporción pozos profundos, los cuales en su mayoría se encuentran en reserva ya que los centros poblados y veredas se surten de agua por medio de acueductos locales. Sin embargo, el agua subterránea se usa

<sup>52</sup> IDEAM, INGEOMINAS, MAVDT, 2009. Formulario Único Nacional Para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea, Instructivo para Diligenciar el Formulario.

<sup>53</sup> Antea Group Colombia, 2015. Diagnóstico Ambiental de Alternativas línea de transmisión S/E La Reforma - S/E San Fernando a 230 kv

principalmente para ganadería y en algunos casos como consumo humano. Su distribución se encuentra en el **Mapa EEB-SFDO-CT100614-L170-HSE-2039**.

Durante la etapa de campo del presente estudio se caracterizaron 114 puntos de agua y se tomaron 24 puntos identificados en el DAA 2015, para un total de 138 puntos de agua subterránea, correspondientes a 33 aljibes, 102 manantiales y tres (3) pozos.

De los puntos de agua subterránea, se presentan 87 manantiales ubicados en la zona de piedemonte del municipio de Villavicencio y 51 puntos entre pozos aljibes y manantiales ubicados en la zona de planicie del municipio de Acacias.

En la **Tabla 3.2-133**, se muestra el número de puntos de agua subterránea por tipo de captación, con algunas de sus características principales.

**Tabla 3.2-133 Relación de puntos de agua subterránea en el área de estudio**

TIPO DE PUNTO	No DE PUNTOS	PROFUNDIDAD (m)		NIVEL ESTÁTICO (m)		CAUDAL (l/s)	
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máximo	Mínimo
						Caudal de producción del Manantial	
<b>Manantiales</b>	102	-	-	Superficial		0,5	0,1
						Caudal de explotación	
<b>Aljibes</b>	33	15	1,9	5,2	0,5	3,3	0,5
<b>Pozos</b>	3	90	5	No hay dato	2	2,7	1,1
<b>Total Puntos</b>							<b>138</b>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

A continuación, se realiza un análisis detallado de los puntos de agua identificados en campo.

### 3.2.7.1.1 Manantiales

Dentro del área de influencia se identificaron 102 manantiales de los cuales 87 se localizan en el municipio de Villavicencio en la zona de piedemonte y 15 en el municipio de Acacias en la zona de planicie. En la **Tabla 3.2-134**, se presentan los manantiales identificados, junto con el uso dado por la comunidad, caudal y a que unidad geológica corresponde.

Tabla 3.2-134 Manantiales identificados en el área del proyecto

Código de Punto	Condición	Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Coordenadas magna sirgas Origen Bogotá		Caudal (l/s)	Uso del Agua	Ubicación según Abscisado	Distancia a la LT (M)	Unidad Geológica	Relacion Geologica
						Norte	Este						
M1	en uso	Meta	Villavicencio	La Reforma	La Reforma	954137,49	1041516,59	0,1842	Abastecimiento Publico	k0+033	294,34	Kilm	Surgencia por fracturamiento de la roca y almacenamiento en las capas arenosas presentes de la Formación Lutitas de Macanal
M2	en uso	Meta	Villavicencio	La Reforma	La Reforma	953568,80	1041582,70	0,1138	Doméstico y Ganadería	k0+475	54,26	Kilm	
M3	sin uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	La Flor	953020,45	1041628,26	0,3974	No tiene uso	k0+950	67,65	Kilm	
M4	en uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	Hacienda La Flor	952874,27	1041432,92	No se pudo determinar	Ganadería	k1+113	95,13	Qt1	Surgencia por contacto relacionado a las condiciones litológicas de arenas y gravas de los Depósitos de Terraza
M5	sin uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	Hacienda La Flor	952819,38	1041335,80	0,7	No tiene uso	k1+151	181,97	Qt1	
M6	en uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	La Flor	952770,36	1041970,35	0,0084	Ganadería	k1+225	448,77	Kilm	Surgencia por fracturamiento de la roca y almacenamiento en las capas arenosas presentes de la Formación Lutitas de Macanal
M7	sin uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	La Flor	952636,09	1041696,06	0,0474	No tiene uso	k1+340	166,02	Kilm	
M8	sin uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	La Flor	952560,33	1041667,90	0,0247	No tiene uso	k1+414	132,80	Kilm	
M9	en uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	La Flor	952544,20	1041710,87	0,2622	Doméstico	k1+427	174,68	Kilm	
M10	en uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	La Flor	952529,63	1041764,18	0,0218	Doméstico	k1+427	228,03	Kilm	
M11	sin uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	La Flor	952246,14	1041615,64	0,018	No tiene uso	k1+671	179,05	Kilm	
M12	sin uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	La Flor	952101,64	1041459,04	0,2379	No tiene uso	k1+862	84,91	Kilm	
M13	sin uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	La Flor	951630,09	1041399,19	0,1878	No tiene uso	k2+250	304,26	Kilm	
M14	sin uso	Meta	Villavicencio	Buena Vista	La Flor	951461,12	1040692,57	0,1834	No tiene uso	k2+816	150,65	Qt1	Surgencia por contacto relacionado a las condiciones litológicas de arenas y gravas de los Depósitos de Terraza
M15	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	No hay información	950665,58	1040676,72	0,0352	No tiene uso	k3+533	22,95	Kilm	Surgencia por fracturamiento de la roca y almacenamiento en las capas arenosas presentes de la Formación Lutitas de Macanal
M16	en uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	Villa Diana	950651,28	1040590,90	No se pudo determinar	Doméstico	k3+565	57,90	Kilm	
M17	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	Villa Diana	950535,78	1040704,32	0,0632	No tiene uso	k3+654	77,40	Kilm	
M18	en uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	Villa Diana	950475,83	1040681,04	No se pudo determinar	Ganadería	k3+718	67,33	Kilm	
M19	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	La Primavera	950495,42	1040232,67	0,0619	No tiene uso	k3+794	375,02	Kilm	
M20	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	La Primavera	950460,34	1040179,84	0,0406	No tiene uso	k3+815	419,91	Kilm	
M21	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	La Primavera	950437,49	1040256,36	0,0778	No tiene uso	k3+815	340,92	Kilm	
M22	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	La Primavera	950367,63	1040098,94	0,0102	No tiene uso	k3+838	495,87	Kilm	
M23	en uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	Villa Diana	950149,05	1040903,91	0,0806	Doméstico y Ganadería	k4+64	307,21	Kilm	
M24	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	La Primavera	950072,47	1040066,65	0,044	No tiene uso	k4+133	530,67	Kilm	
M25	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	La Primavera	949960,30	1040208,71	No se pudo determinar	No tiene uso	k4+247	389,57	Kilm	
M26	en uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	La Primavera	949687,51	1039998,54	0,0801	Doméstico	k4+518	602,06	Kilm	
M27	en uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	La Primavera	949512,12	1040007,40	0,0725	Cultivos	k4+660	595,59	Kilm	
M28	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	La Primavera	949480,40	1040040,50	0,0328	No tiene uso	k4+693	564,64	Kilm	
M29	en uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	La Primavera	949438,73	1041028,93	0,1166	Ganadería	k4+799	418,91	Kilm	
M30	en uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	Guamal	949028,54	1041172,58	0,05976	Ganadería	k5+218	535,26	Kilm	
M31	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	Guamal	948830,72	1040740,64	0,02741	No tiene uso	k5+387	91,24	Kilm	
M32	en uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	Guamal	948825,90	1040828,70	No se pudo determinar	Ganadería	k5+398	178,79	Kilm	
M33	en uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	Escuela	948072,00	1042303,00	0,081	Doméstico	k5+417	1802,49	Kic	Surgencia por fracturamiento e interrelacion del agua entre la s capas arenosas

Código de Punto	Condición	Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Coordenadas magna sirgas Origen Bogotá		Caudal (l/s)	Uso del Agua	Ubicación según Abscisado	Distancia a la LT (M)	Unidad Geológica	Relacion Geologica
						Norte	Este						
M34	en uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	Primavera	948856,51	1039805,06	0,0791	Ganadería	k6+94	513,00	Kilm	Surgencia por fracturamiento de la roca y almacenamiento en las capas arenosas presentes de la Formación Lutitas de Macanal
M35	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	Por Preguntar	948573,17	1039784,31	0,0465	No tiene uso	k6+265	286,64	Kilm	
M36	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	Por Preguntar	948535,70	1039798,65	0,1508	No tiene uso	k6+274	247,39	Kilm	
M37	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	No hay Información	947650,90	1040192,55	0,15255	No tiene uso	k6+532	694,12	Kilm	
M38	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	No hay Información	947217,00	1040301,00	0,013	No tiene uso	k6+740	1090,19	Kic	Surgencia por fracturamiento e interrelacion del agua entre la s capas arenosas
M39	en uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	No hay Información	947143,00	1040302,00	0,058	Doméstico	k6+788	1146,10	Kic	
M40	en uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	La Esperanza	947056,00	1040136,00	0,062	Doméstico	k6+970	1100,61	Kic	
M41	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	Por Preguntar	947422,28	1039377,44	No se pudo determinar	No tiene uso	k7+293	322,46	Kilm	Surgencia por fracturamiento de la roca y almacenamiento en las capas arenosas presentes de la Formación Lutitas de Macanal
M42	en uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	La Esperanza	946758,00	1039944,00	0,122	Doméstico	k7+312	1195,33	Kic	Surgencia por fracturamiento e interrelacion del agua entre la s capas arenosas
M43	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	La Rochela	947736,24	1038898,07	0,0699	No tiene uso	k7+442	230,86	Kilm	Surgencia por fracturamiento de la roca y almacenamiento en las capas arenosas presentes de la Formación Lutitas de Macanal
M44	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	La Rochela	947603,91	1038998,17	0,0602	No tiene uso	k7+455	65,48	Kilm	
M45	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	La Rochela	947670,55	1038902,65	0,1439	No tiene uso	k7+482	178,78	Kilm	
M46	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	La Rochela	947577,00	1038857,00	No se pudo determinar	No tiene uso	k7+578	139,31	Kilm	
M47	en uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	Hacienda El Bosque	946669,00	1039658,00	0,075	Doméstico	k7+584	1071,48	Kic	Surgencia por fracturamiento e interacción del agua entre la s capas arenosas
M48	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	La Rochela	947504,00	1038823,00	No se pudo determinar	No tiene uso	k7+652	107,43	Kilm	Surgencia por fracturamiento de la roca y almacenamiento en las capas arenosas presentes de la Formación Lutitas de Macanal
M49	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Bosque	946692,12	1038898,75	0,1051	No tiene uso	k8+139	548,03	Kic	Surgencia por fracturamiento e interacción del agua entre la s capas arenosas
M50	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Bosque	947030,19	1038440,24	0,02500	No tiene uso	k8+253	10,06	Kic	
M51	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Bosque	946702,99	1038473,69	0,1619	No tiene uso	k8+446	255,69	Kic	
M52	en uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Bosque	946789,07	1038338,42	No se pudo determinar	Doméstico	k8+490	101,44	Kic	
M53	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Bosque	946542,090	1038472,10	0,3115	No tiene uso	k8+554	374,79	Kic	
M54	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Bosque	946640,63	1038250,20	0,0618	No tiene uso	k8+654	153,63	Kic	
M55	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Bosque	946616,56	1038051,34	No se pudo determinar	No tiene uso	k8+819	39,36	Kic	
M56	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Diamante	946429,35	1038080,63	0,0513	No tiene uso	k8+921	198,65	Kic	
M57	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Bosque	946612,14	1037825,61	No se pudo determinar	No tiene uso	k8+990	107,46	Kic	
M58	en uso	Meta	Villavicencio	San Isidro De Chichimene	El Bosque	946630,79	1037721,67	0,05139	Ganadería	k9+55	190,51	Kic	
M59	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Bosque	946252,86	1037826,76	0,1633	No tiene uso	k9+228	161,62	Kic	
M60	sin uso	Meta	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Bosque	946188,33	1037666,46	0,0694	No tiene uso	k9+495	75,51	Kic	

Código de Punto	Condición	Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Coordenadas magna sirgas Origen Bogotá		Caudal (l/s)	Uso del Agua	Ubicación según Abscisado	Distancia a la LT (M)	Unidad Geológica	Relacion Geologica
						Norte	Este						
M61	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	El Porvenir	945775,23	1037729,81	0,0162	No tiene uso	k9+912	51,35	Kiu	Surgencia por fracturamiento y su interacción con las areniscas de estratificación cruzada de la Formación Une
M62	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	El Porvenir	945728,65	1037678,64	0,1108	No tiene uso	k9+947	8,73	Kiu	
M63	sin uso	Meta	Villavicencio	La Union	Palo Grande	945504,33	1037808,99	0,0348	No tiene uso	k10+194	69,64	Kiu	
M64	sin uso	Meta	Villavicencio	Cornetal	El Porvenir	945316,09	1037743,11	0,0161	No tiene uso	k10+364	35,65	Kiu	
M65	sin uso	Meta	Villavicencio	La Cumbre	Las Delicias	945077,66	1037964,28	0,0389	No tiene uso	k10+642	131,42	Kiu	
M66	sin uso	Meta	Villavicencio	La Cumbre	Las Delicias	945046,32	1037858,04	0,2024	No tiene uso	k10+652	21,02	Kiu	
M67	en uso	Meta	Villavicencio	La Cumbre	Las Delicias	944858,48	1037681,12	0,0325	Doméstico y Ganadería	k10+799	190,43	Kiu	
M68	sin uso	Meta	Villavicencio	La Union	Palo Grande	944636,50	1038111,6	0,1003	No tiene uso	k11+104	185,85	Kiu	
M69	sin uso	Meta	Villavicencio	La Cumbre	Costa Rica	944438,04	1037944,57	0,02270	No tiene uso	k11+265	18,08	Kiu	
M70	sin uso	Meta	Villavicencio	La Cumbre	La Marina	944260,02	1037987,29	0,02670	No tiene uso	k11+448	12,50	Ksc	Surgencia por fracturamiento o su relación con las intercalaciones de arenas cuarzosas de la Formación Chipaque
M71	sin uso	Meta	Villavicencio	La Union	Palo Grande	944233,24	1038185,95	0,0148	No tiene uso	k11+514	176,55	Kiu	Surgencia por fracturamiento y su interacción con las areniscas de estratificación cruzada de la Formación Une
M72	sin uso	Meta	Villavicencio	La Union	Camacho Y Asociados	943824,65	1037957,83	0,0482	No tiene uso	k11+868	129,97	Kiu	Surgencia por fracturamiento o su relación con las intercalaciones de arenas cuarzosas de la Formación Chipaque
M73	sin uso	Meta	Villavicencio	Las Mercedes	No hay Información	943551,00	1038144,00	No se pudo determinar	No tiene uso	k12+173	11,51	Ksc	Surgencia por fracturamiento o su relación con las intercalaciones de arenas cuarzosas de la Formación Chipaque
M74	en uso	Meta	Villavicencio	Las Mercedes	No hay Información	942853,00	1038440,00	No se pudo determinar	Doméstico	k12+921	144,18	Kpgp	Surgencia por medio de Fracturamiento su relacion directa te los estratos arenosos del Grupo Palmichal
M75	en uso	Meta	Villavicencio	La Unión	Bellavista	942813,00	1038446,00	0,195	Doméstico	k12+961	141,93	Kpgp	
M76	en uso	Meta	Villavicencio	La Union	La Esmeralda	942641,71	1038371,85	0,1046	Doméstico	k13+114	34,50	Kpgp	
M77	en uso	Meta	Acacias	La Union	Bellavista	942599,00	1038662,00	0,197	Abastecimiento Publico	k13+214	309,91	Kpgp	
M78	en uso	Meta	Villavicencio	La Union	La Betulia	942463,502	1038223,80	No se pudo determinar	Pecuario	k13+258	146,69	Kpgp	
M79	en uso	Meta	Villavicencio	La Union	La Betulia	942252,15	1038151,71	0,0165	Doméstico	k13+450	260,24	Kpgp	
M80	sin uso	Meta	Villavicencio	Las Mercedes	Betulia	942259,00	1038360,00	No se pudo determinar	No tiene uso	k13+486	54,91	Kpgp	
M81	sin uso	Meta	Villavicencio	Las Mercedes	Betulia	942262,00	1038490,00	No se pudo determinar	No tiene uso	k13+509	72,99	Kpgp	
M82	sin uso	Meta	Villavicencio	La Union	La Betulia	942163,10	1038059,57	0,5667	No tiene uso	k13+519	368,56	Kpgp	
M83	en uso	Meta	Villavicencio	La Union	Pa Que Mas	942204,00	1038644,00	0,13	Doméstico y pecuario	k13+638	195,74	Kpgp	
M84	en uso	Meta	Villavicencio	La Union	No hay Información	941934,01	1038690,73	0,0096	Abastecimiento Publico	k13+903	134,19	Kpgp	
M85	en uso	Meta	Villavicencio	La Union	Birmania	941834,35	1038862,34	0,0145	Doméstico	k14+61	254,92	Kpgp	
M86	en uso	Meta	Villavicencio	La Union	Villa Valeria	941395,00	1038606,00	0,055	Doméstico	k14+413	140,80	Kpgp	
M87	en uso	Meta	Villavicencio	La Union	Birmania	941325,16	1038703,76	0,051	Ganadería	k14+491	50,09	Kpgp	
M88	en uso	Meta	Villavicencio	La Union	Villa Valeria	941282,00	1038615,00	0,059	Ganadería	k14+526	142,53	Kpgp	
M89	sin uso	Meta	Acacias	El Rosario Bajo	Las Malvinas	937209,13	1039089,98	No se pudo determinar	No tiene uso	k18+625	54,13	Qal-1	Surgencia por contacto debido a las condiciones de arenas asociados a los drenajes principales del area de los Depósitos Aluviales Subcrientes



Código de Punto	Condición	Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Coordenadas magna sirgas Origen Bogotá		Caudal (l/s)	Uso del Agua	Ubicación según Abscisado	Distancia a la LT (M)	Unidad Geológica	Relacion Geologica
						Norte	Este						
M95	sin uso	Meta	Acacias	El Resguardo	La Reserva	935560,93	1039641,61	No se pudo determinar	No tiene uso	k20+374	22,40	Qt2	Surgencia de contacto por el almacenamiento de agua en las unidades conformadas por guijarros, guijos, gránulos y ocasionalmente bloques de los Depósitos de Terraza.
M104	sin uso	Meta	Acacias	Santa Teresita	El Danubio	932782,03	1040943,26	0,0182	No tiene uso	k23+458	155,08	Qal-2	Sirgencia por contacto de los materiales depositados a lo largo de los cauces por los diferentes drenajes del sector entre la zona de piedemonte y la llanura relacionados con los Depósitos Aluviales de Cauce Activo.
M108	en uso	Meta	Acacias	Santa Teresita	La Primavera	932929,03	1041998,76	No se pudo determinar	Ganadería	k23+624	1207,81	Qt2	Surgencia de contacto por el almacenamiento de agua en las unidades conformadas por guijarros, guijos, gránulos y ocasionalmente bloques de los Depósitos de Terraza.
M114	sin uso	Meta	Acacias	Santa Teresita	La Vitrina	932325,11	1040711,25	No se pudo determinar	No tiene uso	k23+828	199,56	Qt2	
M115	en uso	Meta	Acacias	Santa Teresita	Buenos Aires	932478,39	1041223,48	No se pudo determinar	Ganadería	k23+830	335,10	Qt2	
M118	sin uso	Meta	Acacias	Santa Teresita	San Antonio	932040,90	1040669,62	No se pudo determinar	No tiene uso	k24+175	301,94	Qt2	
M119	sin uso	Meta	Acacias	Santa Teresita	No hay Información	932006,08	1040693,18	No se pudo determinar	No tiene uso	k24+210	279,02	Qt2	
M121	sin uso	Meta	Acacias	Santa Teresita	Las Camelias	931764,04	1040746,82	No se pudo determinar	No tiene uso	k24+453	229,79	Qt2	
M122	en uso	Meta	Acacias	Santa Teresita	Mi Ranchito	931327,53	1040919,59	0,1178	Ganadería	k24+893	64,98	Qal-1	Surgencia por contacto debido a las condiciones de arenas asociados a los drenajes principales del area de los Depósitos Aluviales Subcipientes
M123	en uso	Meta	Acacias	Santa Teresita	Mi Ranchito	931261,37	1041324,86	0,1654	Ganadería	k24+966	339,01	Qal-1	
M131	en uso	Meta	Acacias	Monte Bello	San Antonio	925656,00	1040522,00	0,67	Doméstico	k29+635	1702,15	Qt1	Surgencia por contacto relacionado a las condiciones litológicas de arenas y gravas de los Depósitos de Terraza
M133	sin uso	Meta	Acacias	C. Chichimene	El Carmelo	926093,13	1042381,71	No se pudo determinar	No tiene uso	k30+606	56,89	Qt2	Surgencia de contacto por el almacenamiento de agua en las unidades conformadas por guijarros, guijos, gránulos y ocasionalmente bloques de los Depósitos de Terraza.
M134	sin uso	Meta	Acacias	Monte Bello	El Eden	925396,00	1041839,00	No se pudo determinar	No tiene uso	k30+734	931,07	Qt1	Surgencia por contacto relacionado a las condiciones litológicas de arenas y gravas de los Depósitos de Terraza

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

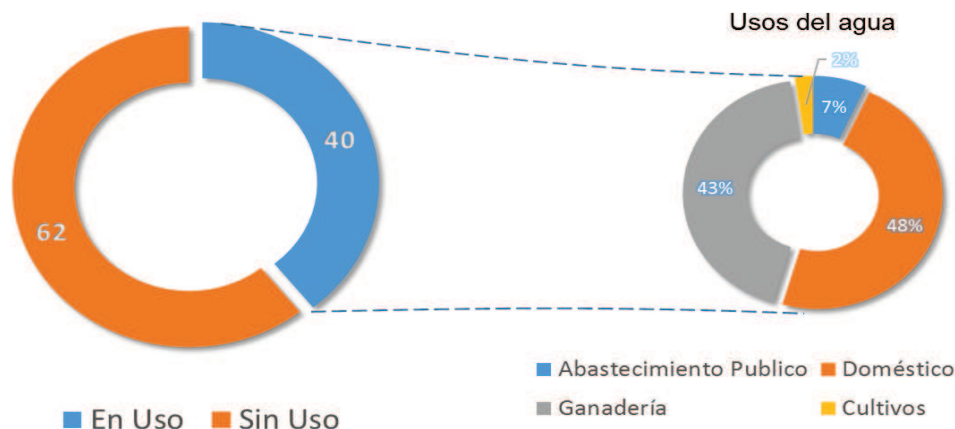
## • Usos

Un alto porcentaje de los manantiales se encuentra ubicado en el municipio de Villavicencio, ya que en esta zona se presentan condiciones de relieves quebradizos y escarpados con altas pendientes, los cuales favorecen al proceso de surgencia de agua subterránea, mientras que otros se encuentran en la zona de planicie, siendo principalmente la zona de descarga del agua subterránea aledaños principalmente a los drenajes como el río Acacias y el río Orotoy.

De los 102 manantiales, 62 se encuentran sin uso y 40 en uso, de los cuales el 48 % es de uso doméstico principalmente en la zona de piedemonte como fuente principal de abastecimiento, y el 43% como uso agrícola, esencialmente ganadería. Algunos de los manantiales ubicados en el piedemonte, son el abastecimiento de acueductos veredales. Un solo punto es usado para cultivos. La relación del uso de agua de los manantiales se presenta en la **Imagen 3.2-91**.

Imagen 3.2-91 Usos de los manantiales

### Condición de los Manantiales



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

## • Caudales

Los manantiales son de tipo areal y puntual cuyo medio de surgencia es por contacto y fracturamiento esencialmente en la zona de piedemonte, cuyo aprovechamiento se realiza por gravedad. Los caudales de producción se encuentran en promedio entre 0,08 y 0,15 l/s. Debido a la época de lluvias, se estima que los caudales mayores mostrados hacen referencia a las precipitaciones presentadas durante la ejecución del levantamiento en campo.

En la **Fotografía 3.2-100** a la **Fotografía 3.2-103**, se presentan dos manantiales de referencia del área de influencia. En el **Anexo D.4 – Componente hidrogeológico**, se presenta los Formatos levantados en campo (FUNIAS) con su respectivo registro fotográfico.



Fotografía 3.2-100 M01, Municipio de Villavicencio – vereda La Reforma



Fotografía 3.2-101 M29, Municipio de Villavicencio – vereda Cornetal



Fotografía 3.2-102 M42, Municipio de Villavicencio – vereda Sa Juan De Occoa



Fotografía 3.2-103 M67, Municipio de Villavicencio – vereda La Cumbre

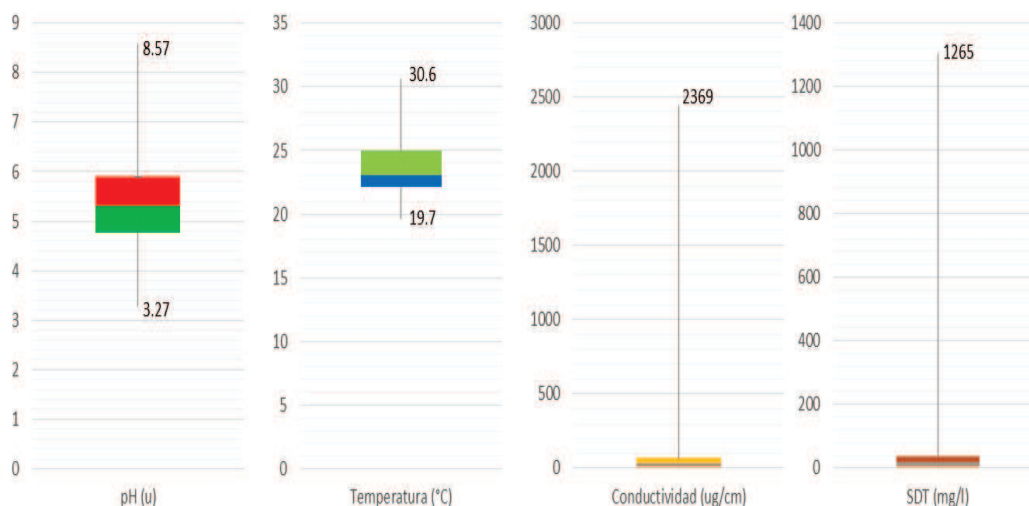
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

- **Parámetros físicos de agua “in situ”**

Durante el levantamiento de información, se realizó la recopilación in situ de los datos físicos del agua obteniendo valores de pH con una tendencia acida con un rango inter cuartil de 4.77 y 5.9 unidades, con valores atípicos en algunos manantiales, la temperatura promedio corresponde a los 23°C, la media de la conductividad eléctrica se encuentra entre 12 y 40 uS/cm correspondiendo con aguas dulces con mineralización débil, principalmente debido a la visita en épocas de lluvias, sin embargo se consideran algunos datos atípicos como algunos manantiales que superan 200 uS/cm hasta los 2439 uS/cm, correspondientes a la porosidad secundaria de la formación Lutitas del Macanal (Kilm) con condiciones de alta mineralización de la roca. Del mismo modo los sólidos disueltos oscilan entre 7 y 21 mg/l, con algunos datos atípicos de la zona de piedemonte. En la **Imagen 3.2-92**, se realiza un análisis de las variables antes mencionadas con el fin de graficar las tendencias encontradas, y en el **Anexo D.4 – Componente hidrogeológico**, se presenta un resumen de los resultados de los parámetros *In Situ*.

Las principales fuentes de contaminación identificadas en campo es la presencia de estiércol de ganado en nueve (9) puntos algunos casos directamente en el punto, ya que son usados como abrevadero de ganado y en su mayoría no tiene cerco de protección que evite el paso de los animales al punto de surgencia.

**Imagen 3.2-92 Análisis de los parámetros físicos del agua en los manantiales – Diagrama Boxplot**



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.7.1.2 Aljibes

Dentro del área de influencia se identificaron 33 aljibes todos ubicados en el municipio de Acacias, en la zona de planicie, en su mayoría se encuentran ubicados en la zona rural los cuales abastecen fincas y predios cercanos al centro urbano. En la **Tabla 3.2-135**, se presentan los aljibes identificados con algunas de sus características principales. La información de campo fue recopilada por medio del Formato Único Nacional para Inventario de Agua Subterránea (FUNIAS) elaborado por el IDEAM, INGEOMINAS (ahora SGC) y MADS, cuyos registros se adjuntan en el **Anexo D.4 – Componente hidrogeológico**.

Estos puntos de agua han sido construidos desde 1965, por los propietarios de las fincas, siendo unos años atrás una de las fuentes de abastecimiento principales de la región, con la llegada del acueducto veredal, algunos han sido dejados como puntos de reserva en caso de que el acueducto no funcione. Se encuentran principalmente en la unidad geológica de Qt, cuyas profundidades de construcción se encuentran entre 1.9 m, para los puntos de agua más cercanos a los drenajes y 15 m en zonas más alejadas. La construcción de las captaciones se presenta sin revestimiento para 15 aljibes, con revestimiento en cemento para 14 puntos, un aljibe en piedra, otro en ladrillo. De los 2 restantes no se tiene información debido al acceso restringido al momento de la visita

De los 33 aljibes identificados se presentan 27 cullo método de extracción es la motobomba eléctrica tres (3) por medio de extracción manual o baldeo. Los restantes tre (3) no tienen método de explotación. En la **Fotografía 3.2-104** a la **Fotografía 3.2-107**, se presentan aljibes característicos de la zona de estudio.



**Fotografía 3.2-104** Aljibe A99, Municipio de Acacias – vereda Santa Teresita



**Fotografía 3.2-105** Aljibe A126, Municipio de Acacias – vereda La Esmeralda



**Fotografía 3.2-106** Aljibe A92, Municipio de Acacias – vereda El Rosario



**Fotografía 3.2-107** Aljibe A117, Municipio de Acacias – vereda Sanata Teresita

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Tabla 3.2-135 Aljibes identificados en el área del proyecto

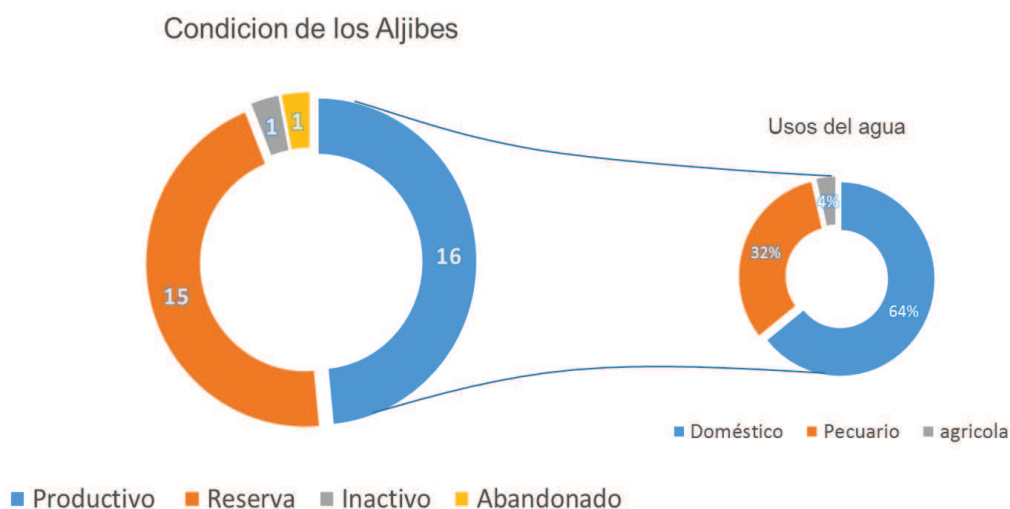
Código	Condición	Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Profundidad (m)	Nivel medio del agua (m)	Caudal de explotación (l/s)	Uso del agua	Ubicación según Abscisado	Distancia a la LT (m)	Unidad Geológica	Relación geologica
						Norte	Este								
A90	Productivo	Meta	Acacias	El Rosario Bajo	Villa Marly	937085.342	1038973.32	3	0.5	0.69	Doméstico	k18+738	181,94	Qal-1	Surgencia por contacto debido a las condiciones de arenas asociados a los drenajes principales del área de los Depósitos Aluviales Subcipientes
A91	Reserva	Meta	Acacias	El Rosario	Villa San Luis	93639.00	1039204.00	10	3	No Aplica	Pecuario	k19+461	77,81	Qt2	Surgencia de contacto por el almacenamiento de agua en las unidades conformadas por guijarros, guijos, gránulos y ocasionalmente bloques de los Depósitos de Terraza.
A92	Reserva	Meta	Acacias	El Rosario	Los Naranjos	935732.25	1039209.33	6.5	0.6	1.11	Doméstico y Pecuario	k20+24	283,75	Qt2	
A93	Reserva	Meta	Acacias	El Rosario	Los Naranjos	935558.37	1039324.00	7.1	1.7	1.11	Doméstico y Pecuario	k20+231	261,26	Qt2	
A94	Reserva	Meta	Acacias	El Rosario	Villa Laura	935785.99	1039890.00	9	1.5	No Aplica	Agrícola	k20+287	346,19	Qt2	
A96	Reserva	Meta	Acacias	El Resguardo	La Reserva	935416.00	1039825.00	8	1.8	No Aplica	Doméstico y Pecuario	k20+587	119,24	Qt2	
A97	Reserva	Meta	Acacias	Resguardo	Las Delicias	934742.76	1039953.25	7.3	4	No Aplica	Doméstico	k21+246	72,65	Qt2	
A98	Reserva	Meta	Acacias	Santa Terecita	Sin Nombre	933309.18	1041204.11	3.2	1.3	—	No tiene ningún uso	k22+927	486,53	Qt2	
A99	Productivo	Meta	Acacias	Santa Terecita	Sin Nombre	933306.53	1041201.78	3.55	1.1	0.42	Doméstico	k22+929	483,95	Qt2	
A100	Productivo	Meta	Acacias	Santa Teresita	La Primavera	933045.88	1041693.43	3	0.65	0.14	Doméstico y Pecuario	k23+237	947,68	Qt2	
A101	Reserva	Meta	Acacias	Santa Terecita	Rancho Alegre	93284.00	1040847.00	2.5	No Hay Dato	No Aplica	No tiene ningún uso	k23+361	83,86	Qt2	
A103	Reserva	Meta	Acacias	Santa Terecita	Rancho Alegre	932770.00	1040805.00	10	4	No Aplica	Doméstico y Pecuario	k23+430	19,28	Qt2	
A105	Productivo	Meta	Acacias	Santa Terecita	El Danubio	932753.06	1040939.84	3	1.5	1.11	Doméstico	k23+485	143,39	Qt2	
A106	Productivo	Meta	Acacias	Sant	Villa Diego	932962.71	1041660.36	2.5	1.5	0.28	Doméstico	k23+493	893,75	Qt2	
A107	Productivo	Meta	Acacias	Santa Teresita	Albania	932895.61	1041706.48	3.5	2.5	1.39	Doméstico	k23+571	918,41	Qt2	
A109	Productivo	Meta	Acacias	Santa Teresita	Rancho Carolina	932750.39	1041642.25	1.9	0.7	1.11	Doméstico y Pecuario	k23+691	814,79	Qt2	
A110	Productivo	Meta	Acacias	Santa Teresita	Buenos Aires	932720.16	1041550.53	2.9	0.9	0.56	Doméstico	k23+694	718,25	Qt2	
A111	Reserva	Meta	Acacias	Santa Teresita	El Morichal	932666.62	1041524.9	2.1	0.8	0.56	Doméstico y Pecuario	k23+737	678,18	Qt2	
A112	Reserva	Meta	Acacias	Santa Teresita	El Igua	932613.19	1041486.84	2.5	0.9	0.83	Doméstico y Pecuario	k23+778	626,25	Qt2	
A113	Reserva	Meta	Acacias	Santa Teresita	Sajonia	932628.23	1041707.94	6.7	5.2	1.39	Doméstico	k23+827	842,20	Qt2	
A116	Reserva	Meta	Acacias	Santa Teresita	Sajonia	932215.64	1041209.6	4.3	0.7	0.21	Pecuario	k24+60	246,21	Qt2	
A117	Productivo	Meta	Acacias	Santa Teresita	Sajonia	932213.29	1041165.07	4	1.4	0.21	Pecuario	k24+60	202,39	Qt2	
A120	Productivo	Meta	Acacias	Santa Terecita	Las Camelias	931985.00	1040238.00	8	3	0.277777778	Doméstico	k24+223	734,51	Qt2	
A124	Productivo	Meta	Acacias	La Esmeralda	La Daniela	928761.00	1040343.00	8	2	0.7	Doméstico	k27+418	722,24	Qt2	
A125	Inactivo	Meta	Acacias	La Esmeralda	Las Palmas	928612.60	1041302.40		No Aplica	No Hay dato	No tiene ningún uso	k27+625	226,24	Qt2	
A126	Productivo	Meta	Acacias	La Esmeralda	Bariloche	928248.00	1041653.00	8	2	0.55555556	Agrícola	k28+10	553,82	Qt2	
A127	Reserva	Meta	Acacias	Monte Bello	La Gardenia	926016.00	1039661.00	15	2	No Aplica	Doméstico y Pecuario	k28+779	2074,79	Qt2	
A129	Productivo	Meta	Acacias	San Isidro De Chichimene	El Descanso	927784.44	1042269.88	4.4	2	0.83	Doméstico	k29+307	1032,44	Qt2	
A130	Productivo	Meta	Acacias	San Isidro De Chichimene	La Sotana	927664.35	1042281.04	4.5	1	2.22	Doméstico y Pecuario	k29+402	957,41	Qt2	
A132	Abandonado	Meta	Acacias	Monte Bello	Rancho Villaluz	925808.00	1041726.00	10	3	No Aplica	No tiene ningún uso	k30+358	727,63	Qt2	
A135	Productivo	Meta	Acacias	Monte Bello	El Edén	925345.00	1041982.00	6	1.5	0.16666667	Doméstico	k30+870	863,09	Qt2	
A136	Reserva	Meta	Acacias	San Isidro De Chichimene	Centro Poblado	924818.79	1043585.12	9	4.3	No Aplica	Doméstico	k32+162	601,91	Qt2	
A138	Productivo	Meta	Acacias	Chichimene	Casa Roja	92340.00	1043383.00	2	0.5	3.33333333	Doméstico	k33+636	300,00	Qt2	

Fuente: CONSORCIO INGENIERIA DE AGUAS S.A. DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

- **Usos**

En el AID del corredor de la línea de transmisión la Reforma – San Fernando, se presentan aljibes en la zona de planicie del municipio de Acacias, de los cuales una cantidad considerable se encuentra en reserva, por la presencia de acueductos veredales en la zona; sin embargo, como se muestra en la **Imagen 3.2-93** existen 16 aljibes, de los cuales el 64 % realiza aprovechamiento de uso doméstico que abastecen familias entre 4 y 5 personas. Existe un 32% que realiza el aprovechamiento para el manejo del ganado con un promedio de 50 cabezas por punto de captación. Solamente un (1) manantial es usado para el riego de cultivos de baja escala o pan coger. Ninguno es aprovechado como abastecimiento público.

**Imagen 3.2-93 Condiciones de uso de los aljibes en el área de estudio**



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

- **Caudales y niveles**

El nivel medio del agua fue tomado en 31 aljibes para un 90 % de los datos, cuyos niveles oscilan entre 0.5 m y 5.2 m, según información de la comunidad en épocas de bajas precipitaciones el nivel de abatimiento se presenta a 1.5 m.

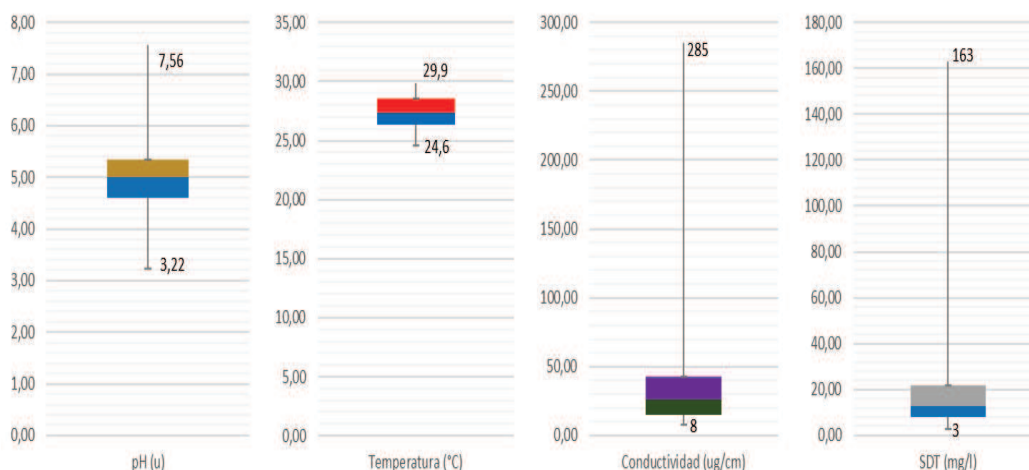
Los caudales de explotación de los aljibes en condición de productivos, se realiza entre 0,14 y 2.2 l/s, los tiempos de explotación varían entre 1 y 7 días a la semana con un promedio de 0.5 h/día; el agua es almacenada en tanques con capacidad promedio de 200 l.

- **Parámetros físicos de agua “in situ”**

Se realizó el análisis de parámetros físicos in situ del agua subterránea presente en los aljibes, encontrando valores de temperatura entre 24.9 y 29.9 °C, el pH cuenta con una tendencia acida con un rango inter cuartil de 4.6 a 5.35 unidades con algunos parámetros con tendencia a 7, un gran porcentaje de la conductividad eléctrica identifica aguas dulces

ya que se presenta entre 15.25 y 42.5 uS/cm, con valores aislados en los aljibes A90, A112 y A132, los cuales presentan valores de 285, 109 y 252 uS/cm. Con respecto a los sólidos disueltos, se presentan en un rango inter cuartil de 8 a 22 mg/l, con algunos datos de aljibes aislados. En general, el agua presenta apariencia clara, inolora, con 2 putos con turbiedad. (A129 y A132) y un aljibe con presencia de óxidos de hierro (A126), el cual se usa esporádicamente por dichas condiciones. En la **Imagen 3.2-94** se realiza un análisis de las variables antes mencionadas con el fin de graficar las tendencias encontradas, y en el **Anexo D.4 – Componente hidrogeológico**, se presenta un resumen de los resultados de los parámetros *In Situ*.

**Imagen 3.2-94 Análisis de los parámetros físicos del agua en los aljibes – Diagrama Boxplot**



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Dentro de las posibles fuentes de contaminación observadas en campo, es de resaltar, la observación del aljibe A129, donde los propietarios reportan olores de hidrocarburos en el aljibe y en el agua subterránea posterior a su construcción, 170 metros se encuentra una plataforma de perforación. Adicionalmente se reportan dos (2) aljibes con desechos animales (estiércol) a su alrededor, y uno con la presencia de charco de agua estancada a menos de 10 m.

### 3.2.7.1.3 Pozos

En la zona se encontraron tres (3) pozos de agua subterránea localizados en el municipio de acacias en las veredas Santa Terecita y San Isidro de Chichimene cuyas características principales se presentan en la **Tabla 3.2-136**.



Tabla 3.2-136 Pozos identificados en el área del proyecto

Código	Condición	Municipio	Vereda	Predio	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Profundidad (m)	Uso del agua	Ubicación según abscisado	Distancia a la LT (m)	Unidad Geológica	Relación geologica
					Norte	Este						
P102	Productivo	Acacias	Santa Terecita	Sin Nombre	932898,02	1041171,21	5	Domestico	k23+413	406,88	Qt2	Surgencia de contacto por el almacenamiento de agua en las unidades conformadas por guijarros, guijos, gránulos y ocasionalmente bloques de los Depósitos de Terraza.
P128	Productivo	Acacias	San Isidro De Chichimene	La Ilacla	927775,00	1042152,49	37	Domestico	k29+234	940,52	Qt2	
P137	Productivo	Acacias	San Isidro De Chichimene	Institución Educativa	924774,54	1043299,58	90	Abastecimiento público	k32+190	314,25	Qt2	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

El pozo P102 y el P128, son productivos para uso doméstico y ganadería mientras que el pozo P137 es usado como abastecimiento público para la institución educativa de la vereda San Isidro de Chichimene con un total de usuarios de 360, presenta una profundidad estimada de 90 m el cual fue construido en el año de 1996; adicionalmente presenta una bomba sumergible y una planta de tratamiento, sin embargo, no fue posible estimar los tiempos de bombeo ni niveles. El pozo P128, presenta una profundidad de 37 m y una bomba sumergible para su aprovechamiento, el cual tiene un caudal estimado de 2.78 l/s. El pozo P102 presenta una profundidad de 5 m y un caudal de explotación de 1.11 l/s es explotado por medio de una electrobomba. En las **Fotografía 3.2-108** a la **Fotografía 3.2-110** se presenta los pozos P128 y P137. En el **Anexo D.4 – Componente hidrogeológico**, se presenta los Formatos levantados en campo (FUNIAS) con su respectivo registro fotográfico.

De los parámetros físicos medidos en campo el pH es de tendencia ácida por debajo de 5.63 unidades, la conductividad eléctrica es no supera los 41 uS/cm indicando agua con baja mineralización, posiblemente por la falta de bombeo continuo de los mismos, la temperatura promedio es de 25 °C, se presenta clara, incolora y con olor a cloro y hierro. En el **Anexo D.4 – Componente hidrogeológico**, se presenta un resumen de los resultados de los parámetros *In Situ*.



Fotografía 3.2-108 Pozo P128, Municipio de Acacias – vereda San Isidro De Chichimene



Fotografía 3.2-109 Pozo P137, Municipio de Acacias – vereda San Isidro De Chichimene



Fotografía 3.2-110 Pozo P13, Municipio de Acacias – vereda Santa Teresita

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.7.2 Unidades hidrogeológicas

Regionalmente el proyecto de Construcción y operación de una línea de transmisión de energía eléctrica a 230 kV entre la subestación del Sistema Interconectado Nacional “La Reforma” y la subestación “San Fernando” ubicada en el municipio de Castilla La Nueva, se encuentra en la denominada Provincia Hidrogeológica del Orinoco, según el mapa hidrogeológico de Colombia<sup>54</sup> en el borde oriental de la Cordillera Oriental, sector conocido como Piedemonte Llanero, en donde se presentan rocas y sedimentos, de edades Cretácicas hasta Cuaternario, que pueden conformar acuíferos por porosidad primaria y secundaria.

Con respecto a la zonificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas del IDEAM<sup>55</sup>, el proyecto se encuentra ubicado en la provincia hidrogeológica de los Llanos Orientales, en el sistema acuífero denominado “Villavicencio – Granada- Puerto López, donde se presentan unidades hidrogeológicas de Acuíferos Cuaternario y Terciario los cuales se caracterizan por ser libres a confinados.

Localmente, las unidades geológicas que se encuentran relacionadas en la zona de planicie y valle, son sedimentos principalmente de edad cuaternaria formada bajo ambientes aluviales y coluvioaluviales que presentan porosidad primaria, los cuales enmascaran las diferentes unidades geológicas del cretácico y terciario augurantes en la zona.

En la zona de montaña se presentan unidades de edad cretácica de origen marino, cuyas litologías van desde arenas hasta lodolitas y lutitas; la secuencia descrita se encuentra plegada y en algunos sectores fracturada por efecto de actividad tectónica asociada al levantamiento de la cordillera oriental, ocurrida en el cretácico y a principios del terciario. Estas unidades presentan porosidad secundaria por sus características de fracturamiento y en algunos casos porosidad primaria por la presencia de capas arenosas.

En la **Tabla 3.2-137**, se presentan las unidades hidrogeológicas definidas para el área de influencia de la línea eléctrica y en la **Imagen 3.2-95** su distribución areal.

**Tabla 3.2-137 Unidades hidrogeológicas del área de estudio**

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	CARACTERÍSTICAS	
<b>A1</b>	Sedimentos y Rocas con Flujo Intergranular (Porosidad Primaria)	Acuíferos de Mediana Productividad, capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m. La geología corresponde a las unidades de Depósitos de Terraza Medias
<b>A2</b>	Sedimentos y Rocas con Flujo Intergranular (Porosidad Primaria)	Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m. La geología corresponde a las unidades Depósitos Coluvioaluviales, Depósitos de Terrazas Altas y Bajas, Depósitos Aluviales Subcrecientes y de Cauce Activo de ríos trenzados y menores.

<sup>54</sup> INGEOMINAS 1989. Regiones Hidrogeológicas, Mapa Hidrogeológico de Colombia. Escala 1:5.000.000

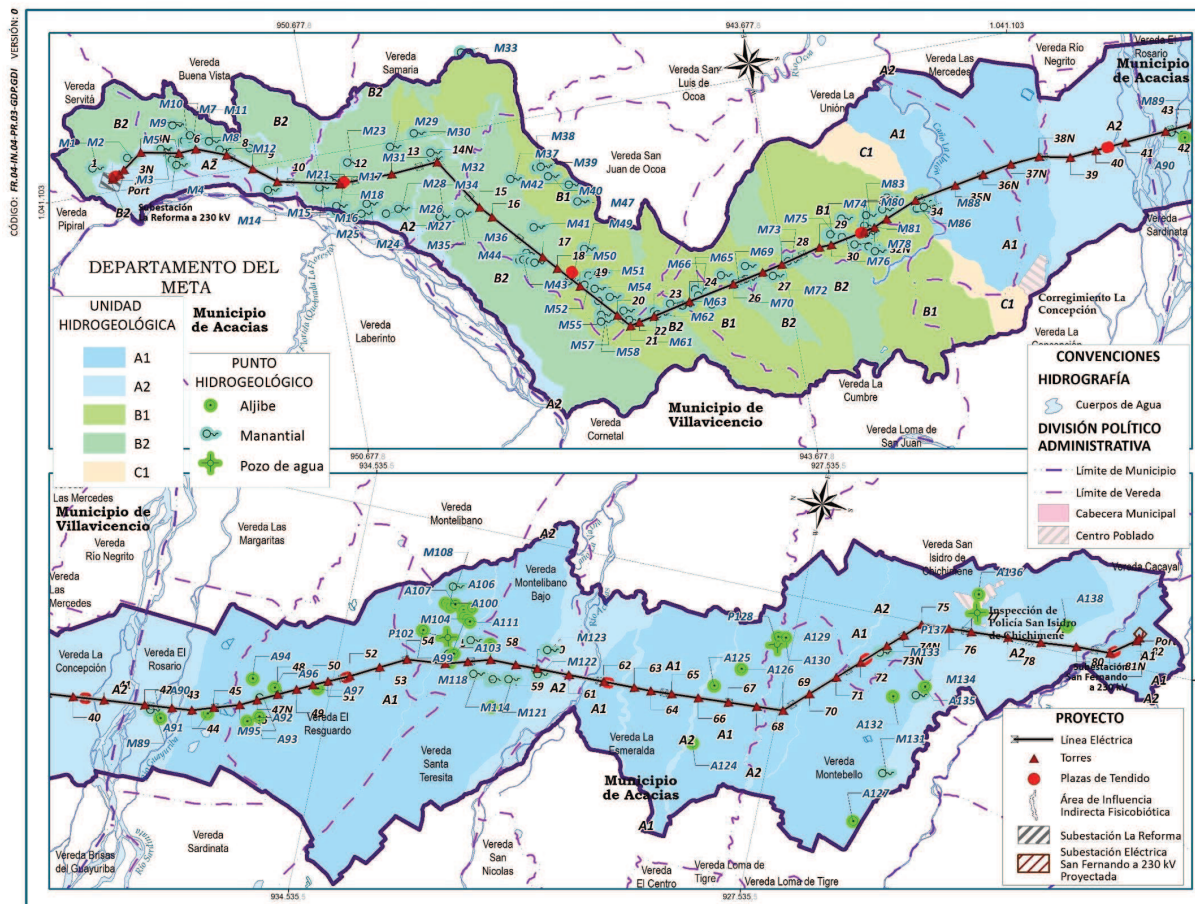
<sup>55</sup> IDEAM, MINAMBIENTE, 2015. Estudio Nacional del Agua. P136

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	CARACTERÍSTICAS	
<b>B1</b>	Rocas con Flujo a través de Fracturas o Porosidad Secundaria (Rocas Fracturadas y/o Carstificadas)	Acuíferos de mediana productividad, capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m. La geología corresponde a las unidades Formación Arenisca de Cáqueza, Grupo Palmichal y Formación Une.
<b>B2</b>	Rocas con Flujo a través de Fracturas o Porosidad Secundaria (Rocas Fracturadas y/o Carstificadas)	Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m. La geología corresponde a las unidades Formación Lutitas de Macanal, Formación Chipaque y Formación Fomeque.
<b>C1</b>	Sedimentos y Rocas con Limitados Recursos de Aguas Subterráneas	Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0,05 l/s/m. Acuitardos. La geología corresponde a las unidades de la Formación Arcilla del limbo.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

A continuación, se presenta la descripción de las unidades hidrogeológicas teniendo en cuenta la capacidad de almacenar y permitir el flujo del agua subterránea fundamentando sus características en la información obtenida por medio del inventario de puntos de agua subterránea, los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos e información secundaria relevante de la zona de estudio.

Imagen 3.2-95 Unidades hidrogeológicas y distribución de puntos de agua subterránea



Hidrogeologia.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.7.2.1 Unidad hidrogeológica A1

La unidad Hidrogeológica A1, corresponde a los sedimentos y rocas con flujo intergranular o de porosidad primaria, la cual se encuentra conformada por los acuíferos de mediana productividad, con capacidades específicas entre 1,0 y 2,0 l/s/m, los cuales corresponden a las unidades de Depósitos de Terraza Media.

Esta unidad, se encuentran distribuida principalmente en amplias zonas de planicie cuya mayor proporción se encuentra en el municipio de Acacías.

Los depósitos de Terraza Media Fueron depositados en un ambiente fluvial que en general consiste en depósitos conglomeráticos clasto-soportados, conformada por guijarros, guijos, gránulos y ocasionalmente bloques decimétricos y subredondeados, característica de una unidad hidrogeológica de alta permeabilidad, donde ocasionalmente presenta niveles limo arenosos. Presenta una distribución regional amplia y reposan discordantes sobre diferentes unidades.

INGEOMINAS<sup>56</sup>, denomina esta unidad como Acuífero Depósitos de Terrazas de los Llanos Orientales, conforman en general acuíferos libres, de extensión regional, con un espesor cercano a los 40 metros, con nivel freático entre 2,5 y 4 metros de profundidad. Por su litología y extensión se considera de mediana productividad, a pesar de que carece de estudios hidrogeológicos locales y regionales, la recarga es principalmente a través del agua lluvia.

En otros sectores de la cuenca, en cercanías a la ciudad de Villavicencio, se determinó para el acuífero una Transmisividad (T) estimada de 102 a 215 m<sup>2</sup>/día, un coeficiente de almacenamiento (S) de 9,9 E-4, que lo clasifica como un acuífero semiconfinado y un caudal de explotación de 30 l/s. El agua tiene un contenido de hierro alto, son aguas blandas, con pH ácidos.<sup>57</sup>

Dada su extensión en el área de influencia, es captada por diferentes puntos de agua subterránea en total 34 puntos de los cuales se encuentran 25 aljibes, 7 manantiales influenciados por los cambios litológicos y geomorfológicos del río Acacias y dos (2) pozos profundos de 37 y 90 metros de profundidad.

### 3.2.7.2.2 Unidad hidrogeológica A2

La unidad Hidrogeológica A2, corresponde a los sedimentos y rocas con flujo intergranular o de porosidad primaria, la cual se encuentra conformada por los acuíferos de baja productividad, con capacidades específicas entre 0,05 y 1,0 l/s/m, los cuales corresponden a las unidades acuíferas del Cuaternario, de extensión local, relacionados con los acuíferos de Depósitos Coluvioaluviales, Depósitos Aluviales Subrecientes y de Cauce Activo de ríos trenzados y menores y los Depósitos de Terrazas Altas y Bajas.

<sup>56</sup> INGEOMINAS. (2004). Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia, en Escala 1:500.000. Plancha 5-14. Memoria Técnica, Bogotá p. 28.

<sup>57</sup> *Ibid.*, p. 29

Los **Depósitos Coluvioaluviales**, se presentan como unidades acuíferas compuestas por cantos y deslizamientos de roca de diferentes tamaños, provenientes de la acumulación por gravedad en las laderas y piedemonte ubicados principalmente en las cuencas altas de Caño Carbón, Caño Pescado y Caño Vijagual, de las zonas de montaña y piedemonte, considerados como acuíferos de tipo libre de baja productividad debido a su poca extensión cuya recarga se realiza por precipitación.

Los **Depósitos Aluviales** del cauce activo en ríos trezados, se asocian principalmente a los cuses de los ríos Guayuriba y en menor proporción en el caño Mojaculo y caño Grande ubicados en la zona de planicie asociados a los bancos de arena que se forman en los ríos trezados y orillales. Los Depósitos Subcrecientes correspondientes a las zonas de desborde de los causes principales y los Depósitos Cauce activo correspondiente a la mayoría de los drenajes menores que se encuentran en el área de influencia. En general, los Depósitos Aluviales se encuentran compuestos por acumulaciones de origen fluvial conformadas por arenas, limos, arcillas, gravas, guijarros y bloques redondeados, con espesores estimados los cuales no superan los 15 m.

Por sus características litológicas pueden conformar acuíferos de tipo libre, de extensión local, discontinuos y de baja productividad. Pueden tener conexión hidráulica con las corrientes superficiales, de los cuales debe recibir recarga directa por flujo base.

En esta unidad se presenta en la zona de piedemonte, en áreas pequeñas paralelo al río Guayuriba y algunos drenajes menores, en la zona de planicie del municipio de Acacías, se presenta en márgenes de los ríos Acacías, Orotoy y drenajes menores.

Fueron identificados 10 puntos del agua de los cuales 1 es un aljibe presente en el río Guayuriba en la zona de planicie (A90) y 9 manantiales.

### 3.2.7.2.3 Unidad hidrogeológica B1

La unidad Hidrogeológica B1, corresponde a las rocas de porosidad secundaria o a través de fracturas y la cual se encuentra conformada por los acuíferos de mediana productividad, capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m, los cuales corresponden a acuíferos continuos de extensión semiregional, conformados por rocas sedimentarias de edad Cretácica, depositadas en ambiente marino a transicional, con porosidad primaria por la presencia de paquetes arenosos y secundaria por la presencia de fuertes fracturamientos de roca. Acuíferos generalmente confinados con aguas recomendables para cualquier uso. Dentro de este sistema hidrogeológico se encuentran acuíferos del Cretácico, relacionados con los acuíferos del Grupo Palmichal, Formación Une, y Formación Arenisca de Cáqueza.

El **Grupo Palmichal** se encuentra distribuido en la zona de piedemonte y montaña del área de influencia en dirección de buzamiento de las capas hacia el occidente y con aporte de agua por fracturamiento. La unidad está compuesta por una serie de areniscas y conglomerados finos, con intercalaciones de lutitas, con espesor de 540 m<sup>58</sup>.

---

<sup>58</sup> INGEOMINAS, 2007. Óp. Cit., p. 55.

Esta unidad se asocia en la Sabana de Bogotá a las unidades Grupo Guadalupe, Formación Guaduas y Formación Cacho, las cuales conforman acuíferos por porosidad secundaria y primaria principalmente el Grupo Guadalupe y la Formación Cacho, con buen potencial hidrogeológico y definiéndose la Formación Guaduas principalmente como de carácter confinante.

En la zona de evaluación se hallaron 15 manantiales, lo que demuestra manifestaciones del flujo del agua subterránea, las cuales pueden ser observadas en la base del cerro por las areniscas del grupo palmichal, donde el fuerte fracturamiento genera la surgencia de manantiales.

El acuífero la **Formación Une**, en la zona de estudio, se encuentra en el municipio de Villavicencio. Esta unidad está conformada por Areniscas cuarzosas, de grano medio a ligeramente conglomerática en capas muy gruesas, convergentes, con esporádicas intercalaciones de lodolita; el espesor de esta unidad es de aproximadamente 400 metros.

Aunque se desconocen estudios hidrogeológicos para esta unidad se estima que puede conformar un acuífero de mediana productividad, de tipo confinado. En la zona de evaluación de encontraron un total de 11 manantiales posiblemente asociados a las fallas presentes en la zona.

La **Formación Arenisca de Cáqueza**, se encuentra en el costado norte del municipio de Villavicencio en la vereda San Juan de Ocoa. La unidad se encuentra compuesto por areniscas cuarzosas, blancas de grano medio a conglomerático con gránulos de cuarzo, con intercalaciones de lodolita, lo que la convierte en un acuífero con bajo a moderado potencial, con influencia de fracturamiento y estratificación con inclinación en dirección de la pendiente topográfica, factor que hace considerar como zona de recarga hidrogeológica.

En los corredores para esta unidad fueron encontrados 18 manantiales entre los cuales se presenta el M40 identificado como un manantial de importancia hidrológica e hidrogeológica, ya que allí nace el río Ocoa.

#### 3.2.7.2.4 Unidad hidrogeológica B2

La unidad Hidrogeológica B2, corresponde a las rocas de porosidad secundaria o a través de fracturas la cual se encuentra conformada por los acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m, pertenecientes a sistemas acuíferos discontinuos de extensión regional, conformado por rocas sedimentarias de edad Cretácica, depositadas en ambiente marino a transicional, compuesto principalmente por gruesas capas de unidades lodolitas con intercalaciones de niveles calcáreos y areniscas de grano fino. En esta unidad acuífera hacen parte las unidades de la Formación Lutitas de Macanal, Formación Chipaque y la Formación Fômeque.

La **Formación Lutitas de Macanal**, se encuentra presente en la zona de montaña del municipio de Villavicencio. Consta de lodolitas laminares con delgadas intercalaciones de arenisca lítica de grano medio, con algunos niveles calcáreos, características de una unidad confinante con la presencia de fallamientos como son la Falla de El Buque, Buenavista y Servitá. En esta unidad se reporta la presencia de 39 manantiales generados principalmente por el fracturamiento de la roca mencionado anteriormente.



La unidad de la **Formación Chipaque**, se presenta en el costado norte en el municipio de Villavicencio. Se encuentra compuesto por lodolitas en bancos gruesos, con intercalaciones de arenisca cuarzosa, de grano medio en capas de 40 cm de espesor. Esporádicamente contiene calizas y lentes delgados de carbón. Presenta una permeabilidad secundaria de baja productividad, debido al espesor de los niveles de areniscas. En el inventario realizado fueron reportados 2 manantiales en esta unidad.

De la misma manera la unidad acuífera de la **Formación Fomeque**, consta de arcillolitas, alternando con areniscas líticas, localmente calcáreas, en capas medias a gruesas, cuyas características presentan una permeabilidad baja en los niveles de areniscas debido a su fina granulometría y su interdigitación entre capas arcillosas que limitan el flujo del agua.

#### 3.2.7.2.5 *Unidad hidrogeológica C1*

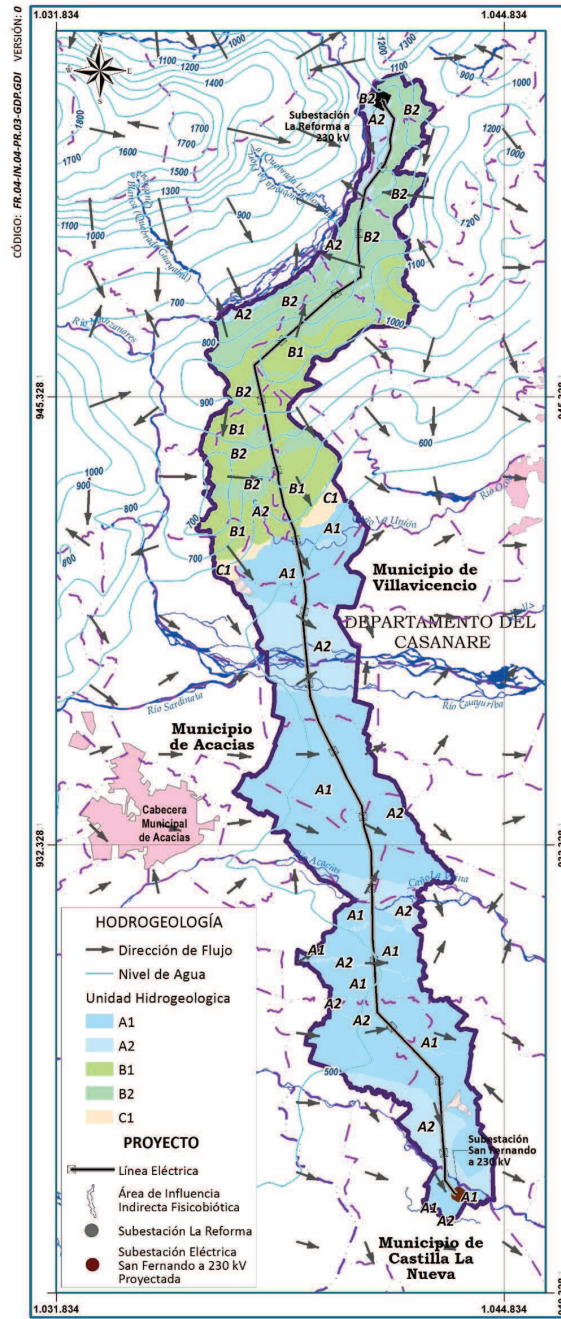
La unidad Hidrogeológica C1, corresponde a sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea, los cuales se encuentran conformadas por los acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0,05 l/s/m, los cuales hacen parte del complejo de rocas lutíticas de edad Paleozoica de origen marino a transicional y continental, consolidadas; que dadas sus características litológicas no son de importancia hidrogeológica. Estas unidades se comportan básicamente como acuitardos. Dentro de este sistema hidrogeológico se encuentra la Formación Arcilla del limbo, la cual corresponde a rocas arcillosas, que por su baja permeabilidad no permiten la circulación del agua subterránea, lo cual se encuentra afirmado por la no presencia de manantiales en esta unidad. Se considera más como una unidad confinante por tanto se comporta como un sello para algunos acuíferos. Dadas sus características litológicas esta unidad se ha considerado como acuíferos de muy baja productividad y no es posible explotar agua de estas.

#### 3.2.7.3 Direcciones de flujo

Con base en la información geológica, geomorfológica y topográfica, se puede definir el flujo del agua subterránea en los acuíferos más superficiales tanto de los depósitos cuaternarios, como de los acuíferos cretácicos, donde el agua debe seguir la tendencia topográfica hacia el sureste como se muestra en la **Imagen 3.2-96**. Adicionalmente, para la caracterización del flujo subterráneo local, para los acuíferos cuaternarios ubicados en la zona de planicie, se realizó con base en los datos de elevación del nivel de la tabla de agua principalmente de 33 aljibes y 3 pozos de agua subterránea, mientras que para la zona de piedemonte y montaña, se tuvo en cuenta la elevación del punto de surgencia de 87 manantiales, considerando que en general estos sectores representan la intersección de la tabla de agua con la superficie topográfica. Se interpolaron los datos de altura para obtener la elevación de la superficie piezométrica (**Imagen 3.2-96**).

En general, la dirección del flujo de agua subterránea somera convergirá hacia los principales drenajes que se encuentran en la zona, como son el río Guayuriba, río Acacias, y río Orotoy con los cuales haya conexión hidráulica con aporte desde los drenajes superficiales hacia los acuíferos someros.

Imagen 3.2-96 Direcciones de flujo de agua subterránea (somero y local)



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

También es posible que, en los acuíferos cuaternarios, se presenten aporte del agua subterránea a los drenajes como flujo base, en ciertos períodos secos, estimado por la presencia de varios manantiales en esta zona de planicie.

No se conoce el comportamiento de los flujos subterráneos intermedios y profundos, puesto que no existen captaciones representativas que indiquen su desplazamiento; sin embargo, se esperaría que el flujo subterráneo intermedio se comporte de forma similar al flujo local, siguiendo una dirección NW-SE influenciado por las condiciones de relación entre el piedemonte y la planicie

También es importante resaltar, la presencia de fallamiento propio del piedemonte que generan truncamientos, desplazamiento o repetición u omisión de capas y en consecuencia ocasionar los mismos efectos localmente en los acuíferos, adicionalmente las fallas son zonas de porosidad secundaria más alta que pueden **Anexo D.4 – Componente hidrogeológico** actuar como canales por los que el flujo de agua se mueve preferencialmente, lo que podría modificar el movimiento del agua subterránea, especialmente asociado a los flujos intermedios y profundos.

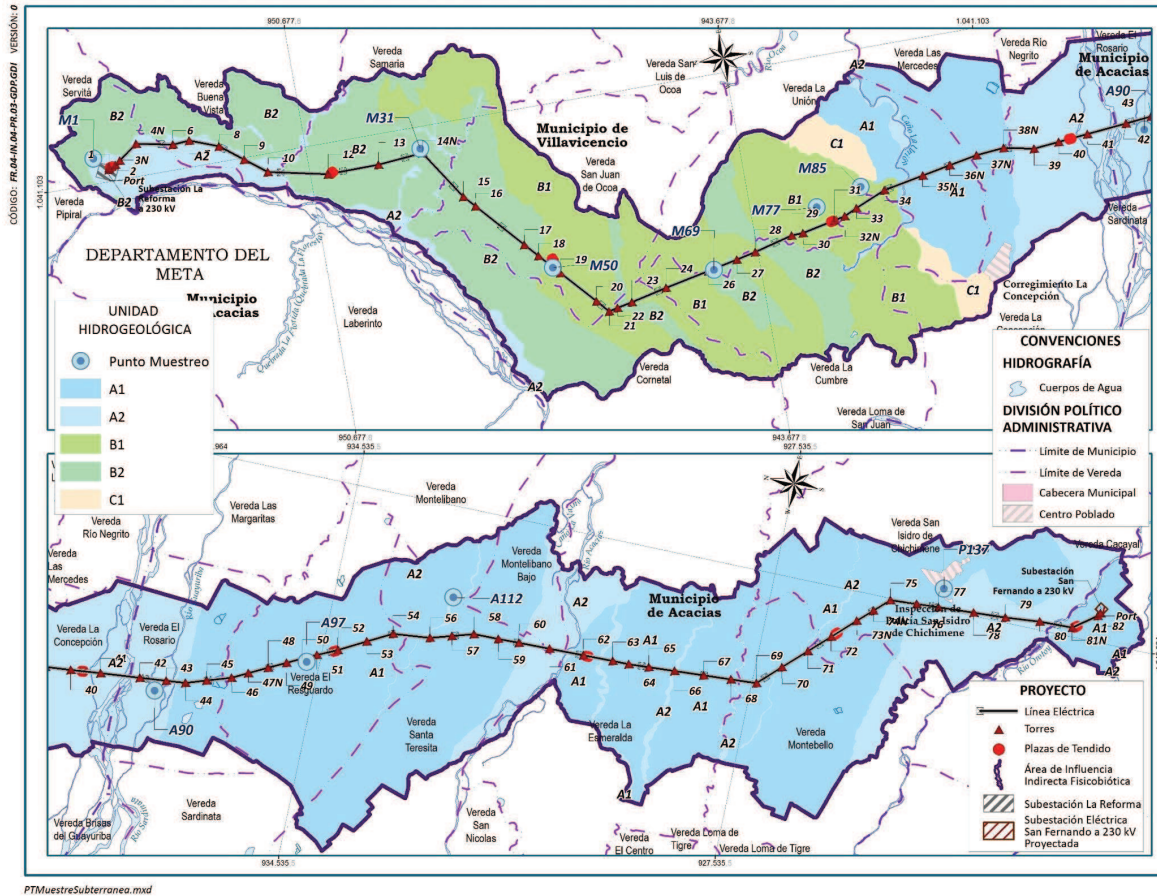
#### 3.2.7.4 Calidad del Agua Subterránea

Las características físico químicas del agua subterránea se van adquiriendo desde el momento en que el agua lluvia se infiltra y se incorpora al flujo subterráneo, ya que gases, aerosoles, y diversas sales presentes en la atmósfera reaccionan con el agua, marcando la composición del agua de infiltración. Una vez al agua entra en contacto con los sedimentos y las rocas, va adquiriendo sales. Este enriquecimiento en sales del agua subterránea estará controlado por la composición mineralógica de los sedimentos y las rocas, así como de la solubilidad de las sales; siendo por su solubilidad el carbonato de calcio, el carbonato de magnesio, el cloruro de sodio y el sulfato de magnesio, las que se encuentran generalmente en mayores proporciones en el agua subterránea.

El grado de mineralización de las aguas subterráneas depende del tiempo de contacto con la roca por la cual circula el agua. Generalmente aguas subterráneas cercanas a la zona de recarga o de infiltración (con cortos periodos de residencia) tendrán una mineralización más baja que las aguas subterráneas de circulación regional (las cuales han tenido largos periodos de residencia). La calidad del agua queda definida por su composición, y el conocimiento de los efectos que puede causar cada uno de los elementos que se encuentran disueltos, o el conjunto de todos ellos, permite establecer las posibilidades de utilización, clasificándola de acuerdo con unos límites, su destino para consumo humano, agrícola o industrial.

La ubicación de los puntos de agua muestreados por vereda y municipio se muestran en la **Imagen 3.2-97**.

Imagen 3.2-97 Localización de los puntos de agua subterráneas



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Dentro de los puntos a los cuales se realizó muestreo de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se hallan seis (6) manantiales de los cuales cinco (5) se encuentran en la zona de piedemonte y montaña en el municipio de Villavicencio y uno (1) en la zona de planicie del municipio de Acacias. Dos (2) de ellos son usados como abastecimiento público para un promedio de 40 personas y dos (2) de ellos para uso doméstico y pecuario, los otros dos (2) no reportan uso específico.

También fueron muestreados tres (3) aljibes, ubicados en la zona de planicie en los depósitos cuaternarios, los cuales se reporta para uso doméstico, pecuario y se encuentran ubicados en el municipio de Acacias en las veredas Santa Teresita, el Resguardo y el Rosario. Están construidos sin revestimiento y con revestimiento en piedra y su método de extracción es por medio de motobombas y manualmente.

Finalmente, de los tres (3) pozos profundos identificados en el AID, se realizó el muestreo de uno (1) de ellos con el fin de tomar datos de los acuíferos más profundos de los Depósitos Cuaternarios de la zona de planicie en el municipio de Acacias, el cual se encuentra en la Vereda San Isidro de Chichimene, en la escuela que lleva su nombre.

De los acuitardos, representados por la Formación Arcilla del limbo, no se tomaron muestras de agua debido a sus condiciones de bajo interés hidrogeológico y limitados recursos; adicionalmente, en la zona donde se encuentra ubicada, no se presentan puntos de agua subterránea.

En la **Tabla 3.2-138**, se presentan los puntos hidrogeológicos a los cuales se realizó el muestreo fisicoquímico y bacteriológico, con su unidad hidrogeológica y geológica captada.

La caracterización del agua subterránea, tiene como objeto establecer una línea base de las condiciones ambientales del agua, al compararlas con la normatividad ambiental vigente, de acuerdo con los criterios admisibles para la destinación del recurso para diferentes usos.

Para cada muestra se analizaron parámetros físico-químicos tales como pH, temperatura, Conductividad eléctrica, aniones y cationes mayores y metales pesados. Además, se analizaron parámetros bacteriológicos y otros elementos considerados como potencialmente contaminantes del agua.

**Tabla 3.2-138 Unidades hidrogeológicas y geológicas captadas por los puntos de muestreo**

Id	Tipo de Punto	Municipio	Vereda	Predio	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Cota	Unidad Geológica	Unidad Hidrogeológica
						Norte	Este			
P137	Pozo	Acacias	San Isidro De Chichimene	Institución Educativa	Abastecimiento Publico	924774,54	1043299,58	476	Qt2	A1
M1	Manantial	Villavicencio	La Reforma	La Reforma	Abastecimiento Publico	954137,50	1041516,59	889	Kilm	B2
A112	Aljibe	Acacias	Santa Teresita	El Igua	Uso Doméstico y Pecuario	932613,19	1041486,84	502	Qt2	A1
A97	Aljibe	Acacias	Resguardo	Las Delicias	Uso Doméstico	934742,76	1039953,25	550	Qt2	A1
A90	Aljibe	Acacias	El Rosario Bajo	Villa Marly	Uso Doméstico	937085,34	1038973,32	493	Qal-1	A2
M85	Manantial	Villavicencio	La Union	Birmania	Uso Doméstico	941834,35	1038862,34	589	Kpgp	B1
M77	Manantial	Acacias	La Union	Bellavista	Abastecimiento Publico	942599,00	1038662,00	697	Kpgp	B1
M50	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	El Bosque	Pecuario	947030,19	1038440,24	1009	Kic	B1
M31	Manantial	Villavicencio	Cornetal	Guamal	Sin Uso	948830,72	1040740,64	925	Kilm	B2
M69	Manantial	Villavicencio	La Cumbre	Costa Rica	Sin Uso	944438,04	1037944,57	885	Kiu	B1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

En la **Tabla 3.2-139** se indican los parámetros y su importancia para la caracterización de aspectos del acuífero, para la aptitud para consumo humano y agropecuario.

**Tabla 3.2-139 Características de las principales variables físico – químicas evaluadas para agua subterránea**

PARÁMETRO		DESCRIPCIÓN
Físicos	Temperatura	Las aguas subterráneas presentan una temperatura poco variable debido a la baja energía, responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas del lugar, incrementado en el producto de la profundidad por el gradiente geotérmico (1°C por cada 35 m en promedio), la temperatura del agua afecta la viscosidad del agua, capacidad de absorción de gases. La temperatura afecta parámetros o características tales como la solubilidad de gases y sales, la cinética de las reacciones químicas y bioquímicas, desplazamientos de los equilibrios químicos, tensión superficial, desarrollo y actividad de los organismos presentes en el agua.
	Conductividad Eléctrica	Refleja la mineralización de las aguas presentando una estrecha relación con los sólidos disueltos, conjuga los cationes sodio, potasio, calcio, magnesio, así como los aniones carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros, principalmente. Crece con el contenido de iones disueltos, una conductividad eléctrica alta indica mayor mineralización del agua, en aguas dulces está entre 0 y 2.000 µS/cm.
	Turbiedad	La turbiedad o turbidez es una expresión del efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; es decir, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión. Es un término que se usa para describir el grado de opacidad del agua. En un agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limos, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y otros microorganismos. Para el agua subterránea se presenta en general de menos de 1 ppm.
	Sólidos disueltos, suspendidos, sedimentables y totales.	Los sólidos disueltos constituyen los iones solubles en el agua incluyendo los cloruros, magnesio, calcio, potasio, sulfatos, sodio, valores altos indican mayor concentración de sales minerales en la columna de agua y se reflejan en los valores de conductividad. Los sólidos suspendidos corresponden a arcillas, limos y materia orgánica finamente dividida. Se encuentran correlacionados con la turbiedad. La turbidez del agua es atribuida al material en suspensión y coloidal presente en el agua, cuyo efecto es la disminución en la penetración de la luz solar. Se asocia con pequeñas cantidades de materia orgánica y material suspendido. El principal interés de este parámetro, asociado con la turbidez del agua natural, se relaciona con la destinación del recurso para el consumo público. Los sólidos sedimentables, por su parte, se refieren al material particulado de un mayor tamaño que puede decantarse por gravedad. Los sólidos totales, corresponden a toda la materia sólida contenida en el líquido.
	Color verdadero	El color es una característica generalmente relacionada con la turbiedad, aunque puede también presentarse de forma independiente. El color verdadero se debe a las sustancias en solución, que se mide después de retirar las partículas suspendidas mediante centrifugación. Su origen se halla en la disolución de material vegetal o mineral, que incluye presencia de materia orgánica en descomposición, como lignina y taninos, también por óxidos de hierro, zinc y manganeso, por excretas de organismos y presencia de cianobacterias.

PARÁMETRO		DESCRIPCIÓN
Fisicoquímicos	pH	Indica la concentración de iones Hidrógeno [H+] y su actividad. Se usa para expresar del carácter ácido o básico de un sistema acuoso y controla el grado de disociación de los ácidos y bases, valores bajos particularmente por debajo de pH4, indican corrosividad al agua, la cual puede tender a disolver metales y otras sustancias con que tenga contacto. Valores altos, cercanos a pH 8,5 indican que el agua es alcalina, con lo cual tiende a formar precipitados. El pH tiene efectos en el tratamiento y uso del agua. Por debajo de pH7 es ácida, con pH 7 es neutra y por encima de pH 7 es básica.
	Alcalinidad Total	Es definida como la capacidad del agua para neutralizar los iones H+ y se encuentra muy relacionada con el pH. Se debe principalmente a las sales de ácidos débiles, principalmente a carbonatos y bicarbonatos y en menor medida a boratos, silicatos, y fosfatos. De esta forma, la alcalinidad es una medida de la cantidad de iones bicarbonato y carbonato presentes en el agua y por lo tanto, una manera de conocer el funcionamiento y capacidad buffer de un ecosistema acuático.
	Dureza (CaCO <sub>3</sub> )	Es una medida de la concentración de minerales en el agua, especialmente de Calcio (Ca++) y Magnesio (Mg++), además de otros iones metálicos divalentes como Hierro (Fe++) y Manganeso (Mn++). La dureza se expresa como equivalentes de Carbonato de Calcio CaCO <sub>3</sub> . La USGS clasificó la dureza entre 0-60 mg/l CaCO <sub>3</sub> blanda, 61-120 mg/l CaCO <sub>3</sub> moderadamente dura, 121-180 dura y mayor a 180 mg/l muy dura.
	Acidez Total	La acidez en el agua puede definirse como la capacidad para neutralizar bases, o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas y puede ocurrir por la oxidación de sulfuros, hidrólisis de hierro, aluminio o amonio, es un proceso que requiere mucho oxígeno por lo cual solo se puede dar acidez importante en las proximidades del nivel freático.
	Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> ) y carbonatos (CO <sub>3</sub> )	La mayor fuente natural de carbonatos y bicarbonatos proviene de la disolución de calizas y dolomitas, los carbonatos comúnmente están por debajo de 10 mg/l, con aguas altas en sodio pueden contener cerca de 50 mg/l de carbonatos. Los bicarbonatos generalmente están por debajo de 500 mg/l; pueden exceder 1000 mg/l en aguas con alto carga de dióxido de carbono.
	Cloruros (Cl)	La fuente principal son las rocas sedimentarias (evaporíticas) y en menor proporción de las rocas ígneas. Son sales muy solubles, estables en disolución y difícilmente precipitables, no oxida ni reduce en aguas naturales. En general va asociado el ion sodio Na+. Cloruros por encima de 100 mg/l imparten sabor salado; entre 10 y 250 mg/l se presentan en aguas dulces.
	Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	Proceden de la oxidación de minerales sulfurados, yeso, anhidrita. Son sales moderadamente solubles a muy solubles, se presentan entre 2 y 250 mg/l en aguas dulces, comúnmente por debajo de 300 mg/l, excepto en zonas influenciadas por drenaje ácido de mina.
	Calcio (Ca)	Procede de los anfíboles, feldespatos, yeso, piroxenos, aragonita, calcita, dolomita y minerales arcillosos, generalmente en aguas naturales por debajo de 100 mg/l; son sales moderadamente solubles a muy solubles. Su química va muy asociada a la de los iones bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) y carbonato (CO <sub>3</sub> ), pudiéndose precipitar y disolver con facilidad al cambiar el pH o la presión parcial de CO <sub>2</sub> .
	Magnesio (Mg)	Procede de los anfíboles, olivino, piroxenos, dolomita, magnesita, minerales arcillosos. Con propiedades similares a las del calcio pero más solubles y más difíciles de precipitar. Generalmente en aguas dulces entre 1 y 100 mg/l.
	Sodio (Na)	Procede de la disolución de feldespatos (albita), minerales arcillosos; evaporitas, tales como halita (NaCl), sulfato de sodio (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) y fuentes industriales. Generalmente se presenta por debajo de 200 mg/l en aguas naturales. Presentan una solubilidad muy elevada y es difícil de precipitar, es afectado fácilmente por el cambio de bases.



PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	
Potasio (K)	Su fuente natural son los feldspatos (ortoclasa), feldspatoides, algunas micas y minerales arcillosos. Son de solubilidad muy elevada y difícil de precipitar, es afectado fácilmente por el cambio de bases y es absorbido de forma poco reversible por las arcillas en formación. Generalmente en aguas dulces están por debajo de 10 mg/l.	
Hierro (Fe)	La fuente natural son rocas ígneas: anfíboles, micas ferro magnesianas, sulfuros ferrosos (FeS), sulfuros de hierro o piritita (FeS <sub>2</sub> ), magnetita (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ), rocas arenosas: óxidos, carbonatos y sulfuros o minerales arcillosos. En aguas subterráneas con pH por debajo de 8 pueden contener hasta 10 mg/l. por encima de 0,1 mg/l forma precipitado al exponerse al aire, causa turbiedad. ***	
Compuestos nitrogenados	Por lo general, en el agua se encuentra en forma de amoníaco, nitratos y nitritos, que son la fuente primordial de nitrógeno necesario en la síntesis de proteína y es junto al fósforo. La dinámica del nitrógeno depende primordialmente de procesos endógenos de fijación por parte de los productores primarios, el aporte derivado de la materia orgánica en descomposición y las pérdidas de denitrificación por la liberación de nutrientes a través de la descomposición microbiana.	
Compuestos fosforados	Proviene de la disolución de las rocas fosfatadas y por la mineralización de la materia orgánica, que retorna al medio el fósforo inorgánico a través de los procesos de descomposición microbiana. Su dinámica depende del reciclamiento interno (sedimentos) y principalmente del aporte de la cuenca (lavado, quemas, erosión). Se usa para evaluar el grado de eutrofización de las aguas o el enriquecimiento del medio acuático con nutrientes, ya que la contaminación orgánica, industrial y agrícola constituye hoy día una de las fuentes más importantes de fósforo en el agua y es la principal responsable de los fenómenos de eutrofización. El fósforo en el agua se encuentra de muchas formas, de las cuales, las de mayor importancia son la orgánica e inorgánica, y dentro de ésta última, los fosfatos. El fósforo orgánico se refiere a aquel que se encuentra unido a materia orgánica muerta o a constituyentes celulares, mientras que el inorgánico es aquel que se encuentra mineralizado, producto de la descomposición microbiana.	
Oxígeno Disuelto	Su presencia produce un medio oxidante y juega un gran papel de gran importancia en la solubilización e insolubilización de iones que cambian con facilidad de valencia, así como en la actividad de microorganismos, se consume con facilidad si hay sustancias oxidables, tales como materia orgánica, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Fe <sup>++</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> .	
Nitratos	El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por las excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente los nitratos son solubles por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas subterráneas.	
Bacteriológicos	Coliformes	Los coliformes totales constituyen el conjunto de microorganismos que producen colonias rojas con brillo metálico tras 24 horas de incubación. Algunos crecen normalmente sobre el suelo, por lo que su presencia no indica contaminación por residuos antrópicos, en tanto que los coliformes fecales representan la porción de los coliformes totales que provienen de las heces fecales de animales de sangre caliente y por ende, permite inferir la influencia antrópica o humana en la contaminación.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Los muestreos de agua subterránea fueron realizados entre el 9 y el 14 de julio de 2017, en periodo de transición de húmedo a seco. El muestreo, el análisis fisicoquímico y el bacteriológico fueron realizados por el laboratorio Daphnia Ltda., siguiendo los estándares de calidad según requerimientos del "Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM". En el **Anexo D-41 Componente Hidrogeológico**, se adjuntan los reportes del laboratorio.

### 3.2.7.4.1 Resultados de laboratorio

Los resultados de cada muestra se comparan con los límites permisibles establecidos en la Resolución 2115 de 2007 expedida por los Ministerio de la Protección Social y Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, “*Por medio de la cual se señalan las características, instrumentos y frecuencia del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*”, y con los límites establecidos en el Decreto 1076 de 2015, (Decreto único reglamentario del sector de ambiente y desarrollo sostenible), el cual realiza una compilación de todos los decretos reglamentarios vigentes, en el cual se encuentra el Decreto 1594 de 1981, expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Artículos 38, 39, 40, 41, donde además de establecer los criterios para el consumo humano, se establecen para el uso agrícola y pecuario.

Los artículos aplicables a los límites para la determinación de la condición del agua son descritos en la **Tabla 3.2-140**.

**Tabla 3.2-140 Normatividad vigente para la determinación de los límites permisibles de las características del agua según su usopotencial**

Decreto 1594 de 1984	ARTICULO	Decreto 1076 de 2015	ARTICULO	DESCRIPCIÓN
	38		2.2.3.3.9.4	Agua destinada al uso humano y doméstico (para su potabilización sólo se requiere tratamiento convencional)
39	2.2.3.3.9.5	Consumo humano (para su potabilización sólo requiere desinfección)		
40	2.2.3.3.9.6	Uso agrícola		
41	2.2.3.3.9.7	Uso pecuario		
Resolución 2115 de 2007		2	Características físicas del agua para consumo humano	
		3	Valor máximo de conductividad del agua para consumo humano	
		4	Valores de pH permisibles en el agua para consumo humano	
		5	Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana	
		6	Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana	
		7	Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana	
		8	Características químicas relacionadas con los plaguicidas y otras sustancias nocivas para la salud humana	
		9	Características químicas de otras sustancias utilizadas en la potabilización	
		11	Características microbiológicas	

Fuente: Decreto 1076 de 2015, Decreto único reglamentario del sector de ambiente y desarrollo sostenible. Resolución 2115 de 2007 de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Debido a que, para varios parámetros analizados, ambas normatividades establecen límites diferentes, en el presente estudio se comparan los resultados de laboratorio con la normatividad que presente el límite más restrictivo. Los resultados de los análisis se presentan en la **Tabla 3.2-141**

Tabla 3.2-141 Características fisicoquímicas de los puntos de agua subterránea

Identificación de la muestra	UNIDAD	P137	M1	A112	A97	A90	M85	M77	M50	M31	M69	Res. 2115/07	Normatividad				
		Decreto 1594/84											Art 38	Art 39	Art 40	Art 41	
Coordenada Este		1043299,59	1041516,59	1041486,84	1039953,25	1038973,32	1038862,34	1038662,00	1038440,24	1040740,64	1037944,57						
Coordenada Norte		924774,54	954137,50	932613,20	934742,76	937085,34	941834,35	942599,00	947030,19	948830,72	944438,04						
Código Laboratorio		38796-1	38795-1	38795-2	38795-3	38807-1	38807-2	38807-3	38815-1	38821-1	38834-1						
Fecha de análisis		11/07/2017	11/07/2017	11/07/2017	11/07/2017	12/07/2017	12/07/2017	12/07/2017	12/07/2017	13/07/2017	14/07/2017						
PARÁMETRO	UNIDAD	Daphnia Ltda	Daphnia Ltda	Daphnia Ltda	Daphnia Ltda	Daphnia Ltda	Daphnia Ltda	Daphnia Ltda	Daphnia Ltda	Daphnia Ltda	Daphnia Ltda						
Acidez Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	42,9	3,3	66,9	78,2	19,3	7,8	7,5	10,8	8,3	11,9	300	--	--	--	--	--
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /L	10,2	10,6	6,1	< 5,0	61,5	10,4	7,2	8,5	12,9	< 5,0	200	--	--	--	--	--
Arsénico	µg As/L	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	< 10,0	0,01	50*	50*	100*	200*	--
Aceites y Grasas	mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	--	--	--	--	--	--
Bicarbonatos	mg CaCO <sub>3</sub> /L	10,2	10,6	6,1	< 5,0	61,5	10,4	7,2	8,5	12,9	< 5,0	--	--	--	--	--	--
Calcio total	mg Ca/L	0,88	< 0,50	0,99	< 0,50	27,8	0,6	< 0,50	< 0,50	14,49	< 0,50	60	--	--	--	--	--
Carbonatos	mg CaCO <sub>3</sub> /L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	--	--	--	--	--	--
Carbono Orgánico Total	mg C/L	<2,00	2,01	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	2,28	<2,00	<2,00	2,02	--	--	--	--	--	--
Conductividad	µs	25	12,7	24,3	21,3	148	12	7	9	125	12,3	1000	--	--	--	--	--
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	300	41	489	1710	860	10	2410	97	<1	29	0	2000	--	--	1000	--
Coliformes Totales	NMP/100 mL	155310	6405	19863	241960	7030	594	96060	1720	166	1733	0	20000	1000	--	--	--
Color	UPC	5	7	6	6	11	6	16	12	16	18	15	75	20	--	--	--
Cloruros	mg Cl/L	3,65	1,82	4,56	4,1	2,74	3,19	4,79	5,47	3,89	4,12	250	250	250	--	--	--
Hierro	mg Fe/L	0,19	< 0,10	0,68	0,27	0,27	0,69	1,54	0,43	0,17	< 0,10	0,3	--	--	5	--	--
Hidrocarburos Totales	mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	--	--	--	--	--	--
Fenoles	mg Fenol/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	--	0,002	0,002	--	--	--
Fosfatos	mg PO <sub>4</sub> /L	< 0,12	< 0,12	0,25	< 0,12	< 0,12	0,5	0,57	< 0,12	< 0,12	< 0,12	0,5	--	--	--	--	--
Oxígeno Disuelto in situ	mg/L	5,68	7,15	3,06	2,15	3,63	4,57	5,93	5,04	7,52	7,75	--	--	--	--	--	--
Potasio	mg K/L	0,86	< 0,30	0,94	2,17	0,96	< 0,30	0,6	< 0,30	0,64	< 0,30	--	--	--	--	--	--
pH	Un	4,9	5,3	4,2	4,2	6,3	4,7	4,4	4,3	6,62	4,32	6,5 - 9,0	5,0-9,0	6,5-8,5	4,5-9,0	--	--
Magnesio	mg Mg/L	0,59	0,75	0,37	0,19	3,66	0,07	0,27	< 0,05	1,32	< 0,05	36	--	--	--	--	--
Manganeso	mg Mn/L	< 0,05	< 0,05	0,11	0,07	0,23	0,07	< 0,05	< 0,05	0,14	< 0,05	0,1	--	--	--	--	--
Sodio	mg Na/L	1,92	1,1	1,55	1,58	1,54	0,8	0,83	0,8	1,73	< 0,50	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno Amomiacal	mg NH <sub>3</sub> /L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,22	0,23	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	--	--	--	--	--	--
Nitritos	mg N-NO <sub>2</sub> /L	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	0,1	1	1	--	10	--
Nitratos	mg N-NO <sub>3</sub> /L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	10	10	10	--	90	--
Sólidos Disueltos	mg/L	11	< 8	11	11	81	< 8	< 8	< 8	68	< 8	500	--	--	--	--	--
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> /L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	8,66	<5,0	<5,0	<5,0	40,6	<5,0	250	400	400	--	--	--
Temperatura in situ	°C	26,84	21,99	25,33	24,88	25,6	23,48	21,96	20,77	21,53	20,6	--	--	--	--	--	--
Turbiedad	NTU	35	3,4	45	13	2,7	4,8	120	5,9	4,3	1,6	2	--	190	--	--	--
Resultados que sobrepasan los límites de la Resolución 2115/07																	
Resultados que sobrepasan los límites del Decreto 1594/84												1733					

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.7.4.2 Análisis de resultados

Con el fin de identificar las condiciones de calidad de agua de cada una de las unidades hidrogeológicas, a continuación, se realiza un análisis por cada una de ellas a partir de los resultados de laboratorio obtenidos en el muestreo realizado.

- **Unidad hidrogeológica A1**

El muestreo de agua subterránea de esta unidad fue realizado en el pozo profundo P137 y los aljibes A12 y A97 ubicados en la zona de planicie del municipio de Acacias. Por medio de los resultados en dichos puntos infiere que:

- El pH de las muestras oscila entre 4,2 y 4,9, mostrando una tendencia ácida. En todas las muestras, el pH se encuentra por fuera de los rangos para consumo humano determinados por la Resolución 2115 de 2007 y por el Decreto 1076 de 2015
- La turbidez oscila entre 13 y 45 unidades para los tres puntos identificados para esta unidad, sobrepasando el límite establecido en la Resolución 2115 de 2007, presentándose el valor más alto en la muestra del Aljibe A112. Estas condiciones se pueden manifestar por la presencia de Hierro y Manganeso en este mismo punto de agua subterránea (0.68 mg/l de Hierro y 0.11 mg/l de Manganeso) los cuales sobrepasan los límites establecidos para consumo humano de la Resolución 2115 de 2007. El uso del agua en este punto es de uso doméstico y pecuario, cuya afectación se considera de origen natural.
- Los valores de conductividad en los puntos muestreados oscilan entre 21.3 y 25  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que muestra una baja mineralización; dichos resultados cumplen ampliamente con lo establecido en la Resolución 2115/07.
- La concentración de oxígeno disuelto en las muestras analizadas se encuentra en un rango de 2.15 y 5.68 mg/l cuyas concentraciones en todos los puntos se encuentran por debajo del punto de saturación (10 mg/l).
- Teniendo en cuenta los contenidos de calcio y magnesio de las muestras analizadas, los valores de dureza oscilan entre 0,5 y 0,99 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , luego todos los puntos muestreados cumplen con lo establecido en la Resolución 2115/07. Dichos resultados de dureza corresponden a aguas blandas.
- Los cloruros presentes en las muestras analizadas cumplen ampliamente con los límites establecidos en la Resolución 2115 de 2007 y para todas las muestras analizadas, el agua corresponde a aguas dulces.
- Los contenidos de sulfatos, fosfatos, Arsenico, así como las concentraciones de los Nitratos para todas las muestras, cumplen ampliamente con la normatividad.
- Se encontraron concentraciones elevadas de Coliformes Totales y Fecales en todos los puntos muestreados, con valores entre 15.5310 y 24.1960 NPM/ml, sin cumplir con la normatividad vigente y de referencia Resolución 2115 de 2007 y por el Decreto

1076 de 2015. Estas concentraciones se podrían estar generando en los manantiales, por la presencia de ganado, o por las actividades propias de la zona.

El agua de estos acuíferos de Mediana Productividad, representados por los Depósitos de Terrazas Medias, en términos generales contiene aguas dulces, con bajo grado de mineralización, con pH de tendencia acida con afectación por turbidez y presencia puntual de hierro y Manganeseo. También se encuentran afectadas por la presencia de Coliformes totales debido a las actividades antrópicas que se desarrollan alrededor de estas captaciones y/o a la ausencia de protección sanitaria. No se evidencia afectación por metales pesados. El agua puede usarse para las actividades pecuarias y agrícolas sin recurrir a algún tratamiento, pero se debe tratar si el destino es para el consumo humano.

- **Unidad hidrogeológica A2**

Debido a que esta unidad se encuentra asociado a los drenajes del área de influencia, de los del cauce activo de los ríos trenzados y menores, según el inventario realizado, no presenta muchos puntos de agua subterránea, que puedan dar información de las características fisicoquímicas de la zona; por consiguiente, para esta unidad se realiza el análisis a partir del muestreo realizado en el Aljibe denominado como A90.

- El pH presenta una concentración de 6.3 unidades, representando una tendencia acida a neutra, cuya concentración se encuentra por debajo del límite definido por la Resolución 2115 de 2007.
- La Turbiedad se encuentra sobrepasando el límite establecido de la Resolución 2115 de 2007, cuya concentración puede estar asociada a la presencia de Manganeseo en el aljibe y las concentraciones de Coliformes Fecales y Totales los cuales también presentan concentraciones de 7030 y 860 NMP/100 mL respectivamente sobrepasando los límites de la normatividad de referencia. Esta afectación puede se re origen natural o por las actividades de ganadería alrededor de la zona.
- Los valores de conductividad de 148  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , muestran una moderada mineralización de la roca en la zona, lo cual puede estar representado el flujo base asociado a los drenajes y las unidades de depósitos que conforman esta unidad hidrogeológica.
- Las concentraciones de Oxígeno Disuelto en las muestras analizadas presentan un valor de 3.63 mg/l cuyas concentraciones en todos los puntos se encuentran por debajo del punto de saturación (10 mg/l).
- Los contenidos de Calcio (27,8 mg/l) y Magnesio (3.66 mg/l) cumplen con la Resolución 2115/07. Dichos resultados de dureza corresponden a aguas blandas; sin embargo, presentan concentraciones por encima de la media de las muestras realizadas en los demás puntos.
- Los contenidos de sulfatos, fosfatos, Arsenico, así como las concentraciones de los Nitratos y demás parámetros analizados, cumplen ampliamente con la normatividad vigente y de referencia.

El agua en los acuíferos de Baja productividad representados por los Depósitos Coluvioaluviales, Depósitos de Terrazas Altas y Bajas, Depósitos Aluviales Subrecientes y de Cauce Activo de ríos trenzados y menores, de manera general se puede concluir que contiene agua dulce, con pH de tendencia acida a neutra, con afectación por turbiedad, presencia de manganeso y coliformes totales y fecales, de tendencia blanda. Debido a que el agua es usada para consumo humano, el agua debe ser tratada para dicho fin, puede usarse para las actividades pecuarias y agrícolas sin recurrir a algún tratamiento.

- **Unidad hidrogeológica B1**

Para esta unidad se tomaron muestras en los manantiales M85, M77, M50 y M69, ubicados principalmente en la zona de piedemonte del municipio de Villavicencio Por medio de los resultados en dichos puntos infiere que:

- El pH de las muestras oscila entre 4,3 y 6,3 mostrando una tendencia ácida a neutra En todas las muestras, el pH se encuentra por debajo de los rangos para consumo humano determinados por la Resolución 2115 de 2007y por el Decreto 1076 de 2015
- La turbiedad presenta concentraciones de 1.6 a 120 unidades sobrepasando los limites establecido en la Resolución 2115 de 2007 en los puntos M85 y M50, resaltando los rangos más altos de este parámetro en el punto M77 quien también presente concentraciones por fuera de los parámetros establecidos en los análisis realizados de color y Fosfatos.
- Los valores de conductividad en los puntos muestreados oscilan entre 7 y 12,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que muestra una baja mineralización de los manantiales, identificando una recarga muy corta de agua lluvia en la zona. Dichos resultados cumplen ampliamente con lo establecido en la Resolución 2115/07.
- La concentración de oxígeno disuelto en las muestras analizadas se encuentra en un rango de 4,57 y 5,39 mg/l cuyas concentraciones en todos los puntos se encuentran por debajo del punto de saturación (10 mg/l).
- Teniendo en cuenta los contenidos de calcio y magnesio de las muestras analizadas, los valores de dureza oscilan entre 0,05 y 0,7 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , luego todos los puntos muestreados cumplen con lo establecido en la Resolución 2115/07. Dichos resultados de dureza corresponden a aguas blandas.
- Los cloruros presentes en las muestras analizadas cumplen ampliamente con los límites establecidos en la Resolución 2115 de 2007 y para todas las muestras analizadas, el agua corresponde a aguas dulces.
- Los contenidos de sulfatos, fosfatos, Arsenico, así como las concentraciones de los Nitratos y demás parámetros analizados, cumplen ampliamente con la normatividad vigente y de referencia.
- El hierro oscila entre  $<0,1$  para el manantial M69 y 1,54 mg/l, en el manantial M77, de los cuales 3 puntos presentan valores de este parámetro por encima de los límites establecidos para consumo humano de la Resolución 2115 de 2007, La afectación de las aguas subterráneas por este parámetro es de origen natural.

- Como en la mayoría de las muestras analizadas, fueron encontrados concentraciones elevadas de Coliformes Totales y Fecales, cuya concentración mayor se dio en el manantial M77 (96060 NPM/ml), este manantial es usado como abastecimiento público en la región.

De manera general se puede concluir que el acuífero de mediana productividad, representado por la Formación Arenisca de Cáqueza, Grupo Palmichal y Formación Une, contiene aguas dulces, con muy bajo grado de mineralización, con un pH de tendencia acida a neutra con afectación por turbiedad en el agua con presencia puntual de Fosfatos y unidades de Color aparente. Se encuentra afectada por la presencia de Coliformes totales y fecales, resaltando la presencia de estos en el manantial M77 el cual es usado como abastecimiento público para 5 personas de la región. El agua puede usarse para las actividades pecuarias y agrícolas sin recurrir a algún tratamiento, pero se debe tratar si el destino es para el consumo humano.

- **Unidad hidrogeológica B2**

Esta unidad fu analizada por medio de los maníatales M1 y M31, ubicados en la zona de montaña del municipio de Villavicencio, cuyos resultados infiere:

- Presentan un pH Neutro, con concentraciones de 5.3 y 6.62 unidades. El manantial M1, no se encuentra por debajo del límite definido por la Resolución 2115 de 2007.
- La Turbiedad se encuentra sobrepasando el límite establecido de la Resolución 2115 de 2007, La concentración puede estar asociada a la presencia de Manganeso en el manantial M31 el cual sobrepasa los límites de dicha resolución.
- Los valores de conductividad de 12,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para el manantial M1, muestran una moderada a baja mineralización de la roca en la zona, mientras que para el manantial M31, presenta concentraciones de 125  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que representa una mineralización de la roca cercana la cual representa una recarga de agua subterránea del manantial
- Las concentraciones de Oxígeno Disuelto en las muestras analizadas presentan un valor de 7,15 y 7,52 mg/l cuyas concentraciones en todos los puntos se encuentran por debajo del punto de saturación (10 mg/l).
- Los contenidos de Calcio y magnesio para el manantial M1, identifican aguas blandas con concentraciones bajas de <0.5 mg Ca/L y 0,75 mg Mg/L, mientras que para el manantial M31, se presentan concentraciones más elevadas, representando aguas con mayor contenido de dureza. (14.49 mg Ca/L y 1,32 mg Mg/L).
- Los contenidos de sulfatos, fosfatos, Arsenico, así como las concentraciones de los Nitratos y demás parámetros analizados, cumplen ampliamente con la normatividad vigente y de referencia.
- Las concentraciones de Coliformes totales, sobrepasan la normatividad de referencia con concentraciones de 6.405 NMP/100 mL para el Manantial M1, y 166 NMP/100 mL par ale manantial M31. Esta afectación generalmente se asocia a las actividades antrópicas en los alrededores de los manantiales debido a las actividades de ganadería.

Para los Acuíferos de baja productividad, representados por la Formación Lutitas de Macanal, Formación Chipaque y Formación Fomeque, se puede concluir que contiene agua dulce, de tendencia blanda, con un pH de neutro, con afectación por turbiedad, y la presencia de coliformes Totales y fecales, con una recarga regional del acuífero.

### 3.2.7.5 Zonas de recarga y descarga

En términos generales se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero agua procedente del exterior o del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (la más importante en general) y de las aguas superficiales (importante en climas poco lluviosos), hasta la transferencia desde otro acuífero, si los mismos son externos al acuífero o sistema acuífero en consideración<sup>59</sup>.

Los acuíferos se recargan principalmente a través de la precipitación en “suelos de alta capacidad de infiltración” o rocas superficialmente permeables. Las áreas de recarga de los acuíferos pueden o no estar a grandes distancias de donde son utilizados.<sup>60</sup>

Las zonas que facilitan la infiltración, son aquellas que ofrecen los mayores aportes de recarga hídrica, aquellas que por sus particularidades específicas sean susceptibles de disminuir su potencial de recarga al ser sometidas a un manejo diferente a su capacidad de infiltración áreas denominadas zonas críticas de recarga hídrica.<sup>61</sup>

La recarga hídrica depende del régimen de precipitación, de la escorrentía superficial y del caudal de los ríos, así como de la permeabilidad de los suelos, de su contenido de humedad, de la duración e intensidad de la lluvia y del patrón de drenaje de la cuenca. También la pendiente de la superficie constituye un factor importante, puesto que los terrenos muy inclinados favorecen la escorrentía superficial; por el contrario, los terrenos con poca pendiente retienen por más tiempo el agua, lo que favorece la infiltración.<sup>62</sup>

Conocer las zonas de recarga de los acuíferos permite tomar medidas de protección ya que son la principal entrada de agua a los acuíferos, pero también son áreas de alta susceptibilidad a la entrada de contaminantes en la parte más superficial de estos.

La infiltración es el volumen de agua procedente de las precipitaciones (a veces también de los ríos o de la recarga artificial), que, en un determinado tiempo, atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo o de las formaciones geológicas subyacentes, este volumen es lo que se considera infiltración eficaz, recarga natural o recarga profunda, no toda la infiltración alcanza la zona saturada.<sup>63</sup>

<sup>59</sup> CUSTODIO, E., LLAMAS M.R. Hidrología Subterránea, Segunda Edición. Barcelona: ediciones Omega. 2001. P 2290

<sup>60</sup> LOSILLA, M. Protección de las zonas de recarga de los acuíferos. In Curso de posgrado Bases hidrológicas para el manejo de cuencas. Turrialba, 1986 P8

<sup>61</sup> INAB Instituto Nacional de Bosques. Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural. Guatemala. Manual Técnico. 2003 P106

<sup>62</sup> Ibid., P106

<sup>63</sup> CUSTODIO. 2001. Óp. Cit., p, 274



### 3.2.7.5.1 Delimitación de las zonas de recarga potencial

La mayoría de los métodos aplicados para este tipo de zonificación se basan en la evaluación del potencial del terreno para permitir la infiltración del agua lluvia (Bueso Campos, 2010<sup>64</sup>; Charles, 1993<sup>65</sup>; Silva, 2007<sup>66</sup>). Para ello se analizan variables relacionadas a la topografía, geología, suelos, uso del suelo y factores climáticos. La definición del tipo y cantidad de variables depende en gran medida de la escala del estudio y del objeto específico de esta zonificación. En general las zonas de recarga se presentan categorizadas (como altas, medias o bajas).

En este estudio se adoptó la metodología desarrollada por Silva (2007), para la clasificación del terreno con base en su potencial para funcionar como zona de recarga, las variables que utiliza el método son insumos generados dentro del presente Estudio de Impacto Ambiental.

En la metodología propuesta por Silva, 2007, las variables que determinan el potencial de una región para funcionar como zona de recarga de acuíferos son: la pendiente del terreno, el tipo de suelo, el tipo de roca, la cobertura vegetal y el uso del suelo. La ponderación a usar en la evaluación de cada elemento va de 1 a 5, donde 1 corresponde al valor más bajo (características menos favorables para que ocurra la recarga hídrica).

Una vez analizados los parámetros, mediante la superposición y suma de las capas se multiplica cada resultado obtenido por su factor correspondiente y se suman los elementos (Ver Ecuación 1). La asignación de pesos relativos a cada elemento se hace en función de la importancia de ese elemento en el proceso de infiltración del agua, es decir que los criterios que más favorecen la infiltración del agua en el suelo son los de mayor importancia.

Para el caso del presente estudio para la Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando, se le dio mayor importancia a la cobertura vegetal, debido a las condiciones de bosques y bosques de galería presentes en la zona que influye en la infiltración del agua, así como a litología presente especialmente en la zona de piedemonte. (En la Ecuación 1) se presentan los pesos dados a cada variable con el fin de obtener las posibilidades de recarga hídrica.

#### **Ecuación 1**

$$ZR = (0,19 * Pendiente) + (0,2 * Tipo suelo) + (0,22 * Tipo de roca) + (0,23 * Cobertura vegetal) + (0,16 * Uso del suelo).$$

Esa sumatoria corresponde a un número dentro de un rango de posibilidades de recarga hídrica, el cual se detalla en la **Tabla 3.2-142**.

<sup>64</sup> BUESO CAMPOS, M. Identificación y caracterización de las zonas con mayor potencial de recarga hídrica en las subcuencas de los ríos Tacó y Shusho, municipio de Chiquimula, Guatemala. Proyecto FODECYT No. 046-2009. 2010.

<sup>65</sup> CHARLES, E. B. A Method for Evaluating Ground-Water-Recharge Areas in New Jersey. New Jersey Geological Survey. 1993

<sup>66</sup> SILVA, M. Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga en cuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. Tesis de Maestría. 2007.

**Tabla 3.2-142 Valoración del potencial de recarga**

Potencial de recarga	Valor resultante
Muy alta	4,1 – 5,0
Alta	3,5 – 4,09
Moderada	2,6 – 3,49
Baja	2,0 – 2,59
Muy baja	0,75 -1,99

Fuente: Tomado de Ilva, M. 2007.

Usando Sistemas de Información Geográfica - SIG, se obtuvo la delimitación de las zonas de recarga. Las categorías usadas para cada variable, establecidas por la metodología de Silva, 2007 y los valores asignados para cada una, según las características de la zona se presentan a continuación.

- **Pendientes**

La pendiente es un criterio muy importante para el análisis e identificación de las zonas con potencial para la recarga hídrica, ya que está directamente relacionada con la escorrentía superficial. En los sitios con pendientes altas o fuertes aumenta la velocidad de la escorrentía, lo que modifica las condiciones del suelo, la capacidad de recarga y la susceptibilidad a la erosión, por el contrario, en pendientes suaves, el agua se mueve lentamente y permanece por más tiempo en contacto con el suelo lo que favorece el proceso de infiltración.

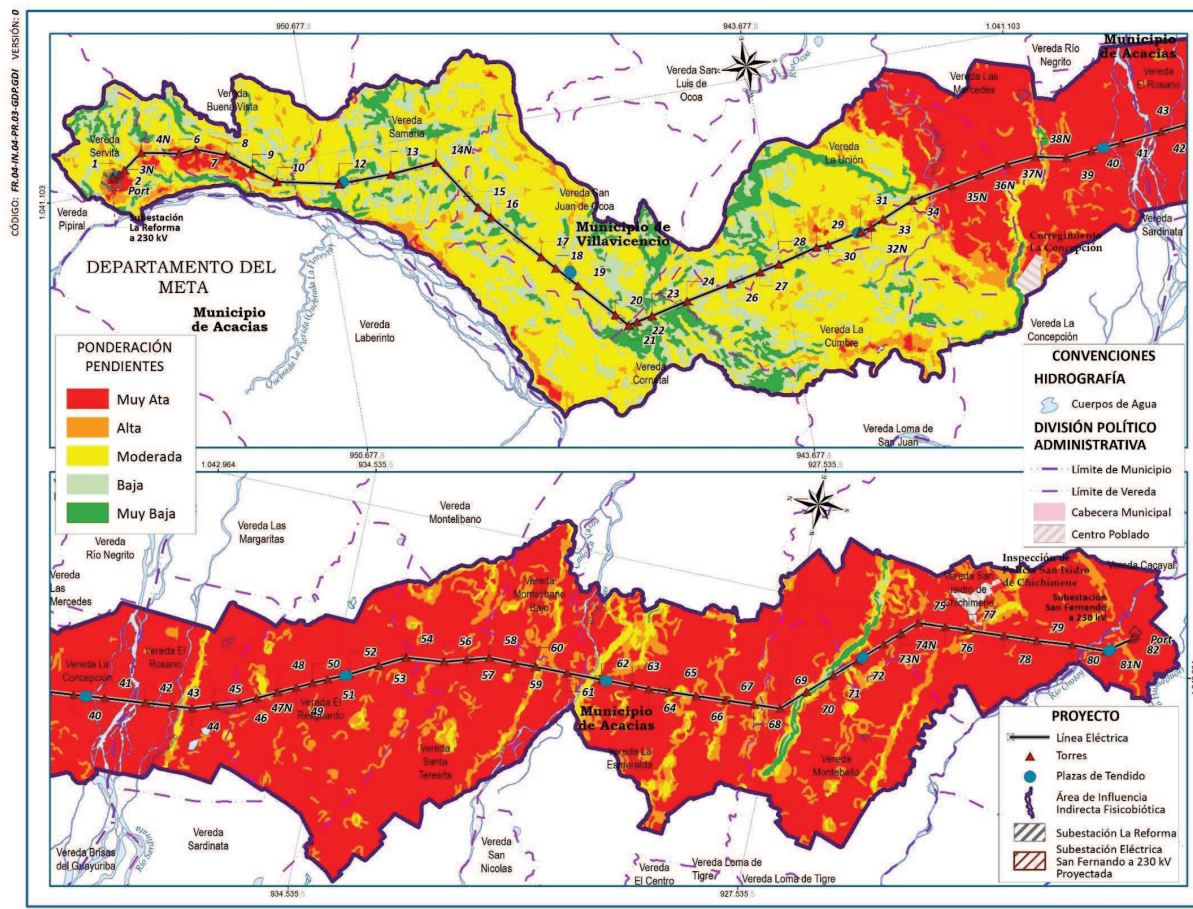
Los valores de ponderación usados para la variable de pendiente en la metodología descrita, son mostrados en la **Tabla 3.2-143** y su distribución espacial se muestra en la **Imagen 3.2-98**.

**Tabla 3.2-143 Valoración del potencial de recarga**

Pendiente (%)	Potencial de recarga	Ponderación
0-6	Muy alta	5
6-15	Alta	4
15-45	Moderada	3
45-65	Baja	2
>65	Muy Baja	1

Fuente: Tomado de Ilva, M. 2007.

Imagen 3.2-98 Distribución del parámetro "Pendiente"



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

El Área de construcción y operación de la línea de transmisión eléctrica, se presenta un amplio rango de pendientes que varían desde planas hasta moderadamente escarpadas; en general predominan las pendientes planas hacia el costado sur del Área de influencia, en el municipio de Acacás, mientras que se presentan pendientes inclinadas ubicadas especialmente hacia el norte en la zona del municipio de Villavicencio.

- **Tipo de suelos**

El tipo de suelo refleja la textura, porosidad, permeabilidad y compactación; entre mayor sea la porosidad, el tamaño de las partículas y el fisuramiento del suelo, mayor será la capacidad de infiltración. Las zonas de recarga hídrica deben ser muy permeables para asegurar una alta capacidad de infiltración. En los suelos con textura gruesa, porosos, y permeables, se dan buenos niveles de recarga hídrica. Por el contrario, los suelos con textura fina, arcillosos, pesados y compactos impiden o dificultan la recarga.

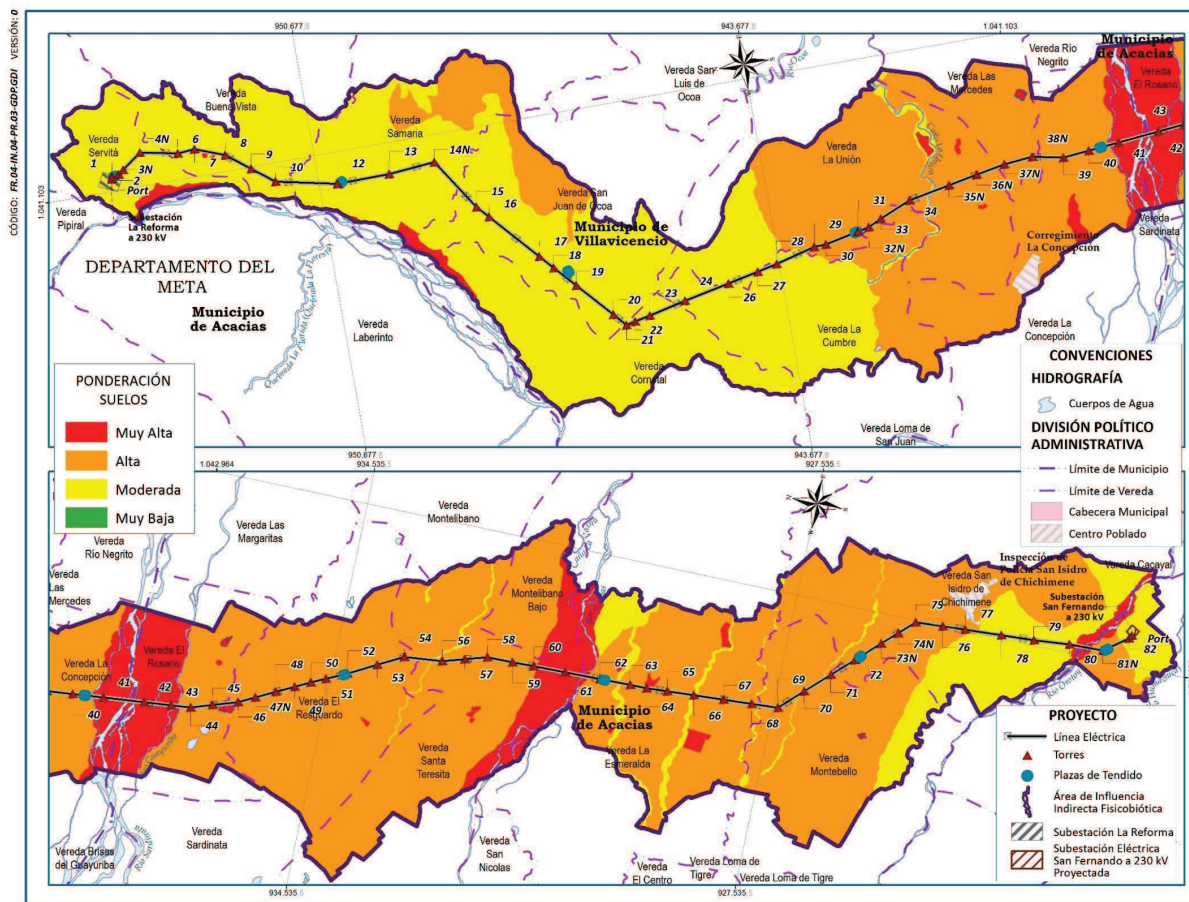
Para determinar la ponderación de la textura y su correspondiente posibilidad de recarga hídrica, se tomaron los resultados de laboratorio textural de las muestras de suelo (mostradas en el Numeral 3.2.3 del presente capítulo) analizados en cada calicata realizada en doce (12) unidades de suelo a una escala 1:25.000. En la **Tabla 3.2-144** se presenta la categorización a partir de la textura y en la **Imagen 3.2-99**, su distribución espacial

**Tabla 3.2-144 Valoración del potencial de recarga**

Unidad cartográfica de suelo	Textura	Posibilidad de recarga	Podenración
MPHde1	Arenosa franca	Alta	4
MUJef1	Franco arenosa	Alta	4
MUOde1	Franco arenosa	Alta	4
MUPef1	Franca	Moderada	3
PVAab	Arenosa franca	Alta	4
PVCabp	Franco arenosa	Alta	4
PVDabx	Franca	Moderada	3
RVGaby	Arcillo arenosa	Moderada	3
RVHay	Arenoso franco	Alta	4
RVNabx	Franco arenosa	Alta	4
RVOax	Arenosa	Muy Alta	5
VVAabxy	Arenosa	Muy Alta	5
Zonas urbanas	-	Muy Baja	1
Cuerpos de Agua	-	Muy Alta	5
MPHde1	Arenosa franca	Alta	4

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

**Imagen 3.2-99 Distribución del parámetro "Tipo suelo"**



CaSueloRec.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

La variable suelo, presenta un potencial de recarga alto para una buena parte de la zona especial mente la parte plana del municipio de Villavicencio donde predominan los suelos de textura franco arenosa. Hacia el costado norte se presentan suelos de textura franca y arcillosa, mientras que para los suelos que se encuentran asociados a los drenajes mayores se presentan texturas arenosas y cantos los cuales se comporta como una zona muy permeable y por consiguiente con un potencial de recarga muy alto.

- **Tipo de roca**

El tipo de roca y su descripción litológica permite determinar si la recarga es superficial o profunda de las aguas subterráneas a los acuíferos presentes en el área, en función de su permeabilidad así, rocas ígneas o metamórficas no fracturadas tienen una baja permeabilidad y las arenas gruesas y gravas, poseen poros de gran tamaño a través de los cuales circula el agua con gran facilidad favoreciendo la recarga de los acuíferos.

Esta variable es tomada a partir de la cartografía geológica del presente estudio la cual se encuentra a una escala 1:25.000, en la cual aflora unidades estratigráficas que van desde el Cretácico Inferior, hasta el Cuaternario. Por el costado NW afloran las unidades más antiguas en el flanco Este de la cordillera oriental, y por su parte la llanura aluvial está conformada por unidades depositadas desde el Terciario al Cuaternario. En la **Tabla 3.2-145**, se presenta la ponderación por unidad geológica y su representación grafica en la **Imagen 3.2-100**.

**Tabla 3.2-145 Ponderacion del parámetro “Tipo de roca”**

Unidad geológica	Nomenclatura	Litología	Potencial de recarga	Podenración
Depósitos Coluvioaluviales	Qcal	Depósitos presentan bloques y cantos polimícticos de formas subredondeadas a redondeadas con longitud de arista que varían de decimétricas a métricas y ocalmente se identifican gravas inmersas en una matriz areno-limosa.	Moderada	3
Cauce Activo en Ríos Trenzados	Qal	Materiales que los ríos principales depositados a lo largo de sus cauces Agrupa gravas de cuarzo con formas redondeadas y alta esfericidad, fragmentos de areniscas, lutitas, arcillolitas, filitas, esquistos y cuarcitas. Localmente se asocian a esta unidad bancos de arena que se forman en los ríos trenzados y orillales.	Muy Alta	5
Subcipientes	Qal-1	Zonas de desborde asociadas a los cauces principales agrupa paquetes inconsolidados de materiales arcillosos limosos, localmente se reconocen niveles de cantos de tamaños decimétricos, formas redondeadas, composición cuarzosa y mala selección.	Alta	4

Unidad geológica	Nomenclatura	Litología	Potencial de recarga	Poderación
Cauce activo drenajes menores	Qal-2	Materiales depositados a lo largo de los cauces, reúne arenas y gravas cuyo tamaño de grano divaga de arenas gruesas a guijos, son de formas subangulares a subredondeados y alargados sobre uno de sus ejes	Muy Alta	5
Altas	Qt1	Conformada por arenas cuarzosas gravosas de formas subredondeadas y subelongadas; el tamaño de grano de la fracción de arena oscila de media a gruesa, en términos generales es mal seleccionada, la fracción gruesa (gravas) son cuarzosas y colores claros; tanto las arenas como las gravas se encuentran dentro de una matriz limoarenosa.	Alta	4
Medias	Qt2	Conformada por guijarros, guijos, gránulos y ocasionalmente bloques decimétricos y subredondeados y gravas redondeadas de areniscas cuarzosas de grano fino y en menor porcentaje y areniscas conglomeráticas soportado con algo de matriz limo arenosa.	Moderada	3
Bajas	Qt3	Conformada por guijarros, guijos, gránulos y ocasionalmente bloques decimétricos y subredondeados y gravas redondeadas de areniscas cuarzosas de grano fino, ubicadas en las terrazas bajas altimétricamente mas bajas o proximas a la cota de la lámina de agua de los principales drenajes del sector	Alta	4
Formación Arcillas del Limbo	Pgal	Conformado por intercalaciones de arenitas de cuarzo con tamaño de grano que divaga entre muy fino a medios, conforman capas que esculpen escarpes hasta de 4 m	Muy Baja	1
Grupo Palmichal	KPgp	Arenas de tamaños medios a gruesos, conglomerados finos y guijos de cuarzo lechoso hasta de 2 cm de diámetro, los anteriores alternan con niveles de lutitas y arcillolitas, las areniscas son de grano medio a conglomerático, alternan con paquetes de arcillolita.	Moderada	3
Formación Chipaque	Ksc	Lodolitas y arcillolitas dispuestos en bancos gruesos, que se intercalan con intercalaciones de arenas cuarzosas de grano medio, ocasionalmente se tienen bancos de calizas y lentes delgadas de carbón.	Baja	2

Unidad geológica	Nomenclatura	Litología	Potencial de recarga	Podenración
Formación Une	Kiu	Areniscas cuarzosas, de grano medio a ligeramente conglomeráticas, friables, presentan estratificación cruzada a planar, confinadas en bancos muy gruesos que alcanzan hasta 10 m de espesor.	Alta	4
Formación Fómeque	Kif	Arcillolita pardo amarillenta que alterna con arenitas líticas grises ocasionalmente clacáreas	Baja	2
Formación Areniscas de Cáqueza	Kic	Areniscas cuarzosas, de tamaño de grano que varía de grano medio a ligeramente conglomerático; las diferentes capas arenosas, se encuentran separadas por niveles de limolitas grisáceas.	Moderada	3
Formación Lutitas de Macanal	Kilm	Lodolitas dispuestas en láminas que alternan con capas de litoarenitas de grano medio la conforma la alternancia de lodolitas y capas delgadas de areniscas y conglomerados de formas subangulares a subredondeados.	Baja	2

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Hacia el costado sur del área de influencia, se presentan en su mayoría depósitos cuaternarios, conformados por materiales no consolidados de areniscas de diferente tamaño considerados como de potencial de recarga medio y en la zona asociada a los drenajes como de potencial alto a moderado debido a la presencia de materiales como gravas ya arenas. Para la zona norte de piedemonte, se presentan unidades de las edades más antiguas, con características de areniscas cuarzós como la Formación Une, hasta unidades poco permeables como la Formación Arcillas del Limbo.

- **Cobertura vegetal**

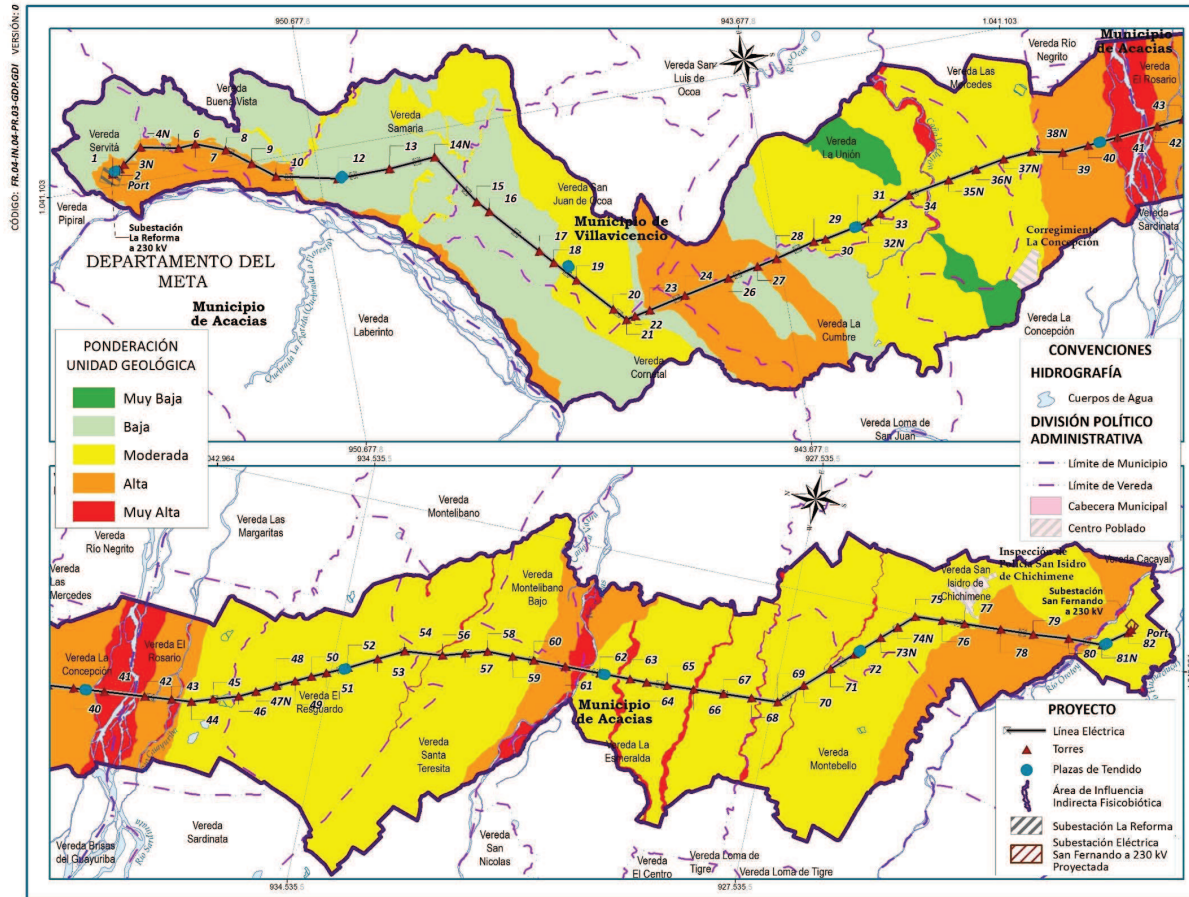
La cobertura vegetal hace referencia al porcentaje del suelo ocupado por comunidades vegetales permanentes, cuyas características influyen en la infiltración del agua, ya que permite un mayor contacto con el suelo, disminuye la velocidad de escorrentía, la erosión, el impacto de la gota de lluvia y la resequeidad causada por los rayos del sol. Estas características ayudan a conservar las características del suelo las cuales favorecen a la recarga hídrica. La cobertura vegetal puede facilitar la infiltración del agua aún en suelos duros y arcillosos.

Para el área de influencia para la construcción de la línea eléctrica, se realizó empleando la metodología CORINE (Coordination of Information on the Environment) Land Cover empleada en Europa, y ajustada para Colombia por el IDEAM en el 2010, donde se delimitaron 22 unidades de cobertura de la tierra, las cuales están agrupadas en territorios artificiales, territorios agrícolas, bosques y áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua.

En la **Tabla 3.2-146** se presenta la ponderación dada a cada una de las unidades de cobertura y en la **Imagen 3.2-101**, se muestra su distribución espacial.



Imagen 3.2-100 Distribución del parámetro “Tipo de roca”



CalGeologiaRec.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

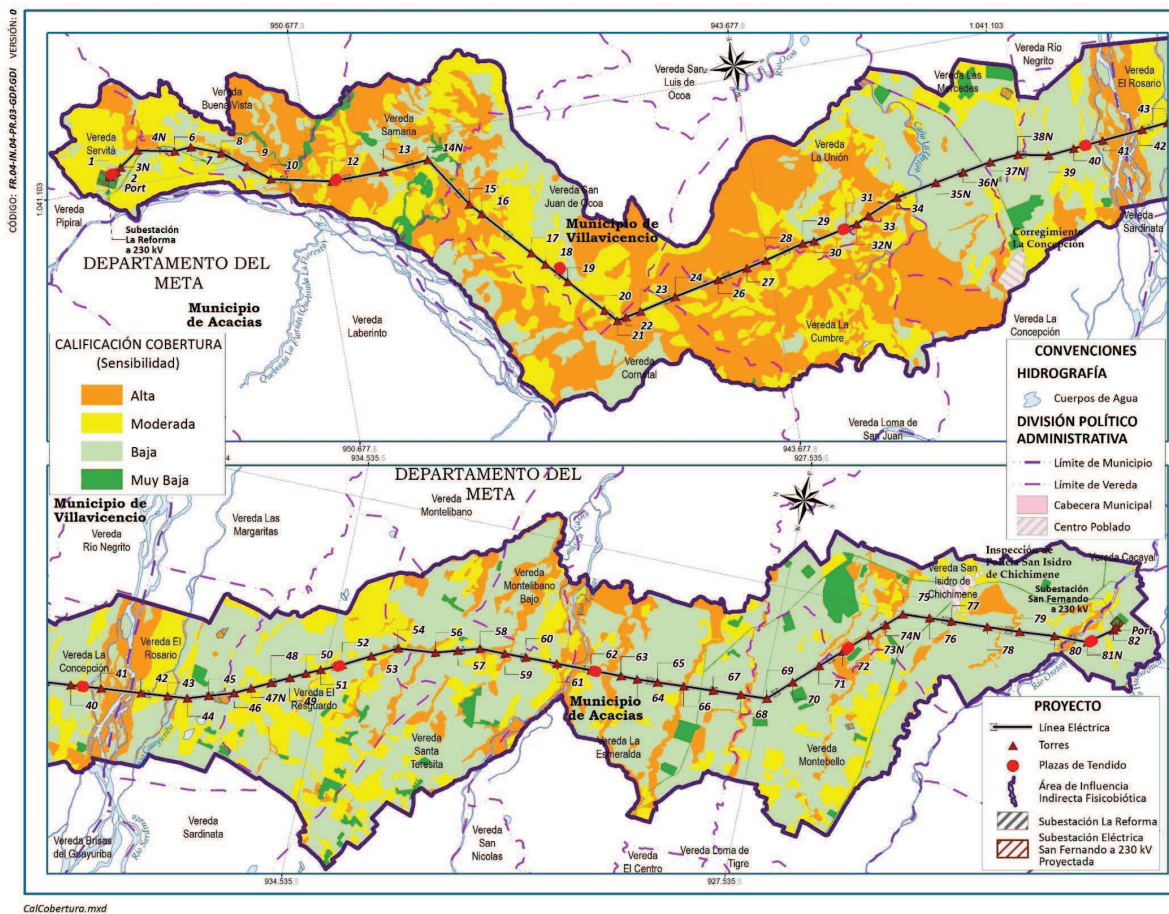
Tabla 3.2-146 Ponderacion del parámetro “Cobertura”

Niveles de Cobertura Metodología Corine Land Cover (CLC)					Símbolo	Potencial de recarga	Calificación
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5			
<b>1.Territorios artificializados</b>	1.1 Zonas Urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	-	-	Tuc	Muy Bajo	1
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo	-	-	Tud	Muy Bajo	1
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas industriales	1.2.1.1. Zonas industriales	-	Zi	Muy Bajo	1
	1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	1.3.1. Zonas de extracción minera	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	-	Ehc	Muy Bajo	1
			1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	-	Emc	Muy Bajo	1
<b>2.Territorios agrícolas</b>	2.1 Cultivos transitorios	-	-	-	Ct	Moderada	3
	2.2 Cultivos permanentes	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3.2. Palma de aceite	-	Pac	Moderada	3
			2.2.3.3. Cítricos	-	Ctr	Moderada	3
	2.3 Pastos	2.3.1. Pastos limpios	-	-	PI	Moderada	3
		2.3.2. Pastos arbolados	-	-	Pa	Moderada	3
		2.3.3. Pastos enmalezados	-	-	Pe	Moderada	3

Niveles de Cobertura Metodología Corine Land Cover (CLC)					Símbolo	Potencial de recarga	Calificación	
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5				
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1 Bosques	<u>3.1.2. Bosque Abierto</u>	<u>3.1.2.1. Bosque Abierto Alto</u>	<u>3.1.2.1.1. Bosque Abierto Alto de Tierra Firme</u>	Baaf	Alta	4	
		<u>3.1.4. Bosque de galería y/o ripario</u>	-	-	Bgr	Muy Alta	5	
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	<u>3.2.3. Vegetación secundaria o en transición</u>	<u>3.2.3.1. Vegetación Secundaria Alta</u>	-	-	Vsa	Moderada	3
			<u>3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja</u>	-	-	Vsb	Moderada	3
	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	<u>3.3.1. Zonas arenosas naturales</u>	<u>3.3.1.1. Playas</u>	-	-	Ply	Baja	2
		<u>3.3.3. Tierras desnudas y degradadas</u>	-	-	-	Tdd	Baja	2
4. Áreas húmedas	4.1 Áreas Húmedas Continentales	<u>4.1.1. Zonas Pantanosas</u>	-	-	Zpn	Baja	2	
5. Superficies de agua	5.1 Aguas Continentales	<u>5.1.1 Ríos</u>	-	-	R	Baja	2	
		<u>5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales</u>	-	-	LI	Baja	2	
		<u>5.1.4.2. Lagunas de oxidación</u>	-	-	Lo	Baja	2	
		<u>5.1.4. Cueros de agua artificiales</u>	<u>5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental</u>	-	-	Eac	Baja	2

Fuente: Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-101 Distribución del parámetro "Cobertura vegetal"



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Teniendo en cuenta la variable cobertura, las áreas con potencial de recarga muy bajo corresponden a zonas de territorios artificiales como zonas industriales y zonas de explotación de hidrocarburos, y en la categoría de baja corresponden a zonas de tierras desnudas o con poca vegetación, puesto que estos sectores, debido a la deficiencia o carencia de vegetación no favorece la infiltración del agua

En mayor proporción, se presentan territorios agrícolas como cultivos de árboles, palma de aceite, así como vegetación secundaria alta, las cuales tienden a conservar las características del suelo, por lo cual tienen un potencial de recarga moderado.

En las zonas donde se presentan cultivos permanentes de árboles principalmente en el paisaje de montaña del costado norte del área de influencia, y en la parte plana, junto a los drenajes, se presentan bosque alto de tierra firme y bosque de galería, los cuales presentan un potencial de recarga a alto a muy alto.

- **Uso del suelo**

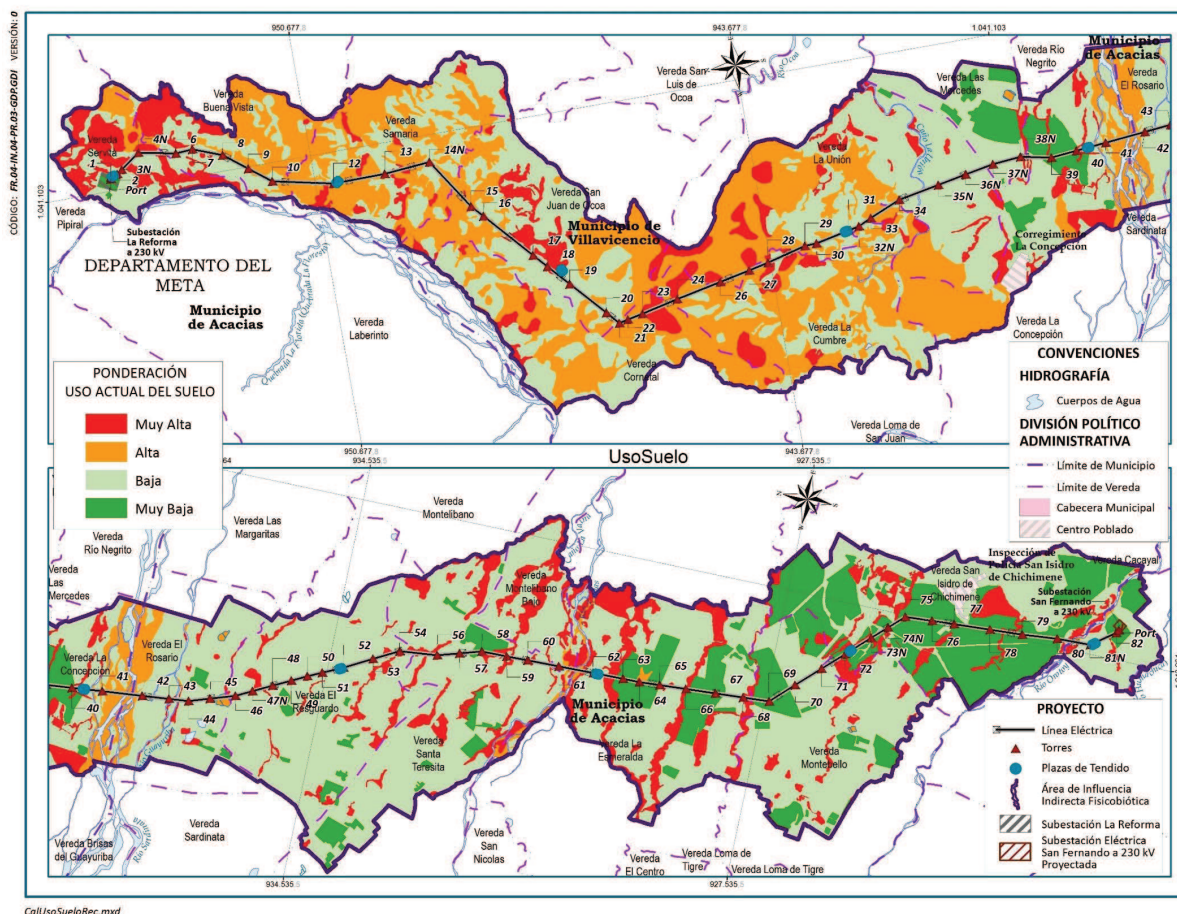
El uso del suelo es el elemento es la variable con mayor influencia de la actividad humana, representado en el uso adecuado e inadecuado cuyo resultado puede disminuir hasta en un 50% en la recarga del acuífero, cuyo resultado hace que aumenten los riesgos naturales y la pérdida del suelo por erosión. Esta variable busca establecer el deterioro de las características del suelo, en la erosión, compactación y en la reducción de la capacidad de infiltración y de recarga hídrica.

En este aspecto se trata de establecer los usos que por su connotación y características favorecen la infiltración del agua como sistemas silvopastoriles y/o agroforestales, el uso e incorporación de materia orgánica, asociados de cultivos entre otros y diferenciar aquellos que afectan las características de suelo favoreciendo la evaporación, la compactación y el escurrimiento superficial del agua, como agricultura intensiva sin obras de conservación de suelo y agua, la ganadería extensiva, labranza convencional con excesivo uso de maquinaria, etc.

Se asignaron valores de potencial de recarga considerando las condiciones de intervención de la cobertura vegetal la cuales influyen en las propiedades físicas del suelo y por consiguiente el potencial de recarga, así las zonas con menor grado de intervención del suelo se calificaron como altas y las de mayor intervención como de bajo potencial de recarga.

Los valores fueron asignados como se muestra en la **Tabla 3.2-147** y su distribución espacial en la **Imagen 3.2-102**.

Imagen 3.2-102 Distribución del parámetro "Uso del suelo"



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

**Tabla 3.2-147 Ponderación del parámetro “Uso del suelo”**

Uso actual (Tipo de uso)	Símbolo	Potencial de recarga	Calificación
Residencial	Ar	Muy Baja	1
Industrial	Ai	Muy Baja	1
Minerales energéticos	Ime	Muy Baja	1
Materiales de construcción	Imc	Muy Baja	1
Disposición de materiales líquidos	Idml	Muy Baja	1
Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	Acts	Baja	2
Cultivos permanentes intensivos (CPI)	Acpi	Muy Baja	1
Pastoreo extensivo (PEX)	Gpe	Baja	2
Producción-protección	Fpp	Alta	4
Protección	Fpt	Muy Alta	5
Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	Cac	Alta	4
Cuerpos de Agua Naturales	CA	Muy Alta	5

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

En el caso de la variable de uso del suelo, se presentan áreas de potencial de recarga muy bajo a bajo como son las áreas de uso industrial, residencial y zonas de cultivos transitorios y áreas agrícolas heterogéneas, que demandan intervención sobre el suelo, pueden sufrir procesos de compactación y erosión.

Las zonas de vegetación, bosques y vegetación herbácea y/o arbustiva, son considerados como zonas de preservación, conservación y/o recuperación de la naturaleza, por consiguiente, aunque pueden presentar algún grado de intervención en el área de interés, se consideraron de alto y muy alto potencial de recarga, principalmente en la zona de montaña del área de influencia de proyecto.

### 3.2.7.5.2 Delimitación del potencial de recarga

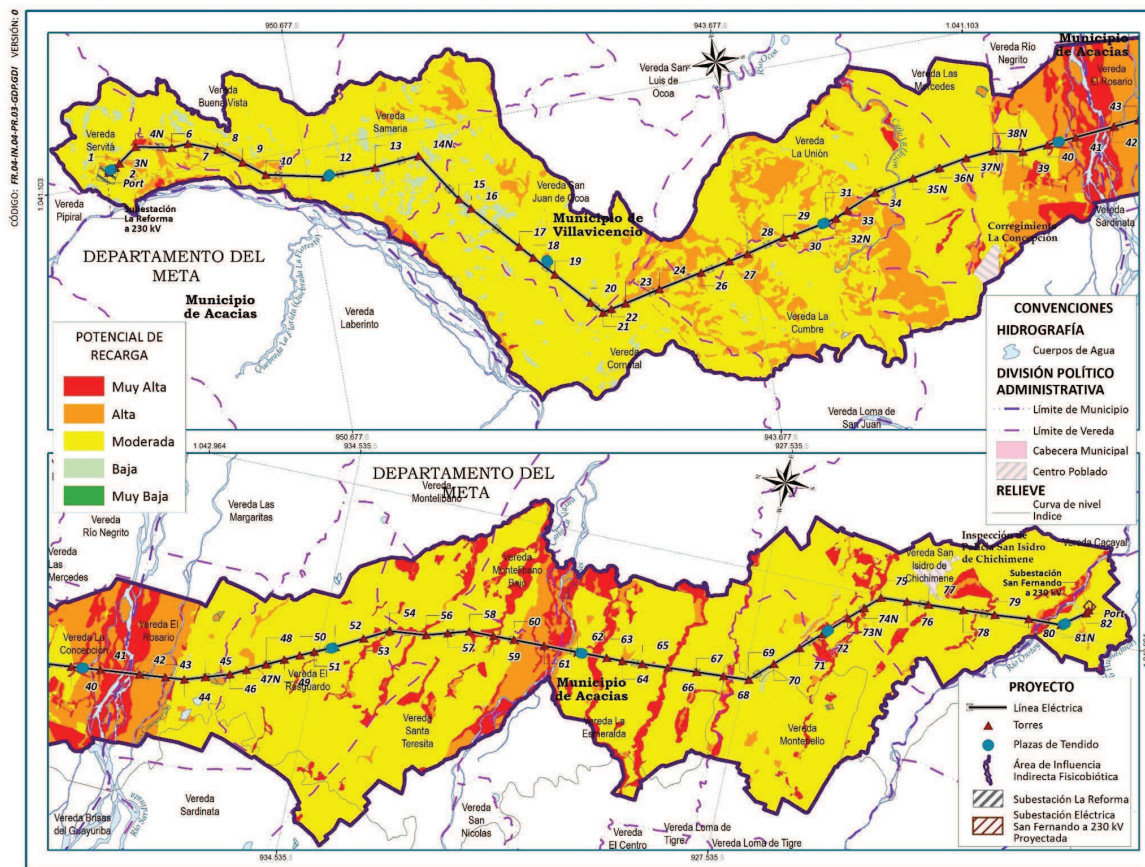
El área de influencia para la Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando, se encontraron zonas con potencial de recarga que va desde muy Baja hasta muy alta, el área que ocupa cada una se presenta en la **Tabla 3.2-148** y su distribución espacial en la **Imagen 3.2-103**.

**Tabla 3.2-148 Potencial de descarga de los acuíferos**

Potencial de recarga	Área (Ha)	Área (%)
Muy Alta	7,98	7,48%
Alta	13,83	12,96%
Moderada	82,96	77,75%
Baja	1,92	1,80%
Muy Baja	0,02	0,02%
<b>Total</b>	<b>106,72</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-103 Zonas de recarga potencial



ZonasRecarga.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.



En el caso de la variable de uso del suelo, se presentan áreas de potencial de recarga muy bajo a bajo como son las áreas de uso industrial, residencial y zonas de cultivos transitorios y áreas agrícolas heterogéneas, que demandan intervención sobre el suelo, pueden sufrir procesos de compactación y erosión.

Para el Área de influencia de la Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando, la delimitación de las zonas de recarga potencial por precipitación directa se clasificó principalmente como moderada con un 77.7%, del área total, estos sectores se encuentran influenciados principalmente por las pendientes planas a ligeramente inclinadas presentes en la zona del municipio de Acacias. Del mismo modo, la litología de las unidades aflorantes, asociados en parte por asociadas en general a sedimentos no consolidados constituidos por gravas, arenas limos y arcillas, y por otra parte por las formaciones acuíferas como son las unidades de Grupo Palmichal, Formación Une, Formación Areniscas de Cáqueza, Formación Chipaque, Formación Fómeque, Formación Lutitas de Macanal, cuyas características litológicas favorecen la infiltración del agua lluvia.

Como zonas de muy alto potencial de recarga (7,48%) se señalan aquellas que se encuentran asociada a los drenajes principales, compuestos de material arenoso y gravoso, con presencia de bosques de galería que ayudan al proceso de infiltración. Estas zonas presentan una interacción directa con los cuerpos de agua superficial los cuales en época seca mantienen su flujo base.

Las zonas de recarga con alto potencial (12,9%) se encuentran asociados a los drenajes principales del Río Guayuriba, Acacias y Orotoy, debido a la presencia de materiales finos como limos hasta arenas en sus características geológicas y con presencia de arenas en la composición textural del suelo considerando una zona alta de recarga.

El 1.08 % y el 0.02 % del área corresponden a un potencial de recarga muy bajo, se localizan de forma diseminada en pequeños sectores, asociadas a las zonas suburbanas y a pendientes inclinadas a ligeramente escarpadas y de baja cobertura vegetal.

De acuerdo a lo anterior la recarga de los acuíferos en el sitio, se produce por infiltración directa desde la precipitación, sobre los acuíferos Cuaternarios de granulometría más gruesa, esta recarga ocurre en los niveles superiores, cuando no existen barreras impermeables en superficie que desfavorezcan la percolación y el flujo vertical hacia niveles inferiores.

La recarga de los acuíferos presentes en el piedemonte de las unidades del Grupo Palmichal, Formación Une, Formación Areniscas de Cáqueza, Formación Chipaque, Formación Fómeque, Formación Lutitas de Macanal, se presenta en sus zonas de afloramiento sobre todo en zonas donde la vegetación es propicia para presentarse infiltración, además de su interacción de fracturamiento por las condiciones estructurales presentes en la zona que ayudan a la infiltración de agua en esas zonas.

### 3.2.7.5.3 Zonas de descarga

La descarga natural de los acuíferos en sus niveles someros, ocurre como aporte al flujo base en época de estiaje en los principales drenajes de la zona de estudio, que corresponden a los ríos Guayuriba, Acacias y Orotoy y algunos drenajes superficiales menores, como lo muestran las direcciones de flujo de agua subterránea somera que confluyen en estos drenajes y también a través de los manantiales que surgen en el área de evaluación, sobre todo en la zona de montaña y piedemonte. La descarga artificial se da principalmente en las zonas de planicie por medio de los 33 aljibes y 3 pozos profundos de agua subterránea identificados en la zona.

### 3.2.7.6 Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación

A partir del concepto de Daly y Waren.1994, define el término de vulnerabilidad como la representación de las características geológicas e hidrogeológicas que determinan la sensibilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por actividades antrópicas, estableciendo la facilidad con la cual ingresan las sustancias que puedan degradar la calidad del agua subterránea, mediante infiltración a través del suelo y la zona no saturada. Zaprozec 1994, define la Vulnerabilidad como la propiedad intrínseca de un sistema de aguas subterráneas que depende de su sensibilidad a impactos naturales y/o humanos.

La vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación se realiza a través de evaluación de tres factores: la capacidad de atenuación de la carga contaminante que ocurre en el suelo, en la zona no saturada y en la zona saturada, la resistencia o la inaccesibilidad en el sentido hidráulico a la penetración de los contaminantes y los factores externos que puedan facilitar o retardar el impacto de las cargas contaminantes, como la pendiente del terreno y la recarga del acuífero son un valor indicativo (cualitativo) y no cuantitativo, por tanto los resultados que se obtienen de su evaluación son relativos y adimensionales.

Para la determinación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, existen diferentes métodos los cuales dependen de la disponibilidad de información existente. Estos se agrupan en cuatro:

- Modelos de simulación, los cuales usan ecuaciones numéricas que simulan los procesos de transporte por los que se rigen los contaminantes.
- Los métodos estadísticos los cuales son utilizados para cuantificar la vulnerabilidad de la contaminación del agua subterránea determinando la dependencia o la relación estadística entre la contaminación observada, las condiciones ambientales observadas que pueden o no caracterizar vulnerabilidad y las actividades relacionadas con el uso del suelo, que sean fuentes potenciales de la contaminación.
- Métodos de superposición e índices (o paramétricos) basados en la combinación de diferentes parámetros (litología, suelo, espesor de la zona no saturada, etc.), y se utilizan para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca. Cada parámetro es puntuado cuantitativamente y se les pueden asignar distinto valor de ponderación para determinar el resultado final.

- Ambientes Hidrogeológicos los cuales evalúan la vulnerabilidad de grandes ambientes hidrogeológicos en términos cualitativos, utilizando una superposición de mapas temáticos.

A partir de la información realizada para el presente EIA, para la determinación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación para el AID para la Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando se realizarán métodos paramétricos o de superposición de índices, por medio del método GOD, el cual corresponde a un método de índice y superposición, que ofrece claridad conceptual y simplicidad de aplicación<sup>67</sup> y que es el único que contempla tangencialmente el tipo de acuífero en lo referente a su comportamiento hidráulico y grado de consolidación.

Esta metodología sugiere que la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos debe ser medida según: 1) El grado de inaccesibilidad de los contaminantes a través de la zona no saturada de un acuífero y 2) El grado de atenuación a la contaminación que posean los estratos de la zona no saturada (retención o reacción fisicoquímica). Así, la susceptibilidad de los acuíferos a la contaminación, se considera como una función de las propiedades intrínsecas del suelo y del estrato litológico que comprende la zona no saturada.

El sistema de indexación GOD, propuesto por Foster (1987), es aplicable a áreas de trabajo con escasa información, con irregular distribución de datos o con incertidumbre de la información. Esta metodología comprende tres parámetros: G, O y D

- G.( Groundwater occurrence) Corresponde al grado de confinamiento hidráulico con la identificación del tipo de acuífero,
- O.( Overall aquifer class) Corresponde a la caracterización de la zona no saturada del acuífero o de las capas confinantes
- D: (Depth). Se refiere a la profundidad del nivel freático en acuíferos libres o a la profundidad del techo del acuífero, en los confinados.

El índice de vulnerabilidad GOD se obtiene, entonces, de multiplicar los valores asignados a cada parámetro

$$iV\ GOD = G*O*D$$

En esta metodología se han establecido escalas numéricas para valorar cada parámetro de acuerdo con su capacidad de atenuación de contaminantes, donde el cero "0" indica una *vulnerabilidad despreciable* y el "1" una *vulnerabilidad extrema a la contaminación*. Los valores de los parámetros propuestos por este método se muestran en **Imagen 3.2-104**.

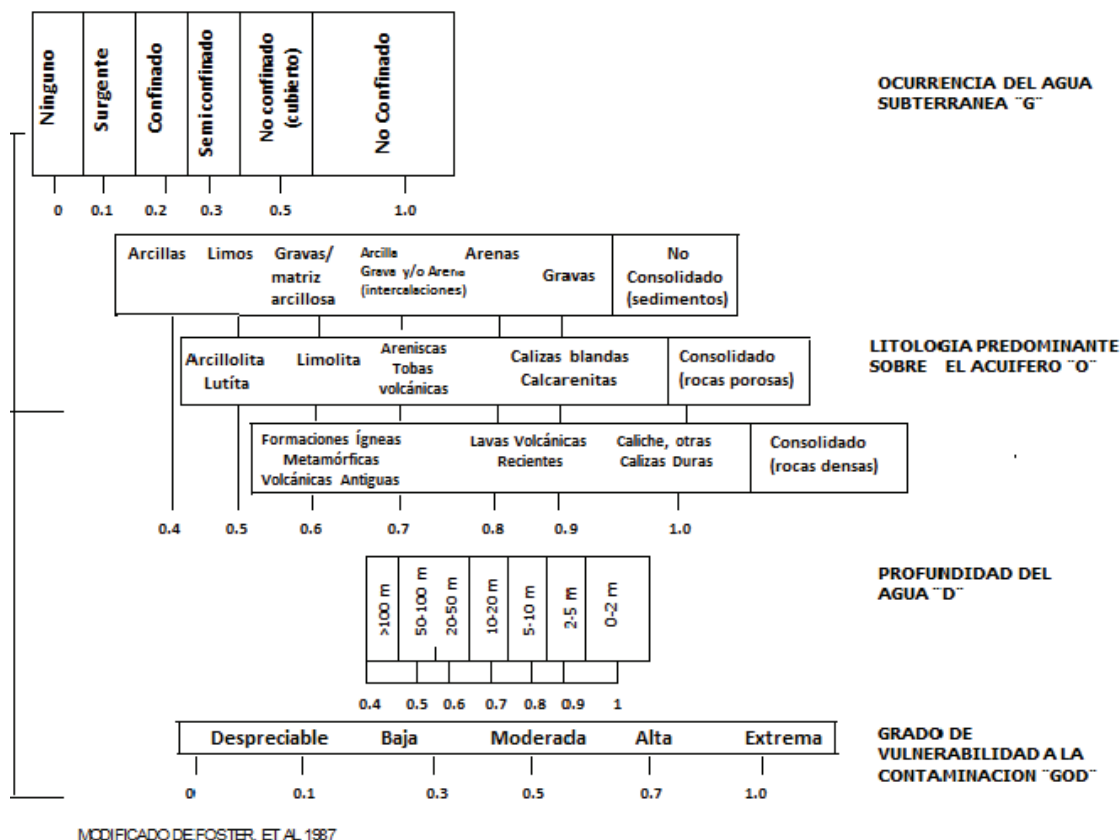
Por tanto, se definen las siguientes categorías de vulnerabilidad, de acuerdo con el método de indexación GOD, como se presenta en la **Tabla 3.2-149**.

La metodología para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca, se enfoca hacia 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

<sup>67</sup> MAVDT, Viceministerio de ambiente, grupo de recurso hídrico. Propuesta Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la Contaminación. MAVDT, 2010. p. 23.

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 hacia los horizontes profundos.

**Imagen 3.2-104 Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación**



Fuente: Foster, 1991.

**Tabla 3.2-149 Definición práctica de las clases de vulnerabilidad**

Clase de vulnerabilidad	Índice	Definición
Acuíferos con Vulnerabilidad Extrema	Entre 0,7 y 1,0	Se consideran susceptibles a la mayoría de contaminantes y con impacto relativamente rápido.
Acuíferos con Vulnerabilidad Alta	Entre 0,5 y 0,7	Son vulnerables a muchos contaminantes, excepto a los absorbibles y/o fácilmente transformables
Acuíferos con Vulnerabilidad Moderada	Entre 0,3 y 0,5	Son vulnerables a mediano plazo a la mayoría de contaminantes.
Acuíferos con Vulnerabilidad Baja	Entre 0,1 y 0,3	Son vulnerables a largo plazo a contaminantes persistentes.
Acuíferos con Despreciable Vulnerabilidad	Entre 0 y 0,1	Las capas confinantes no permiten un flujo significativo hacia el acuífero.

Fuente: Tomado de MAVDT, 2010.

La información que genera el mapa de vulnerabilidad, parte del análisis de datos existentes:

*Condición del acuífero, Parámetro “G”:* Para la determinación de este parámetro se analiza el acuífero más somero, a partir de la evaluación hidrogeológica de las unidades descritas en el presente estudio, especialmente relacionadas con la litología que lo componen.

*Predominio litológico de la zona no saturada, Parámetro “O”:* Para la evaluación del parámetro, se usó la clasificación taxonómica de suelos, realizada para el presente estudio, teniendo en cuenta que una de las propiedades diagnósticas para la clasificación es la textura de laboratorio, que indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño y se asume que similares características texturales podría tener el regolito del que se deriva, que conformaría la zona no saturada.

*Profundidad de la tabla de agua, Parámetro “D”:* Para la evaluación de este parámetro se usó la información de los niveles de la tabla de agua medida durante el inventario de puntos de agua subterránea, realizado para el presente estudio.

Mediante la superposición de las capas de información y la multiplicación de los parámetros “G” “O” y “D”, usando Sistemas de Información Geográfica - SIG, se obtiene la zonificación de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación.

### 3.2.7.6.1 Condición del acuífero, parámetro “G”

En el área se presentan las siguientes unidades hidrogeológicas, a los cuales se asignó un valor de parámetro dependiendo de su condición de confinamiento, tal como se muestra en la **Tabla 3.2-150** y su distribución espacial se muestra en la **Imagen 3.2-105**.

**Tabla 3.2-150 Asignación de índices, parámetros “G”**

Unidad hidrogeológica	Características		Parámetro "g"
<b>A1</b>	Sedimentos y Rocas con Flujo Intergranular (Porosidad Primaria)	Acuíferos de Mediana Productividad, capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m. La geología corresponde a las unidades de Depósitos de Terraza Medias	0.7
<b>A2</b>	Sedimentos y Rocas con Flujo Intergranular (Porosidad Primaria)	Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m. La geología corresponde a las unidades Depósitos Coluvioaluviales, Depósitos de Terrazas Altas y Bajas, Depósitos Aluviales Subcrecientes y de Cauce Activo de ríos trenzados y menores.	0.5
<b>B1</b>	Rocas con Flujo a través de Fracturas o Porosidad Secundaria (Rocas Fracturadas y/o Carstificadas)	Acuíferos de mediana productividad, capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m. La geología corresponde a las unidades Formación Arenisca de Cáqueza, Grupo Palmichal y Formación Une.	0.2
<b>B2</b>	Rocas con Flujo a través de Fracturas o Porosidad Secundaria (Rocas Fracturadas y/o Carstificadas)	Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m. La geología corresponde a las unidades Formación Lutitas de Macanal, Formación Chipaque y Formación Fomeque.	0.1

Unidad hidrogeológica	Características		Parámetro "g"
C1	Sedimentos y Rocas con Limitados Recursos de Aguas Subterráneas	Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0,05 l/s/m. Acuitardos. La geología corresponde a las unidades de la Formación Arcilla del limbo.	0

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.7.6.2 Predominio litológico de la zona no saturada, parámetro "O"

En la zona se presentan 12 unidades cartográficas de suelo, las cuales se muestran en la **Tabla 3.2-151**, con el valor de "O" asignado para cada uno valores que van desde 0.6 a 0.8. en la **Imagen 3.2-105** se presenta su distribución espacial.

**Tabla 3.2-151 Asignación de índices, parámetros "O"**

Tipo de relieve	Unidad cartográfica	Principales Características de los suelos	Símbolo UC Suelo	Característica Textural Predominante	Parámetro "O"
Filas - vigas	Asociación MPHe1	Moderadamente superficiales, texturas medias a gruesas, bien drenados, abundante pedregosidad superficial de tipo piedra la cual cubre entre el 40 y el 70% de la superficie, ligeramente alcalinos a extremadamente ácidos, fertilidad baja; susceptibles a la erosión.	MPHde1	Arenosa franca	0.7
	Suelos de la Asociación MUJef1	Superficiales; texturas medias a gruesas, moderadamente bien drenados, abundante pedregosidad superficial de tipo piedra la cual cubre entre el 15 y el 40% de la superficie, muy fuertemente ácidos, fertilidad baja; susceptibles a la erosión	MUJef1	Franco arenosa	0.7
Crestas, crestones y espinazos	Suelos del Complejo MUOde1	Moderadamente profundos, texturas moderadamente gruesas a gruesas, bien a excesivamente drenados, muy fuerte a extremadamente ácidos, fertilidad baja; susceptibles a la erosión	MUOde1	Franco arenosa	0.7
Filas – vigas, crestas y crestones	Suelos de la Asociación MUPef1	Moderadamente profundos, texturas moderadamente gruesas a medias, bien drenados, poca pedregosidad superficial de tipo piedra la cual cubre menos del 1% de la superficie, muy fuertemente ácidos, fertilidad baja; susceptibilidad a la erosión	MUPef1	Franca	0.6
Terrazas	Suelos de la Consociación PVAab	Moderadamente profundos a profundos, texturas medias a moderadamente gruesas, bien drenados a excesivamente drenados, muy fuerte a extremadamente ácidos, fertilidad baja; toxicidad por aluminio	PVAab	Arenosa franca	0.7
Abanicos Antiguos	Suelos de la Consociación PVCabp	Profundos a moderadamente profundos, texturas de gruesas a medias, drenaje moderadamente excesivo, fuertemente	PVCabp	Franco arenosa	0.7

Tipo de relieve	Unidad cartográfica	Principales Características de los suelos	Símbolo UC Suelo	Característica Textural Predominante	Parámetro "O"
		ácidos, fertilidad baja; toxicidad por aluminio; pedregosos en sectores apicales			
Vallecito	Suelos del Grupo Indiferenciado PVDabx	Superficiales a moderadamente profundos, texturas moderadamente gruesas a moderadamente finas, imperfecta a pobremente drenados, muy fuerte a extremadamente ácidos, fertilidad baja; ligera toxicidad por aluminio; susceptibles a inundaciones y encharcamientos	PVDabx	Franco arenosa	0.7
Terraza agradacional nivel 3	Suelos de la Consociación RVGaby	Profundos a moderadamente profundos, texturas medias a gruesas, bien a moderadamente bien drenados, muy fuerte a fuertemente ácidos, fertilidad baja a moderada, ligera toxicidad por aluminio; susceptibles a encharcamientos	RVGaby	Arenoso franco	0.7
Terraza agradacional Nivel 4. (Inferior)	Suelos de la Asociación RVHay	Moderadamente superficiales, texturas medias a moderadamente gruesas, moderadamente bien a bien drenados, mediana a fuertemente ácidos, fertilidad moderada a baja; susceptibles a encharcamientos	RVHay	Arenoso franco	0.7
Plano de inundación	Suelos del Complejo RVNabx	Muy superficial a superficial, texturas medias a moderadamente gruesas, imperfecta a pobremente drenados, fuertemente a ligeramente ácidos, fertilidad moderada a baja; susceptibles a inundaciones	RVNabx	Franco arenosa	0.7
	Suelos del Grupo indiferenciado RVOax	En su mayoría depósitos inestables, irregulares (playones e islotes). En otros sectores suelos superficiales de texturas moderadamente gruesas, imperfectamente a moderadamente bien drenados, fuertemente ácidos, fertilidad baja; susceptibles a inundaciones	RVOax	Arenosa	0.8
Plano de inundación	Suelos de la Asociación VVAabxy	Superficiales, texturas variadas medias a gruesas, imperfecta a pobremente drenados, poca pedregosidad superficial de tipo piedra, guijarro y cascajo la cual cubre entre el 1 y el 3% de la superficie, fuertemente ácidos, fertilidad moderada; susceptibilidad a inundaciones y encharcamientos	VVAabxy	Arenosa	0.8

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.7.6.3 Profundidad de la tabla de agua, parámetro “D”

Para la valoración del Parámetro “D”, fue necesario tener en cuenta los niveles de la tabla de agua obtenidos en el inventario de puntos, para los cuales los manantiales son tomados como niveles someros sobre todo para la zona de montaña y piedemonte y para la zona de planicie en los puntos identificados como Aljibes y pozos, niveles someros que llegan hasta 5,4 m obteniendo valores de parámetros asignados de 1 y hasta 0,8. En la **Tabla 3.2-152** se muestran los pozos utilizados, el nivel de la tabla de agua y su asignación del valor del parámetro “D” y en la **Imagen 3.2-105**, se muestra su distribución espacial.



**Tabla 3.2-152 Asignación de índices, parámetros “D”**

Código de Punto	Tipo de captación	Municipio	Vereda	Coordenadas magna sirgas Origen Bogotá		Cota (msnm)	Profundidad (m)	Nivel del agua (m)	Parámetro "D"	
				Norte	Este					
M1	Manantial	Villavicencio	La Reforma	954137,49	1041516.59	895	No Aplica	0	1	
M2	Manantial	Villavicencio	La Reforma	953568,80	1041582.70	850	No Aplica	0	1	
M3	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	953020,45	1041628.26	838	No Aplica	0	1	
M4	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	952874.,75	1041432.92	819	No Aplica	0	1	
M5	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	952819,37	1041335.79	817	No Aplica	0	1	
M6	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	952770,36	1041970.34	912	No Aplica	0	1	
M7	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	952636,09	1041696.06	846	No Aplica	0	1	
M8	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	952560,33	1041667.89	839	No Aplica	0	1	
M9	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	952544.20	1041710.87	868	No Aplica	0	1	
M10	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	952529,63	1041764.17	878	No Aplica	0	1	
M11	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	952246,14	1041615.64	834	No Aplica	0	1	
M12	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	952101,64	1041459.04	804	No Aplica	0	1	
M13	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	951630,09	1041399.19	796	No Aplica	0	1	
M14	Manantial	Villavicencio	Buena Vista	951461,12	1040692.57	735	No Aplica	0	1	
M15	Manantial	Villavicencio	Cornetal	950665,58	1040676.72	810	No Aplica	0	1	
M16	Manantial	Villavicencio	Cornetstl	950651,28	1040590.90	814	No Aplica	0	1	
M17	Manantial	Villavicencio	Cornetal	950535,78	1040704.32	832	No Aplica	0	1	
M18	Manantial	Villavicencio	Cornetal	950475,83	1040681.03	853	No Aplica	0	1	
M19	Manantial	Villavicencio	Cornetal	950495,41	1040232.67	682	No Aplica	0	1	
M20	Manantial	Villavicencio	Cornetal	950460,34	1040179.84	670	No Aplica	0	1	
M21	Manantial	Villavicencio	Cornetal	950437,49	1040256.36	753	No Aplica	0	1	
M22	Manantial	Villavicencio	Cornetal	950367,63	1040098.94	705	No Aplica	0	1	
M23	Manantial	Villavicencio	Cornetal	950149,05	1040903.91	880	No Aplica	0	1	
M24	Manantial	Villavicencio	Cornetal	950072,47	1040066.65	697	No Aplica	0	1	
M25	Manantial	Villavicencio	Cornetal	949960,30	1040208.71	742	No Aplica	0	1	

Código de Punto	Tipo de captación	Municipio	Vereda	Coordenadas magna sirgas Origen Bogotá		Cota (msnm)	Profundidad (m)	Nivel del agua (m)	Parámetro "D"
				Norte	Este				
M26	Manantial	Villavicencio	Cornetal	949687,51	1039998.54	692	No Aplica	0	1
M27	Manantial	Villavicencio	Cornetal	949512,12	1040007.40	748	No Aplica	0	1
M28	Manantial	Villavicencio	Cornetal	949480,40	1040040.50	766	No Aplica	0	1
M29	Manantial	Villavicencio	Cornetal	949438,73	1041028.934	1040	No Aplica	0	1
M30	Manantial	Villavicencio	Cornetal	949028,54	1041172.58	1041	No Aplica	0	1
M31	Manantial	Villavicencio	Cornetal	948830,72	1040740.64	926	No Aplica	0	1
M32	Manantial	Villavicencio	Cornetal	948825,90	1040828.69	944	No Aplica	0	1
M33	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	948072,00	1042303,00	1096	No Aplica	0	1
M34	Manantial	Villavicencio	Cornetal	948856,51	1039805.06	698	No Aplica	0	1
M35	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	948573,18	1039784.31	723	No Aplica	0	1
M36	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	948535,70	1039798.65	725	No Aplica	0	1
M37	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	94765,89	1040192.55	953	No Aplica	0	1
M38	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	947217,00	1040300.99	1038	No Aplica	0	1
M39	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	947143,00	1040302.00	1055	No Aplica	0	1
M40	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	947056,00	1040136.00	1047	No Aplica	0	1
M41	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	947422,28	1039377.44	845	No Aplica	0	1
M42	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946758,00	1039943.99	1033	No Aplica	0	1
M43	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	947736,23	1038898.07	876	No Aplica	0	1
M44	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	947603,91	1038998.16	870	No Aplica	0	1
M45	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	947670,55	1038902.65	880	No Aplica	0	1
M46	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	947577,00	1038857,00	919	No Aplica	0	1
M47	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946669,00	1039657.99	1029	No Aplica	0	1
M48	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	947504,00	1038823,00	948	No Aplica	0	1
M49	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946692,12	1038898.75	1101	No Aplica	0	1
M50	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	947030,19	1038440.24	999	No Aplica	0	1
M51	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946702,99	1038473.69	1099	No Aplica	0	1
M52	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946789,07	1038338.42	1049	No Aplica	0	1
M53	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946542,09	1038472.10	1080	No Aplica	0	1
M54	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946640,63	1038250.20	1091	No Aplica	0	1

Código de Punto	Tipo de captación	Municipio	Vereda	Coordenadas magna sirgas Origen Bogotá		Cota (msnm)	Profundidad (m)	Nivel del agua (m)	Parámetro "D"	
				Norte	Este					
M55	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946616,56	1038051.34	1059	No Aplica	0	1	
M56	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946429,35	1038080.63	1110	No Aplica	0	1	
M57	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946612,14	1037825.61	1053	No Aplica	0	1	
M58	Manantial	Villavicencio	San Isidro De Chichimene	946630,79	1037721.67	1059	No Aplica	0	1	
M59	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946252,86	1037826.76	1148	No Aplica	0	1	
M60	Manantial	Villavicencio	San Juan De Ocoa	946188,33	1037666.46	1170	No Aplica	0	1	
M61	Manantial	Villavicencio	Cornetal	945775,22	1037729.81	1191	No Aplica	0	1	
M62	Manantial	Villavicencio	Cornetal	945728,64	1037678.64	1195	No Aplica	0	1	
M63	Manantial	Villavicencio	La Union	945504,33	1037808.99	1177	No Aplica	0	1	
M64	Manantial	Villavicencio	Cornetal	945316,09	1037743.11	1153	No Aplica	0	1	
M65	Manantial	Villavicencio	La Cumbre	945077,66	1037964.28	1106	No Aplica	0	1	
M66	Manantial	Villavicencio	La Cumbre	945046,32	1037858.04	1102	No Aplica	0	1	
M67	Manantial	Villavicencio	La Cumbre	944858,48	1037681.12	1035	No Aplica	0	1	
M68	Manantial	Villavicencio	La Union	944636,50	1038111.60	1009	No Aplica	0	1	
M69	Manantial	Villavicencio	La Cumbre	944438,04	1037944.57	904	No Aplica	0	1	
M70	Manantial	Villavicencio	La Cumbre	944260,02	1037987.28	833	No Aplica	0	1	
M71	Manantial	Villavicencio	La Union	944233,24	1038185.95	854	No Aplica	0	1	
M72	Manantial	Villavicencio	La Union	943824,65	1037957.83	796	No Aplica	0	1	
M73	Manantial	Villavicencio	Las Mercedes	943551,00	1038144,00	691	No Aplica	0	1	
M74	Manantial	Villavicencio	Las Mercedes	942853,00	1038440,00	741	No Aplica	0	1	
M75	Manantial	Villavicencio	La Union	942813,00	1038446,00	736	No Aplica	0	1	
M76	Manantial	Villavicencio	La Union	942641,71	1038371,85	695	No Aplica	0	1	
M77	Manantial	Acacias	La Union	942599,00	1038661,99	688	No Aplica	0	1	
M78	Manantial	Villavicencio	La Union	942463,50	1038223,78	669	No Aplica	0	1	
M79	Manantial	Villavicencio	La Union	942252,15	1038151,71	692	No Aplica	0	1	
M80	Manantial	Villavicencio	Las Mercedes	942259,00	1038360,00	684	No Aplica	0	1	
M81	Manantial	Villavicencio	Las Mercedes	942262,00	1038490,00	673	No Aplica	0	1	
M82	Manantial	Villavicencio	La Union	942163,09	1038059,57	636	No Aplica	0	1	
M83	Manantial	Villavicencio	La Union	942204,00	1038643,99	651	No Aplica	0	1	

Código de Punto	Tipo de captación	Municipio	Vereda	Coordenadas magna sirgas Origen Bogotá		Cota (msnm)	Profundidad (m)	Nivel del agua (m)	Parámetro "D"	
				Norte	Este					
M84	Manantial	Villavicencio	La Union	941934,01	1038690,73	649	No Aplica	0	1	
M85	Manantial	Villavicencio	La Union	941834,35	1038862,34	589	No Aplica	0	1	
M86	Manantial	Villavicencio	La Union	941395,00	1038606,00	543	No Aplica	0	1	
M87	Manantial	Villavicencio	La Union	941325,16	1038703,76	544	No Aplica	0	1	
M88	Manantial	Villavicencio	La Union	941282,00	1038615,00	522	No Aplica	0	1	
M89	Manantial	Acacias	El Rosario Bajo	937209,13	1039089,98	487	No Aplica	0	1	
A90	Aljibe	Acacias	El Rosario Bajo	937085,34	1038973,32	484	3	0,5	1	
A91	Aljibe	Acacias	El Rosario	936369,00	1039203,99	496	10	3	0,9	
A92	Aljibe	Acacias	El Rosario	935732,26	1039209,33	499	6,5	0,6	1	
A93	Aljibe	Acacias	El Rosario	935558,35	1039324,00	499	7,1	1,7	1	
A94	Aljibe	Acacias	El Rosario	935786,00	1039889,99	495	9	1,5	1	
M95	Manantial	Acacias	El Resguardo	935560,93	1039641,61	502	No Aplica	0	1	
A96	Aljibe	Acacias	El Resguardo	935416,00	1039825,00	492	8	1,8	1	
A97	Aljibe	Acacias	Resguardo	934742,76	1039953,25	494	7,3	4	0,9	
A98	Aljibe	Acacias	Santa Terecita	933309,18	1041204,11	487	3,2	1,3	1	
A99	Aljibe	Acacias	Santa Terecita	933306,52	1041201,76	487	3,55	1,1	1	
A100	Aljibe	Acacias	Santa Teresita	933045,88	1041693,43	474	3	0,65	1	
A103	Aljibe	Acacias	Santa Terecita	932770,00	1040804,99	483	10	4	0,9	
M104	Manantial	Acacias	Santa Terecita	932782,03	1040943,26	476	No Aplica	0	1	
A105	Aljibe	Acacias	Santa Terecita	932753,06	1040939,84	476	3	1,5	1	
A106	Aljibe	Acacias	Sant	932962,71	1041660,36	472	2,5	1,5	1	
A107	Aljibe	Acacias	Santa Teresita	932895,60	1041706,48	473	3,5	2,5	0,9	
M108	Manantial	Acacias	Santa Teresita	932929,03	1041998,76	472	No Aplica	0	1	
A109	Aljibe	Acacias	Santa Teresita	932750,39	1041642,25	471	1,9	0,7	1	
A110	Aljibe	Acacias	Santa Teresita	932720,16	1041550,53	472	2,9	0,9	1	
A111	Aljibe	Acacias	Santa Teresita	932666,62	1041524,90	474	2,1	0,8	1	
A112	Aljibe	Acacias	Santa Teresita	932613,19	1041486,84	475	2,5	0,9	1	
A113	Aljibe	Acacias	Santa Teresita	932628,23	1041707,94	470	6,7	5,2	0,8	
M114	Manantial	Acacias	Santa Teresita	932325,11	1040711,25	479	No Aplica	0	1	

Código de Punto	Tipo de captación	Municipio	Vereda	Coordenadas magna sirgas Origen Bogotá		Cota (msnm)	Profundidad (m)	Nivel del agua (m)	Parámetro "D"	
				Norte	Este					
M115	Manantial	Acacias	Santa Teresita	932478,39	1041223,48	480	No Aplica	0	1	
A116	Aljibe	Acacias	Santa Teresita	932215,64	1041209,60	476	4,3	0,7	1	
A117	Aljibe	Acacias	Santa Teresita	932213,29	1041165,07	475	4	1,4	1	
M118	Manantial	Acacias	Santa Teresita	932040,90	1040669,62	481	No Aplica	0	1	
M119	Manantial	Acacias	Santa Teresita	932006,08	1040693,18	479	No Aplica	0	1	
A120	Aljibe	Acacias	Santa Terecita	931984,99	1040238,00	485	8	3	0,9	
M121	Manantial	Acacias	Santa Teresita	931764,04	1040746,82	479	No Aplica	0	1	
M122	Manantial	Acacias	Santa Teresita	931327,53	1040919,59	459	No Aplica	0	1	
M123	Manantial	Acacias	Santa Teresita	931261,37	1041324,86	456	No Aplica	0	1	
A124	Aljibe	Acacias	La Esmeralda	928760,99	1040343,00	503	8	2	1	
A126	Aljibe	Acacias	La Esmeralda	928248,00	1041653,00	493	8	2	1	
A127	Aljibe	Acacias	Monte Bello	926016,00	1039660,99	507	15	2	1	
P128	Pozo	Acacias	San Isidro De Chichimene	927774,10	1042152,49	490	37	2	1	
A129	Aljibe	Acacias	San Isidro De Chichimene	927784,44	1042269,828	490	4,4	2	1	
A130	Aljibe	Acacias	San Isidro De Chichimene	927664,35	1042281,04	490	4,5	1	1	
M131	Manantial	Acacias	Monte Bello	925656,00	1040521,99	491	No Aplica	0	1	
A132	Aljibe	Acacias	Monte Bello	925808,00	1041725,99	493	10	3	0,9	
M133	Manantial	Acacias	C. Chichimene	926093,13	1042381,71	487	No Aplica	0	1	
M134	Manantial	Acacias	Monte Bello	925395,99	1041838,99	477	No Aplica	0	1	
A135	Aljibe	Acacias	Monte Bello	925345,00	1041982,00	480	6	1,5	1	
A136	Aljibe	Acacias	San Isidro De Chichimene	924818,79	1043585,12	471	9	4,3	0,9	
A138	Aljibe	Acacias	Chichimene	923339,99	1043383,00	454	2	0,5	1	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.7.6.4 Zonificación del grado de vulnerabilidad

A partir de cada uno de los valores dados a las variables señaladas, se realiza la indexación de los mapas, obteniendo como resultado la zonificación del grado de vulnerabilidad el cual es presentado en la **Imagen 3.2-105** junto con las figuras de cada parámetro.

Como resultado se obtienen 4 grados de Vulnerabilidad a la Contaminación: Alta, Moderada, Baja y Muy Baja.

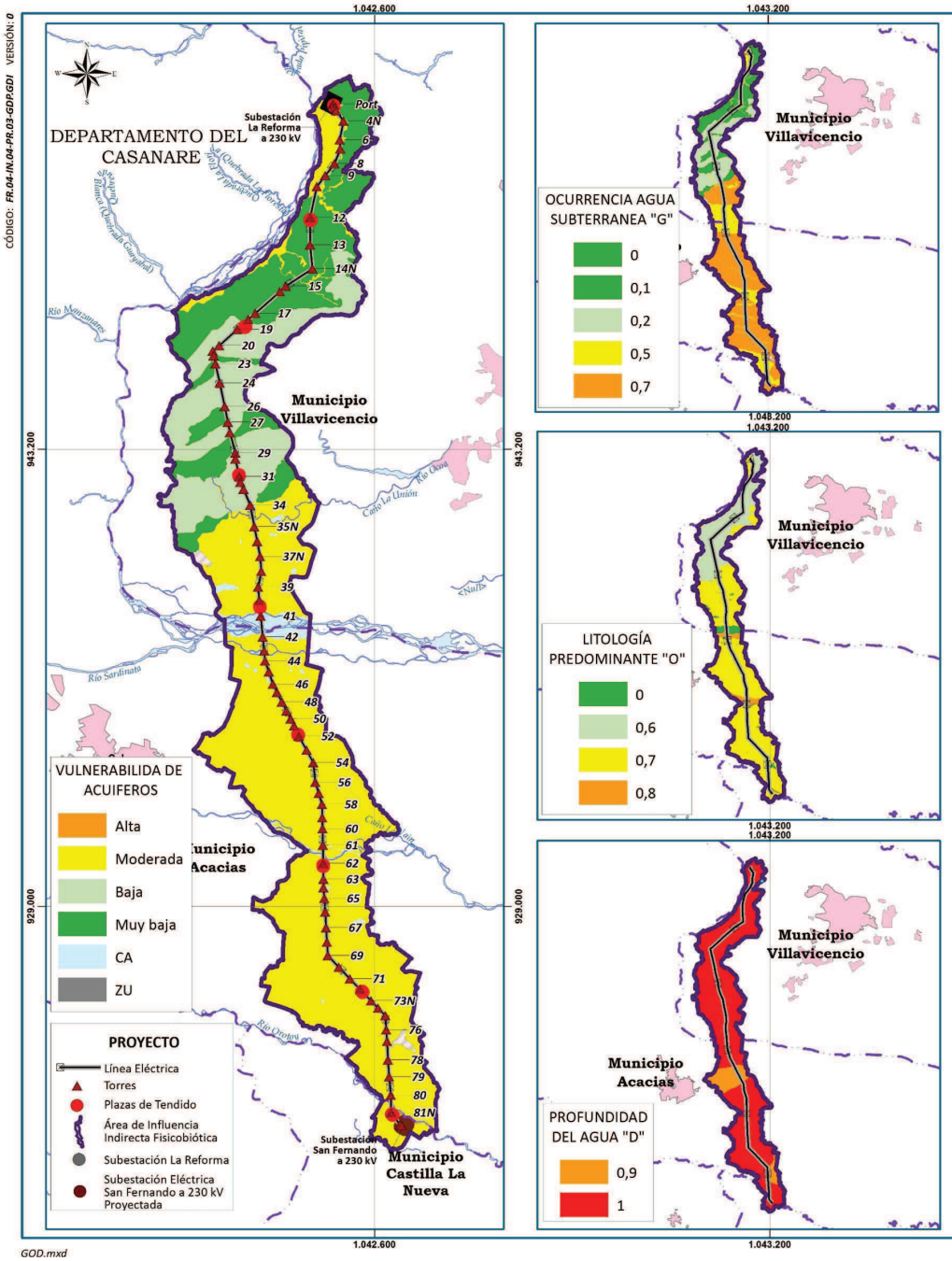
En la **Tabla 3.2-153**, se presenta la descripción de cada uno de los rangos, así como su distribución porcentual en el total del AID para la Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando junto con sus conexiones.

**Tabla 3.2-153 Descripción y grado de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación**

Grado de Vulnerabilidad	Descripción	Área (ha)	Área (%)
Alta	Corresponde un área pequeña (0.05%) asociado al río Orotoy con características de depósitos inestables, irregulares (playones e islotes), con texturas moderadamente gruesas, imperfectamente a moderadamente bien drenados susceptibles a inundaciones.	4,93	0,05%
Moderada	Representa la mayor parte del AID, de la zona de planicie del municipio de acacias, donde se presentan en su mayoría aljibes, pozos y en menor proporción manantiales correspondiente a un acuífero de mediana a Baja productividad, relacionado a las unidades Depósitos Coluvioaluviales, Depósitos de Terrazas altas, medias y bajas, con un Relieve plano a ligeramente ondulado y pendientes 0-7% que conforman acuíferos de tipo libre cuyo nivel de la tabla de agua varía de 0,3 m a 5,2 m	6089,00	61,38%
Baja	Hace referencia a rocas fracturadas de porosidad secundaria, y en ocasiones de porosidad primaria relacionados a acuíferos de mediana productividad que corresponde a las unidades Formación Arenisca de Cáqueza, Grupo Palmichal y Formación Une, los cuales presentan materiales con presencia de areniscas cuarzosas, y en menor proporción limolitas y algunas capas de lodolitas.	1629,78	16,43%
Muy Baja	Son zonas de Relieve inclinado y escarpado, pendientes 25-75%, afectados por escurrimiento difuso y erosión laminar ligera, son rocas de flujo de porosidad secundaria y rocas con limitados recursos (Acuitardos), de baja a nula productividad correspondientes a las unidades Formación Lutitas de Macanal, Formación Chipaque, Formación Fomeque y Formación Arcilla del limbo.	1863,93	18,79%
<b>Cuerpos de Agua</b>		297,30	3,00%
<b>Zonas Urbanas</b>		35,98	0,36%
<b>Total</b>		9920,93	100

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-105 Mapa de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación con mapas intermedios de metodología GOD



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.7.7 Modelo hidrogeológico conceptual

Regionalmente el proyecto de Construcción y operación de una línea de transmisión de energía eléctrica a 230 kV entre la subestación del Sistema Interconectado Nacional “La Reforma” y la subestación “San Fernando” ubicada en el municipio de Castilla La Nueva, se encuentra en la denominada Provincia Hidrogeológica del Orinoco, según el mapa hidrogeológico de Colombia<sup>68</sup> en el borde oriental de la Cordillera Oriental, sector conocido como Piedemonte Llanero, en donde se presentan rocas y sedimentos, de edades Cretácicas hasta Cuaternario, que pueden conformar acuíferos por porosidad primaria y secundaria.

el proyecto se encuentra ubicado en la provincia hidrogeológica de los Llanos Orientales, en el sistema acuífero denominado “Villavicencio – Granada- Puerto López, donde se presentan unidades hidrogeológicas de Acuíferos Cuaternario y Terciario los cuales se caracterizan por ser libres a confinados.

En la zona de montaña se presentan unidades de edad cretácica de origen marino, cuyas litologías van desde arenas hasta lodolitas y lutitas; la secuencia descrita se encuentra plegada y en algunos sectores fracturada por efecto de actividad tectónica asociada al levantamiento de la cordillera oriental, ocurrida en el cretácico y a principios del terciario. Estas unidades presentan porosidad secundaria por sus características de fracturamiento y en algunos casos porosidad primaria por la presencia de capas arenosas.

Dentro de las unidades hidrogeológicas de mediana importancia, se encuentran las unidades de Depósitos de Terraza Medias el cual aflora en la zona de planicie del municipio de Acacias, compuesto por guijarros, guijos, gránulos y ocasionalmente bloques decimétricos y subredondeados, característica de una unidad hidrogeológica de alta permeabilidad, donde ocasionalmente presenta niveles limo arenosos, con un espesor cercano a los 40 metros, con nivel freático entre 2,5 y 4 metros de profundidad.

Conforma un acuífero de nivel regional de mediana productividad, con capacidades específicas entre 1,0 y 2,0 l/s/m con una Trasmisividad estimada de 102 a 215 m<sup>2</sup>/día, un coeficiente de almacenamiento (S) de 9,9 E-4, que lo clasifica como un acuífero semiconfinado y un caudal de explotación de 30 l/s.

En esta misma zona de planicie y parte de la zona de piedemonte junto al río Guayuriba, se presenta el acuífero de baja productividad compuesto por los Depósitos Coluvioaluviales, Depósitos de Terrazas Altas y Bajas, Depósitos Aluviales Subcrecientes y de Cauce Activo de ríos trenzados y menores, los cuales se caracterizan por estar asociado a los drenajes menores y de importancia del área de estudio. Presentan en general una litología de granulometría de origen fluvial conformadas por arenas, limos, arcillas, gravas, guijarros y bloques redondeados, con espesores estimados los cuales no superan los 15 m.

Siguiendo con las zonas de piedemonte y de montaña a partir de su nivel de importancia, se presenta el acuífero de mediana importancia compuesto por las unidades Formación Arenisca de Cáqueza, Grupo Palmichal y Formación Une, cuyas características

<sup>68</sup> INGEOMINAS 1989. Regiones Hidrogeológicas, Mapa Hidrogeológico de Colombia. Escala 1:5.000.000



corresponde a rocas de porosidad primaria y secundaria conformados por rocas sedimentarias de edad Cretácica, depositadas en ambiente marino a transicional, con porosidad primaria por la presencia de paquetes arenosos y secundaria por la presencia de fuertes fracturamientos de roca.

Conforma un acuífero capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m, los cuales corresponden a acuíferos continuos de extensión semiregional, conformados por areniscas y conglomerados finos, con intercalaciones de lutitas y lodolitas, con espesor estimado de 540 m

En la zona de montaña, se presenta un grupo de unidades con baja productividad de los cuales corresponde a las unidades Formación Lutitas de Macanal, Formación Chipaque y Formación Fomeque, compuesto principalmente por gruesas capas de unidades lodolitas con intercalaciones de niveles calcáreos y areniscas de grano fino. Esta unidad corresponde a rocas de porosidad secundaria o a través de fracturas con capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m, pertenecientes a sistemas acuíferos discontinuos de extensión regional, conformado por rocas sedimentarias de edad Cretácica, depositadas en ambiente marino a transicional.

Finalmente, como unidad de menor importancia hidrogeológica se presentan las rocas lutíticas de edad Paleozoica de origen marino a transicional y continental, correspondientes a la Formación Arcilla del limbo, la cual corresponde a rocas arcillosas, que por su baja permeabilidad no permiten la circulación del agua subterránea.

Los flujos de agua de manera general siguen la superficie topográfica, en la cual en la zona de montaña convergen hacia los drenajes, los cuales desembocan en el río Guayuriba. En la zona de planicie, se presentan conexión hidráulica con aporte desde los drenajes superficiales hacia los acuíferos someros.

No se conoce el comportamiento de los flujos subterráneos intermedios y profundos, puesto que no existen captaciones representativas que indiquen su desplazamiento; sin embargo, se esperaría que el flujo subterráneo intermedio se comporte de forma similar al flujo local, siguiendo una dirección NW-SE influenciado por las condiciones de relación entre el piedemonte y la planicie piedemonte y planicie

En relación al potencial de recarga de los acuíferos a partir del método establecido, se pudo definir que el 77,7% del área de influencia tiene potencialidad de recarga moderada, asociado a pendientes planas a ligeramente inclinadas presentes en la zona del municipio de Acacias, sedimentos no consolidados constituidos por gravas, arenas limos y arcillas, así como las formaciones acuíferas de piedemonte características litológicas favorecen la infiltración del agua lluvia.

Las zonas de alto y potencial de recarga, corresponde al 0.05 % son aquellas que se encuentran asociada a los drenajes principales, compuestos de material arenoso y gravoso, con presencia de bosques de galería que ayudan al proceso de infiltración y con presencia de arenas en la composición textural del suelo considerando una zona alta de recarga.

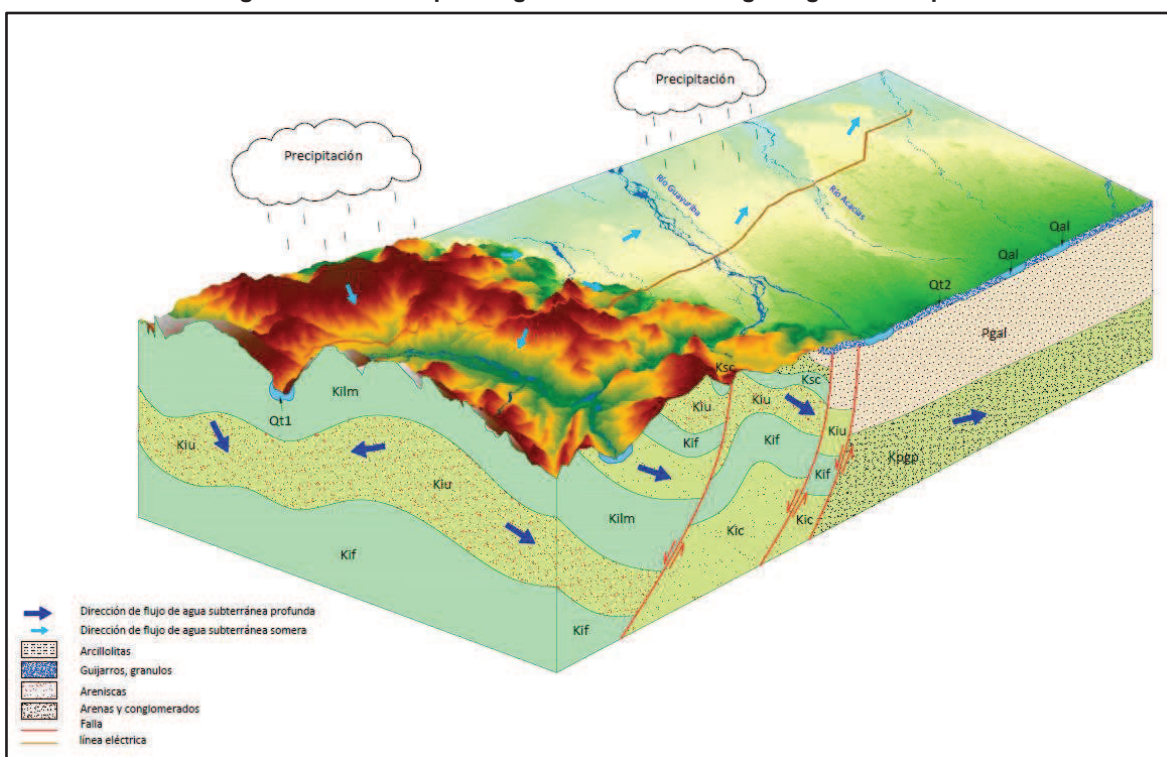
En cuanto a la descarga de los acuíferos, se pudo concluir que ocurre como aporte al flujo base en época de estiaje en los principales drenajes de la zona de estudio, que

corresponden a los ríos Guayuriba, Acacias y Orotoy y algunos drenajes superficiales menores, como lo muestran las direcciones de flujo de agua subterránea somera que confluyen en estos drenajes y también a través de los manantiales que surgen en el área de evaluación, sobre todo en la zona de montaña y piedemonte.

En relación con la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, de acuerdo al método utilizado, se pudo determinar que el 90 % del área de influencia del proyecto presenta una vulnerabilidad a la contaminación moderada relacionada con las zonas de planicie y relacionados con los depósitos no consolidados de edad Cuaternaria y los drenajes de la zona.

Las zonas de vulnerabilidad baja y muy baja corresponden a las unidades de rocas fracturadas de porosidad primaria y secundaria con zonas de relieve inclinado a escarpado y con limitados recursos de agua subterránea. (Imagen 3.2-106)

Imagen 3.2-106 Bloque Diagrama Modelo hidrogeológico conceptual



## 3.2.8 Atmosfera

### 3.2.8.1 Clima

Se entiende por clima como el conjunto de condiciones atmosféricas predominantes en una región, las cuales están controladas por factores determinantes como latitud, relieve, posición geográfica con respecto a cercanía o lejanía del mar y vientos planetarios; factores

forzantes como radiación solar, temperatura, lluvia, humedad y vientos locales, y por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático.

Desde el punto de vista físico – biótico, el clima es importante por su directa intervención en la evolución de los suelos y el paisaje. Desde el punto de vista geotécnico es uno de los elementos o insumos necesarios para la determinación de las amenazas naturales y desde el punto de vista socioeconómico por su influencia en la decisión de utilización de las tierras para determinados usos.

En este numeral se presenta la información referente a la caracterización atmosférica de las diferentes variables climatológicas, para lo cual se utilizó como fuente de información principal, las series de datos de cada parámetro de análisis (Humedad Relativa, Precipitación, Brillo solar, Nubosidad, Temperatura, Evaporación, Velocidad y Dirección del Viento) registrados por las estaciones hidrometeorológicas seleccionadas de la red de monitoreo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM previo tratamiento estadístico de las mismas. Por otra parte, al requerir de información horaria que no es reportada por el IDEAM, se utilizó información meteorológica con resolución temporal horaria procedente del modelo meteorológico de mesoescala MM5; para 5 años (2010 - 2014)

Para el análisis de la información climática del presente estudio, se realizó el análisis y procesamiento de los datos obtenidos de las series históricas (**Anexo D.7 – Componente atmosférico**) de cada una de las variables estudiadas, utilizando los siguientes pasos secuenciales:

- Proximidad geográfica: Se identificaron las estaciones cercanas a los corredores en estudio y se localizaron espacialmente para determinar la distancia a la zona del mismo.
- Representatividad, distribución homogénea sobre el área de estudio y tipo de estación: La información para los análisis climatológicos corresponde a la serie de datos de las estaciones del IDEAM, de las cuales: 1 es Pluviográfica (PG), 3 son Pluviómetrica (PM), 2 Climatológicas Principales (CP), 1 sinóptica secundaria (SS) y 1 Sinóptica Principal (SP): estas, se presenta en la **Tabla 3.2-154**; y en la **Imagen 3.2-107** se representa la ubicación de las estaciones climatológicas seleccionadas utilizadas para el presente estudio.

**Tabla 3.2-154 Estaciones Meteorológicas en el Área de Estudio**

CÓDIGO	NOMBRE	CORRIENTE	MUNICIPIO	ELEVACIÓN	CATEGORÍA	COORDENADAS (MAGNA SIRGAS-ORIGEN BOGOTÁ)	
						ESTE	NORTE
35030290	SERVITA	GUATIQUEIA	VILLAVICENCIO	1084	PG	1043057,00	954645,00
35020030	MANZANARES	MANZANARES	ACACIAS	1200	PM	1031192,00	946662,00
35010070	GUAMAL	GUAMAL	GUAMAL	525	PM	1035798,00	920309,00
35035070	UNILLANOS	GUATIQUEIA	VILLAVICENCIO	340	CP	1055402,00	942257,00
35035020	APTO VANGUARDIA	GUATIQUEIA	VILLAVICENCIO	445	SP	1051121,00	951845,00

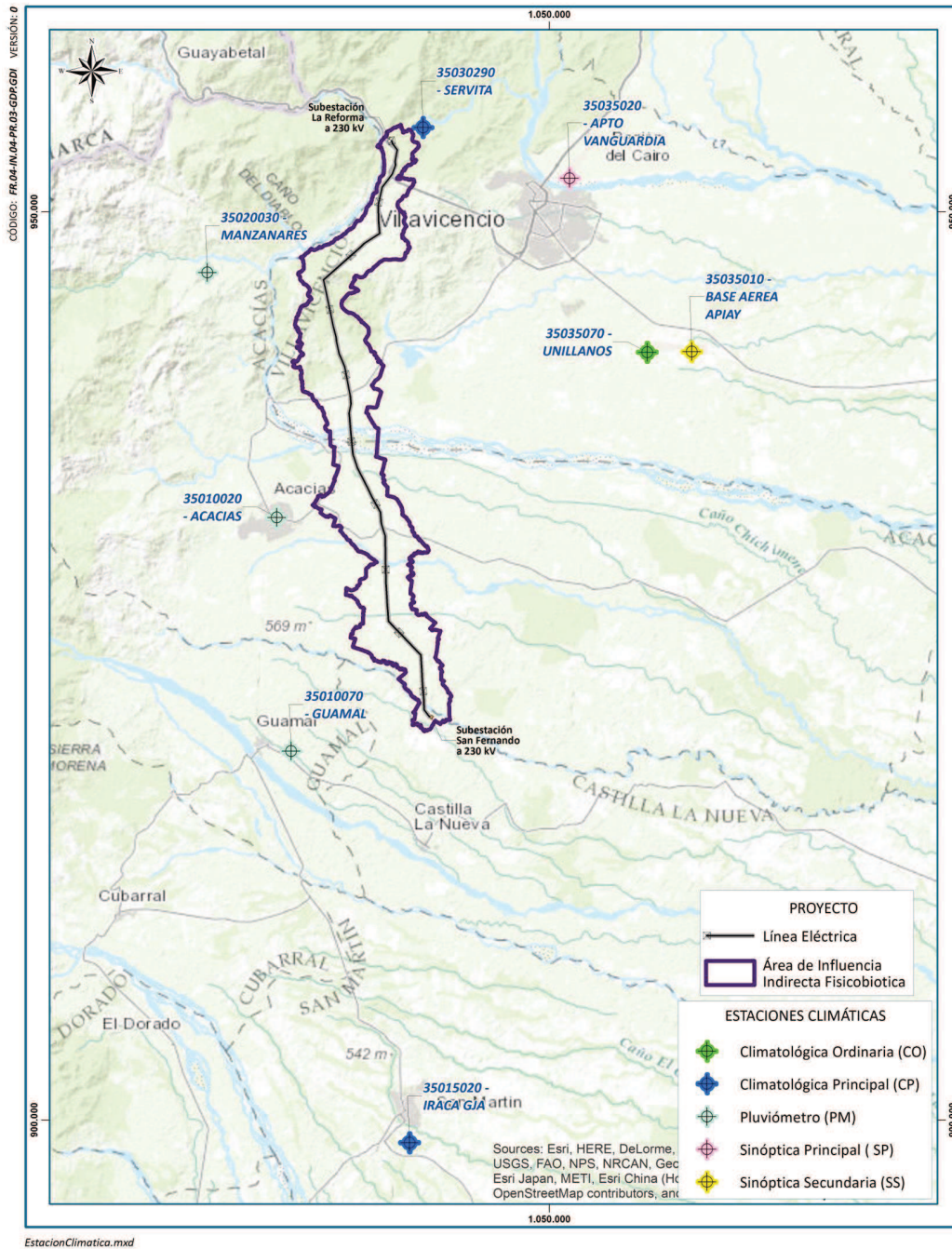
CÓDIGO	NOMBRE	CORRIENTE	MUNICIPIO	ELEVACIÓN	CATEGORÍA	COORDENADAS (MAGNA SIRGAS- ORIGEN BOGOTÁ)	
						ESTE	NORTE
35010020	ACACIAS	ACACIAS	ACACIAS	525	PM	1035019,00	933117,00
35035010	BASE AÉREA APIAY	RÍO OCOA	VILLAVICENCIO	400	SS	1057854,00	942302,00
35015020	IRACA GJA	CÑO CAMOA	SAN MARTIN	400	CP	1042318,00	898748,00

PG: Pluviográfica, PM: Pluviométrica, CP: Climatológica Principal, SP: Sinóptica Principal SS: Sinóptica Secundaria

Fuente: Atlas IDEAM Tomado de <http://www.ideam.gov.co/atlas/mclima.htm>, Antea Group 2015

- Duración de las series de tiempo: A las estaciones preseleccionadas en el punto anterior se adelantó un análisis de duración del periodo registrado, descartando aquellas que están suspendidas o tiene pocos registros según información suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- Se definieron las estaciones de precipitación y climatológica en la zona en análisis, teniendo en cuenta el periodo de registro, la continuidad y la localización geográfica, que permitieran detallar los regímenes climáticos de la zona en análisis. Luego se efectúa la caracterización a nivel temporal de los parámetros climatológicos de precipitaciones, temperaturas, humedad relativa, nubosidad, brillo solar, evaporación y Vientos, con base en los registros recopilados.
- Análisis de tendencias para el periodo homogéneo de datos seleccionado: De acuerdo a las series de datos entregada por el IDEAM de las estaciones seleccionadas para el área de estudio (actualizada), de las cuales se seleccionó un período de análisis homogéneo, los datos analizados en los diferentes parámetros como se relacionan en el **Anexo D.7 – Componente atmosférico** se presentan la información meteorológicos reportada por el IDEAM.
- Estimativos de datos faltantes: Frecuentemente se encuentra con que faltan datos en los registros reportados por el IDEAM, para lo cual se hace necesario completar los datos faltantes por medio de la correlación a la operación. Para ello se utilizan los datos de estaciones índices que sí tienen los datos completos y que se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud parecida a la estación en estudio. Distancia y altitud son pues los factores principales para la selección de las estaciones índice.
- Estimaciones de tendencias (medias, máximas y mínimas) y análisis: Una vez definido el periodo de estudio para cada estación se efectúa la caracterización a nivel temporal de los parámetros climatológicos de precipitaciones, temperaturas, humedad relativa, nubosidad, brillo solar, evaporación y Vientos, lo que corresponde a recalcular las tendencias medias, máximas y mínimas de cada parámetro.
- Análisis espacial de precipitación y temperatura: Con base en los registros recopilados y la caracterización temporal de la precipitación y la temperatura se elaboraron los mapas de distribución climática espacial (denominados como isoyetas e isotermas) a partir de la información analizada y mediante el empleo de herramientas de análisis espacial del software ArcGis10.0®.

Imagen 3.2-107 Localización espacial de las estaciones meteorológicas en el área de estudio



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

- En el procesamiento de la información para la precipitación de cada estación se efectuó un análisis de homogeneidad de las series del entorno empleando el método de doble masas, el cual fundamenta en la elaboración de una curva doble acumulativa para cada uno de los parámetros a estudiar versus una estación base acumulativa, climática empleando la metodología definida por el IDEAM y se presentada en el Capítulo 1, Generalidades; se resumen gráficamente el análisis, donde se evidencia la homogeneidad de la información para cada estación.

En el **Anexo D.7 – Componente atmosférico**, se encuentran las tablas de datos climatológicos de cada una de las estaciones analizadas que corresponde a registros medios mensuales multianuales reportado por el IDEAM. A continuación, se realiza una descripción a nivel regional y local y posteriormente se presenta la clasificación climática empleando la metodología definida por el IDEAM.

#### 3.2.8.1.1 *Marco general*

La atmósfera, cuyo conjunto define el estado físico del clima de un lugar dado para un período de tiempo determinado, es conocida con el nombre de elemento climático, los cuales son principalmente: la presión atmosférica, la temperatura, la humedad, la velocidad y dirección del viento, la precipitación, el brillo solar, y la nubosidad.

En cualquier localidad dada, estas variables atmosféricas se modifican cada una en grado mayor o menor de acuerdo con la zona geográfica, la topografía, la proximidad a las cordilleras montañosas, los grandes volúmenes de agua o las corrientes oceánicas, los suelos, la vegetación, el hombre y el tiempo. El clima, aun en estado relativamente estático es, por lo tanto, una entidad sumamente compleja que varía ampliamente de un lugar a otro.

Por esto el clima predominante de un área depende de factores globales, regionales y locales. Los factores globales están determinados por la circulación atmosférica generada por el calentamiento diferencial de la corteza terrestre, predominando en la región ecuatorial fenómenos como la Zona de Confluencia Intertropical y la presencia de vientos alisios y de masas de aire húmedas proveniente del Brasil (sur). Las condiciones generadas por estos eventos son periódicamente modificadas por anomalías climáticas conocidas en el continente suramericano como fenómenos de El Niño y La Niña.

El clima de Colombia se ha descrito como típicamente tropical (Snow, 1976) en el sentido de que el rango diurno de la temperatura es bastante amplio en comparación de los rangos mensuales o anuales. Las características climáticas de Colombia están determinadas fundamentalmente por la situación geográfica del país y por sus cadenas montañosas, las cuales modifican en cierto grado las condiciones atmosféricas cerca de la superficie y originan situaciones meteorológicas de carácter local. El clima de la zona de estudio depende de varios factores cuya combinación genera un tipo de distribución típica de los diferentes parámetros, que para efectos del presente estudio se caracteriza por los 35,00 km del trazado, a su paso por los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva, en el departamento del y Meta. A continuación, se presenta un resumen de los fenómenos generales que influyen en la variación espacial y temporal del clima a nivel regional en el área de estudio.

- **Zona de confluencia Intertropical (ZCIT)**

La Zona de Convergencia Intertropical, (ZCIT), es una zona de la atmósfera en la que confluyen dos masas de aire con baja presión relativa. La diferencia entre los núcleos de alta presión y la ZCIT, da origen a movimientos horizontales del aire desde los trópicos hasta el ecuador. El curso anual de la ZCIT sigue el movimiento aparente del sol.

El patrón de circulación atmosférica a gran escala que influencia el clima en la mayor parte del territorio nacional, incide particularmente en el área de influencia del proyecto y se caracteriza por la influencia de los vientos alisios, que se originan en ambos hemisferios y oscilan desde el sureste al oeste con una fuerza máxima cuyo inicio oscila entre mayo y julio y su efecto se prolonga hasta septiembre. Por su parte Lessman y Eslava (1985) citados por Eslava (1994) dan las características generales de la zona de convergencia intertropical que juega un papel importante en la determinación del clima para Colombia.

A principios de cada año la ZCIT se localiza hacia el sur del país. En esta área se presentan condiciones de elevada pluviosidad, exceptuando la Amazonía. En Colombia la ZCIT fluctúa, aproximadamente entre los 0° de latitud, posición en la que se encuentra en enero y febrero, y los 10° de latitud norte, posición extrema que se puede alcanzar en julio – agosto. El desplazamiento origina que se presente en el año, un doble máximo y doble mínimo de precipitaciones y de los demás elementos meteorológicos.

Las áreas que no están, en un periodo dado, bajo la influencia de la ZCIT, se condicionan a los efectos de masas de aire relativamente seco y estable, y presentan en términos generales, buen tiempo, seco y soleado. Por el contrario, si están bajo la influencia de la ZCIT, manifiestan el cielo con nubosidad alta o superior y se aumenta la humedad relativa con el consecuente aumento en las precipitaciones.

El efecto ocasionado sobre el comportamiento climático en Colombia hace que se identifiquen plenamente condiciones marcadas en algunas regiones como la de los llanos orientales donde prevalece un régimen pluviométrico monomodal, caracterizado por un periodo seco entre diciembre y marzo y uno lluvioso entre mayo y noviembre, con algunas épocas intermedias de menor precipitación. Tales efectos enmarcan la influencia de la ZCIT en la region objeto de interés para la caracterización del área de estudio del presente proyecto a lo largo del año.

La temperatura media del aire y la humedad relativa tienen una oscilación mucho menor que la precipitación a lo largo del año. Estos dos parámetros meteorológicos, al igual que los restantes, están influenciados por las condiciones de circulación predominantes, lo cual se observa en forma más clara en sus valores extremos. Las temperaturas máximas y mínimas absolutas suelen registrarse en las épocas de menor pluviosidad, cuando la nubosidad casi nula y la baja humedad del aire permiten una alta recepción de la radiación solar (temperaturas máximas) en la superficie durante el día, y a su vez, facilitan una mayor pérdida de calor desde el suelo – por radiación de onda larga – durante las noches, manifestando condiciones de temperatura mínimas (Boshell, 1982).}

- **Masas Húmedas del Brasil**

Por la costa este del Brasil (Sur), penetran al continente suramericano sistemas de masas de aire que, ayudados por los vientos alisios, recorren toda la selva amazónica, descargando altas cantidades de lluvia y volviéndose a cargar como producto de la evapotranspiración, debido a la gran densidad forestal de la región.

En la zona tropical se produce cierto tipo de movimiento ondulatorio a la altura del ecuador geográfico y regiones cercanas a la ZCIT. Es así como en el territorio colombiano, por la región noreste, penetran sistemas provenientes de la zona de mayor actividad de la ZCIT situada sobre el Océano Atlántico. Este es un fenómeno de la parte media de la troposfera que repercute en el comportamiento climático de la región en donde se encuentra, produciendo nubosidad de carácter local, precipitaciones y cambios en la presión, la temperatura y dirección del viento.

- **Fenómenos de El Niño y la Niña (Ciclos Enos)**

El fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (Enos) es un patrón climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del Pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. Este calentamiento de la superficie del océano cubre grandes extensiones, y por su magnitud afecta el clima en diferentes regiones del planeta, entre ellas, el norte de Sudamérica, donde está situado el territorio colombiano.

En períodos que van de tres (3) a siete años (7), las aguas superficiales de una gran franja del Océano Pacífico tropical, se calientan o enfrían entre 1°C y 3°C, en comparación a la normal. Este calentamiento oscilante y el patrón de enfriamiento, es conocido como el ciclo ENOS (o ENSO por sus siglas en Inglés), afectando directamente a la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales y puede tener una fuerte influencia sobre el clima en los otras partes del mundo. El Niño y La Niña son las fases extremas del ciclo ENOS; entre estas dos fases existe una tercera fase llamada Neutral. La fase cálida de El Niño suele durar aproximadamente entre 8-10 meses. El ciclo ENOS entero dura generalmente entre tres (3) y siete (7) años, y con frecuencia incluye una fase fría (La Niña) que puede ser igualmente fuerte, así como algunos años que no son anormalmente fríos ni cálidos. Sin embargo, el ciclo no es una oscilación regular como el cambio de estaciones, pudiendo ser muy variable en tanto en la intensidad como en su duración.

El Niño es el término originalmente usado para describir la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas que lo normal en el Pacífico tropical. En términos generales, se ha podido identificar que cuando se presenta el fenómeno, hay déficit en los volúmenes de precipitación en las regiones Andina, Caribe y norte de la Pacífica; no obstante, estas deficiencias son más notables en algunas áreas. En contraste con la situación anterior, generalmente durante ocurrencias de El Niño, las lluvias son más abundantes de lo tradicional en el sur de la Región Pacífica colombiana, en la vertiente oriental de la Cordillera Oriental y en algunos sectores de la Amazonía.



### 3.2.8.1.2 Aspectos climatológicos del área de estudio

La caracterización regional del área de influencia indirecta, para el que se presenta el estudio enmarca la región biogeográfica de la Orinoquia, cuya descripción general se presenta a continuación

- **Temperatura**

Generalmente, los tres parámetros que describen el régimen de la temperatura en un determinado lugar son la temperatura media, la máxima media y la mínima media, a nivel medio mensual multianual. En una estación climatológica, diariamente se realizan observaciones trihorarias de la temperatura del aire y se miden o registran las temperaturas máximas (que tiene lugar entre las 12 m y las 15 horas) y la mínima (que generalmente se presenta en las horas de la noche o de la madrugada) (**Imagen 3.2-108** e **Imagen 3.2-109**).

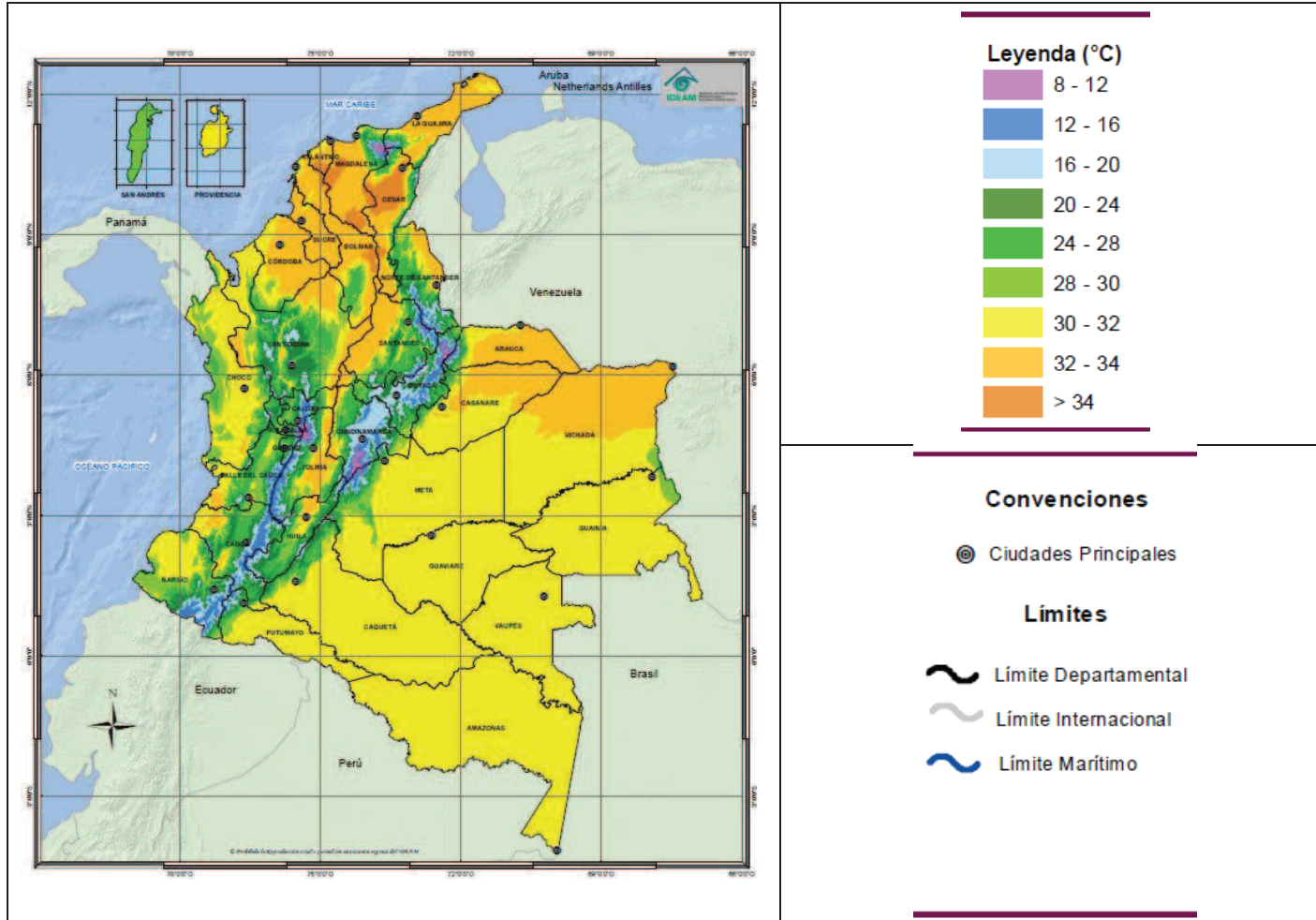
- **Distribución espacial de la temperatura media**

Para la región de la Orinoquia las temperaturas medias más altas se observan hacia el extremo norte y la parte nororiental de la Orinoquia, en sectores de los departamentos de Arauca, Casanare y Vichada, en donde los valores medios registrados oscilan alrededor de los 28° C. En el resto de la llanura orinoquense, los valores medios están entre 25 y un poco más de 26° C.

- **Distribución espacial de la temperatura máxima media**

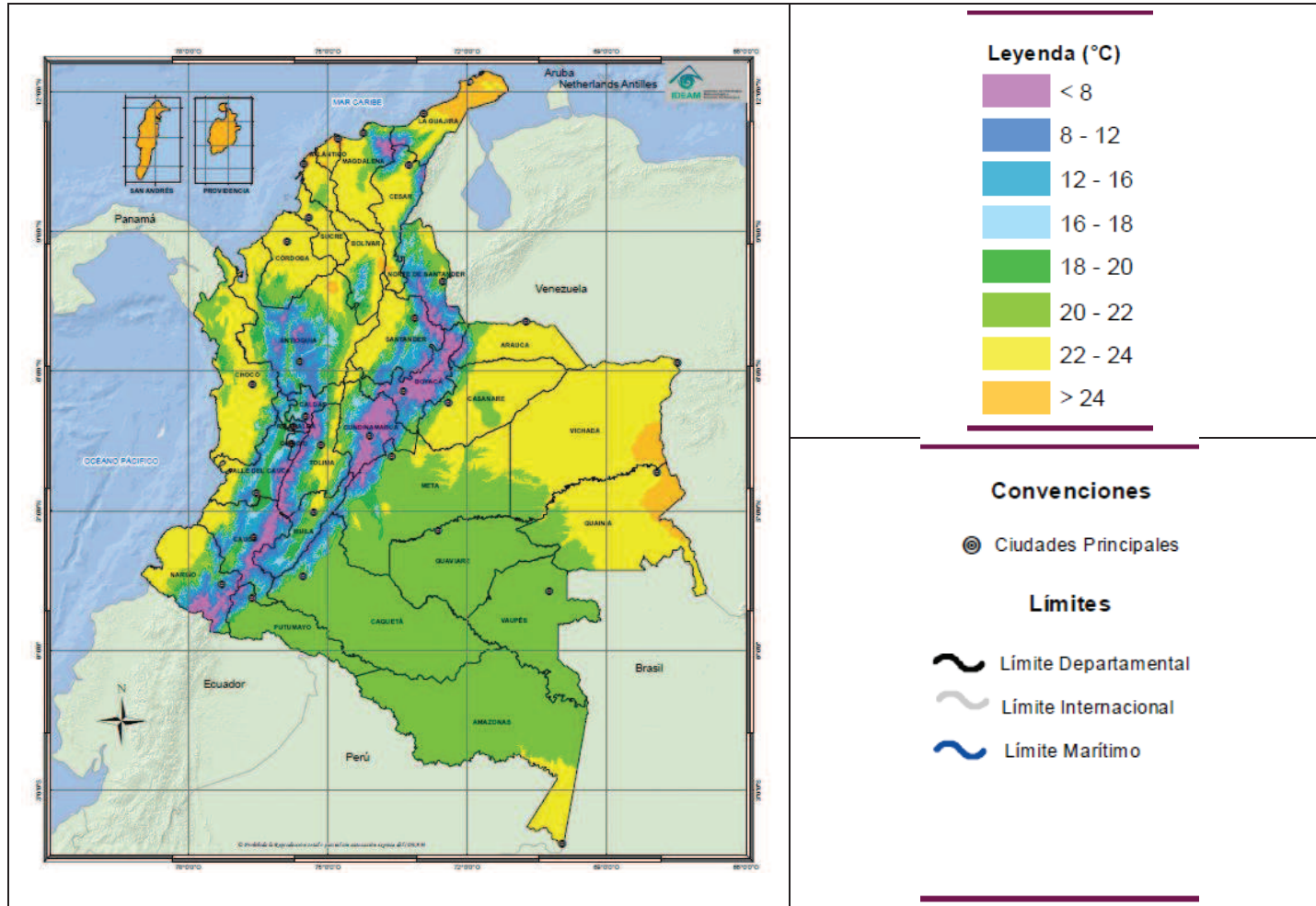
En la mayor parte de la Orinoquia se registran temperaturas máximas medias entre 30 y 32°C. Los mayores valores se presentan hacia el extremo nororiental de Vichada y al norte de Arauca, en donde se superan los 32° C. En la Amazonia, la temperatura máxima media es muy uniforme y registra valores en el rango 30- 32°C.

Imagen 3.2-108 Distribución de la temperatura máxima media anual (°C) – promedio anual 1981 – 2010



Fuente. <http://atlas.ideam.gov.co/cclimatologicas/info/tmaxmedmen.html>

Imagen 3.2-109 Distribución de la temperatura mínima media anual (°C) – promedio anual 1981 – 2010



Fuente. <http://atlas.ideam.gov.co/climatologicas/info/tminmedmen.html>

## - **Distribucion espacial de la temperatura minima media**

Sobre las llanuras de la Orinoquia la temperatura mínima media varía entre los 22 y 24° C. En la proximidad de la cordillera, generalmente es más baja y al fondo de las planicies adquiere paulatinamente mayor valor. En la Amazonia, la temperatura mínima media es ligeramente más baja, debido a las altas precipitaciones y evaporaciones características de la región.

### • **Precipitación**

El término precipitación se emplea para designar una caída de partículas de agua líquida o sólida que se originan en una nube, atraviesan la atmósfera, y llegan al suelo. La cantidad de precipitación es el volumen de agua lluvia que pasa a través de una superficie en un tiempo determinado.

## - **Distribución espacio – temporal de la precipitación**

Colombia es uno de los países con mayor diversidad pluviométrica en el mundo debido, principalmente, a su localización geográfica, en la cual coinciden varios elementos meteorológicos de macro y mesosescala, entre los cuales cabe destacar:

- Ondas del Este
- Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT)
- Vaguadas y colas de frentes extratropicales • Anticiclones de latitudes medias y
- Bajas presiones cuasipermanentes en la costa Pacífica y en la Amazonia

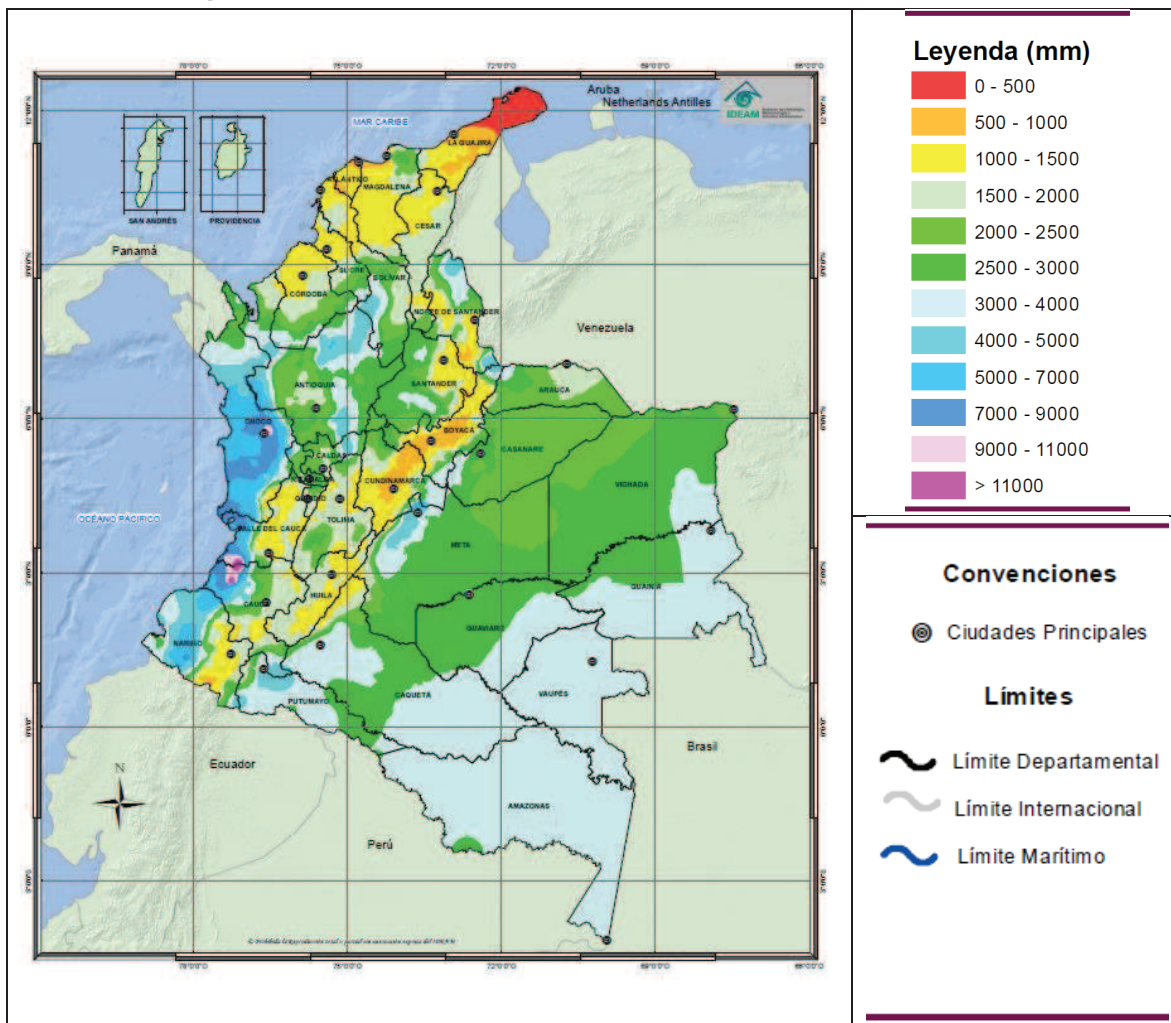
Además de estos factores existen procesos de escala interanual tales como los eventos ENSO (El Niño-Oscilación del Sur), los cuales tienen una frecuencia de entre 3 y 7 años y modifican significativamente el régimen de lluvias en la mayor parte del país. Generalmente el fenómeno de El Niño, ocasiona disminución de las lluvias y aumento de temperaturas, especialmente en las regiones Andina y Caribe, mientras que el fenómeno de La Niña, ocasiona aumento de lluvias y disminución de temperaturas en gran parte del país.

En la mayor parte de la región de la Orinoquia, las lluvias presentan una gran variabilidad espacial. Al extremo norte, en Arauca y norte del Vichada, se registran cantidades de entre 1.500 a 2.000 mm anuales. Por el contrario, a lo largo del piedemonte de la cordillera oriental, el fuerte efecto orográfico origina los mayores volúmenes de la región, entre 4.000 y 6.000 mm anuales. Sobre la parte plana, hacia el centro de la región, las cantidades de precipitación oscilan entre 2.500 y 3.000 mm por año, ocasionadas mayormente por la fuerte convección diurna.

La distribución de la lluvia durante el año es del tipo monomodal y se caracteriza por presentar una alta estacionalidad. Los meses de diciembre a marzo, generalmente registran una intensa sequía estacional. Desde la tercera década de marzo hasta noviembre, las lluvias son generalizadas con altos volúmenes e intensidades, especialmente en el trimestre mayo-junio-julio. También es posible apreciar un incremento de las lluvias en octubre, hacia

el piedemonte y el centro de la región. En algunos sectores de la parte occidental y en el piedemonte, se registra una débil disminución de las cantidades precipitadas a finales de agosto, situación que, ocasionalmente, es aprovechada por los agricultores para realizar labores de campo (Imagen 3.2-110).

**Imagen 3.2-110 Precipitación media total anual – promedio anual 1981 – 2010**



Fuente. <http://atlas.ideam.gov.co/cclimatologicas/info/lluviamen.html>

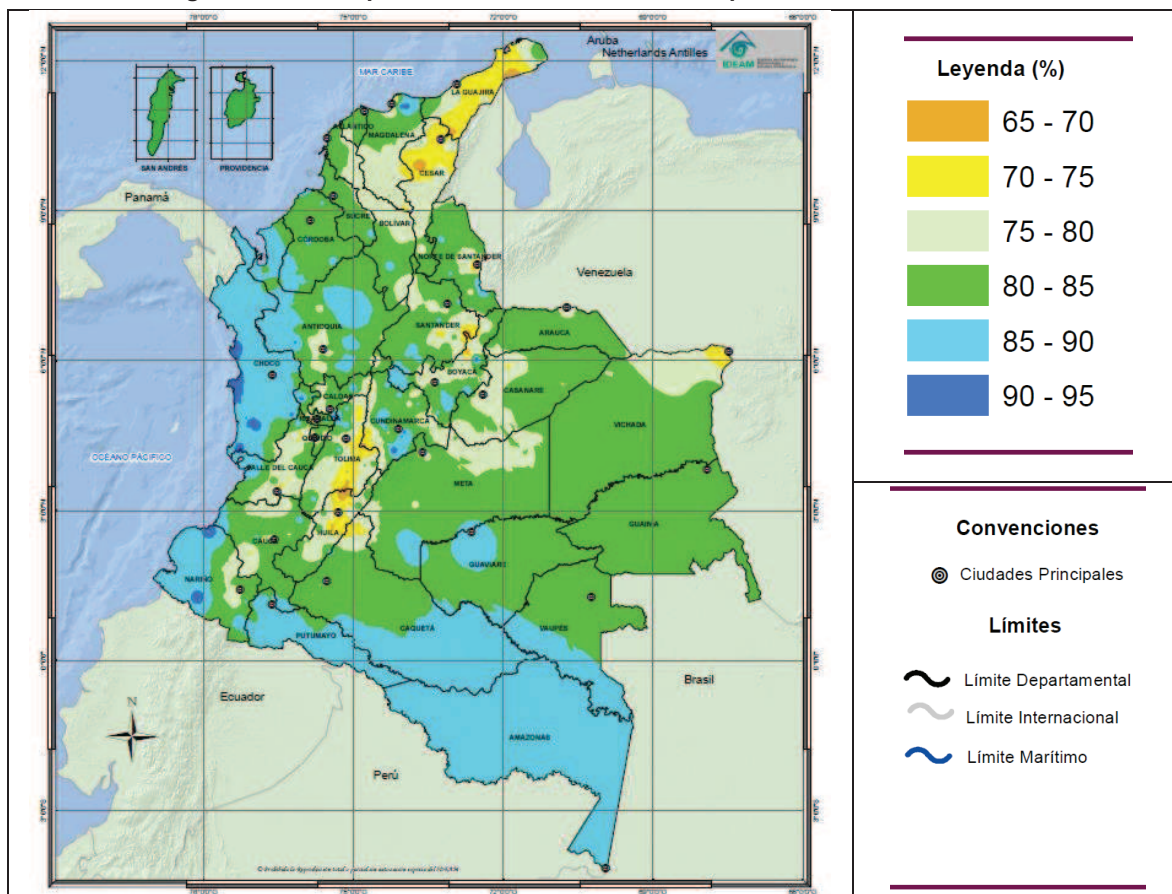
- **Humedad relativa**

La Humedad Relativa, es la relación porcentual entre la masa de vapor contenida actualmente en un volumen de aire y la que tendría el mismo volumen si estuviese saturado a la misma temperatura. Se expresa en porcentaje (%) y varía entre 0 y 100%.

- **Distribución temporal de la humedad relativa**

En la región de la Orinoquia, la marcha anual de la humedad es de tipo monomodal. Los menores valores medios están en el rango de 60 a 65 % y se registran en los meses de enero a marzo, coincidentes con la prolongada sequía estacional de la región. Luego se registra un pronunciado ascenso en los meses de abril y mayo hasta llegar a los valores máximos anuales durante los meses de junio y julio. A partir de agosto comienza un lento descenso hasta el mes de diciembre, en el cual ocurre la transición a valores bajos (Imagen 3.2-111).

**Imagen 3.2-111 Mapa de humedad relativa anual – promedio anual 1981 – 2010**



Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/cclimatologicas/info/humrel.html>

• **Velocidad del viento**

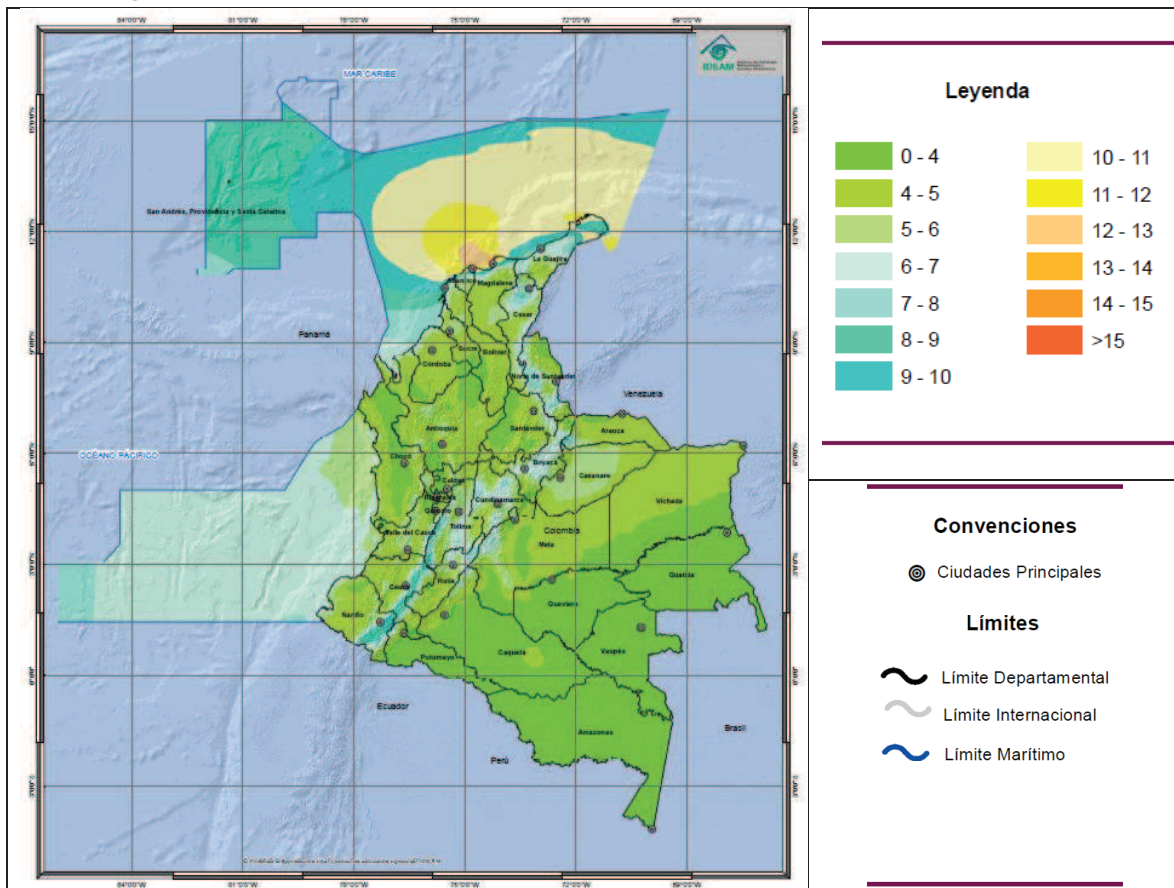
La velocidad del viento es la distancia que recorre una partícula de aire en la unidad de tiempo. - Se expresa en metros por segundo (m/s), kilómetros por hora (Km/h) o Nudos.

- **Distribución espacial**

Colombia está localizada en la franja tropical y es dominada por los vientos alisios, tanto del noreste como del sureste. Estos vientos se caracterizan por su estabilidad y por ser en general débiles.

Las zonas de mayores vientos se localizan al extremo norte de Colombia, en la región de la Alta Guajira, en donde se alcanzan velocidades medias de 6 m/s e incluso mayores. Otros núcleos importantes se localizan sobre el litoral Caribe en el departamento del Atlántico, al norte y sur del departamento del Cesar, en las planicies de Casanare y norte del Meta, y en sectores aislados de Boyacá, Urabá, norte de Tolima y montaña nariñense. En estos sitios la velocidad media anual oscila entre 3 y 4 m/s. En el resto del país la velocidad media anual del viento no supera los 2 m/s. Esto no significa que, en determinados periodos del año, los vientos no alcancen temporalmente magnitudes significativas (**Imagen 3.2-112**).

**Imagen 3.2-112 Velocidad promedio del viento a 10 metros de altura (m/s) – Anual (2015)**



Fuente. <http://atlas.ideam.gov.co/cclimatologicas/info/velvientomen.html>.

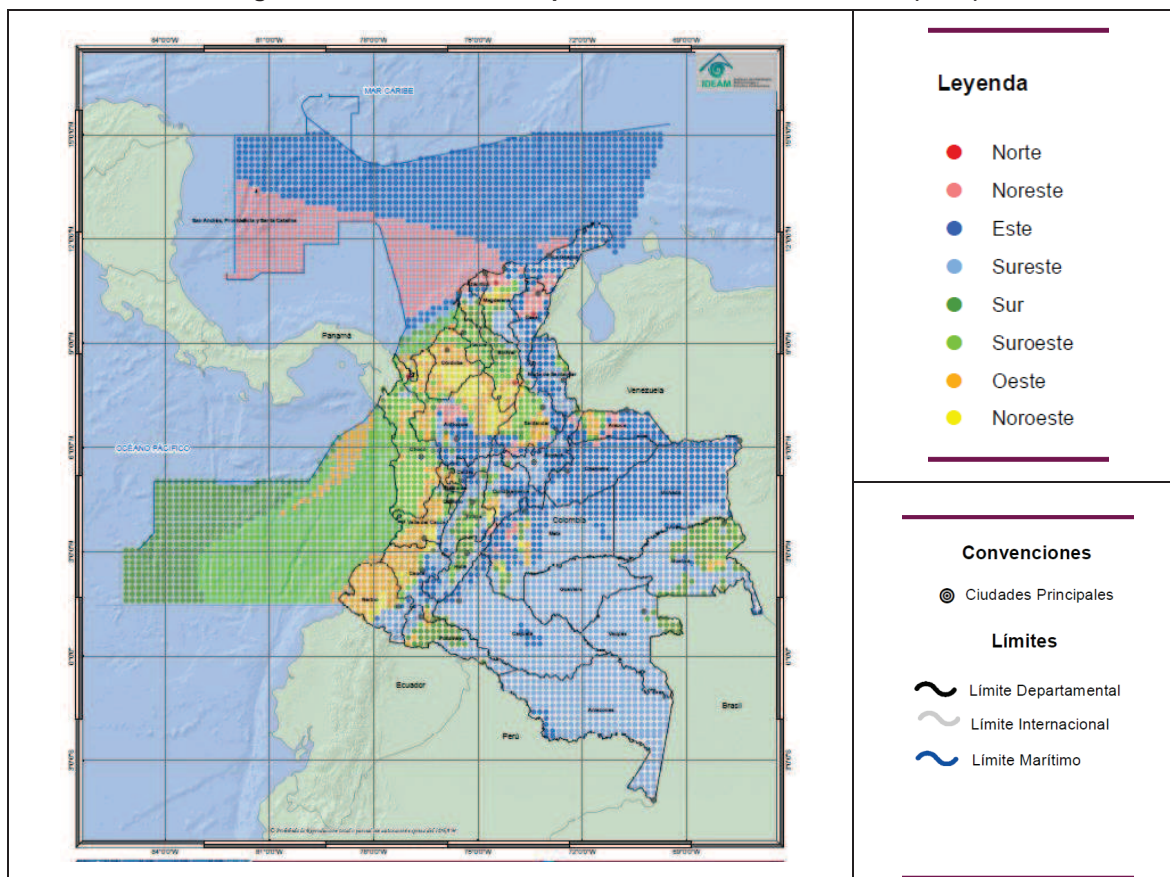
## - Distribución temporal

La velocidad del viento en la Orinoquia muestra un comportamiento monomodal, con un máximo destacado en los meses de diciembre a marzo y una larga temporada de vientos débiles que se extiende de mayo a octubre. En la época de máximos, el viento medio mensual oscila entre 2 y 3 m/s, aunque en sectores de las planicies de Casanare y Meta, puede superar los 4 m/s.

## • Dirección del viento

Debido a su posición dentro de la franja tropical, Colombia está bajo la influencia de los vientos alisios, los cuales soplan del noreste en el hemisferio norte y del sureste en el hemisferio sur. La dirección de los vientos en superficie en general muestra una estructura relativamente homogénea en las zonas planas de las regiones Caribe, Pacífica y oriente del país, acorde con el comportamiento de los alisios. Sin embargo, la situación es mucho más compleja en la región Andina, en donde los vientos están influenciados por las condiciones locales y generalmente prevalecen circulaciones valle-montaña. (Imagen 3.2-113).

**Imagen 3.2-113 Dirección de procedencia del viento – Anual (2015)**



Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/cclimatologicas/info/dirvientomen.html>.



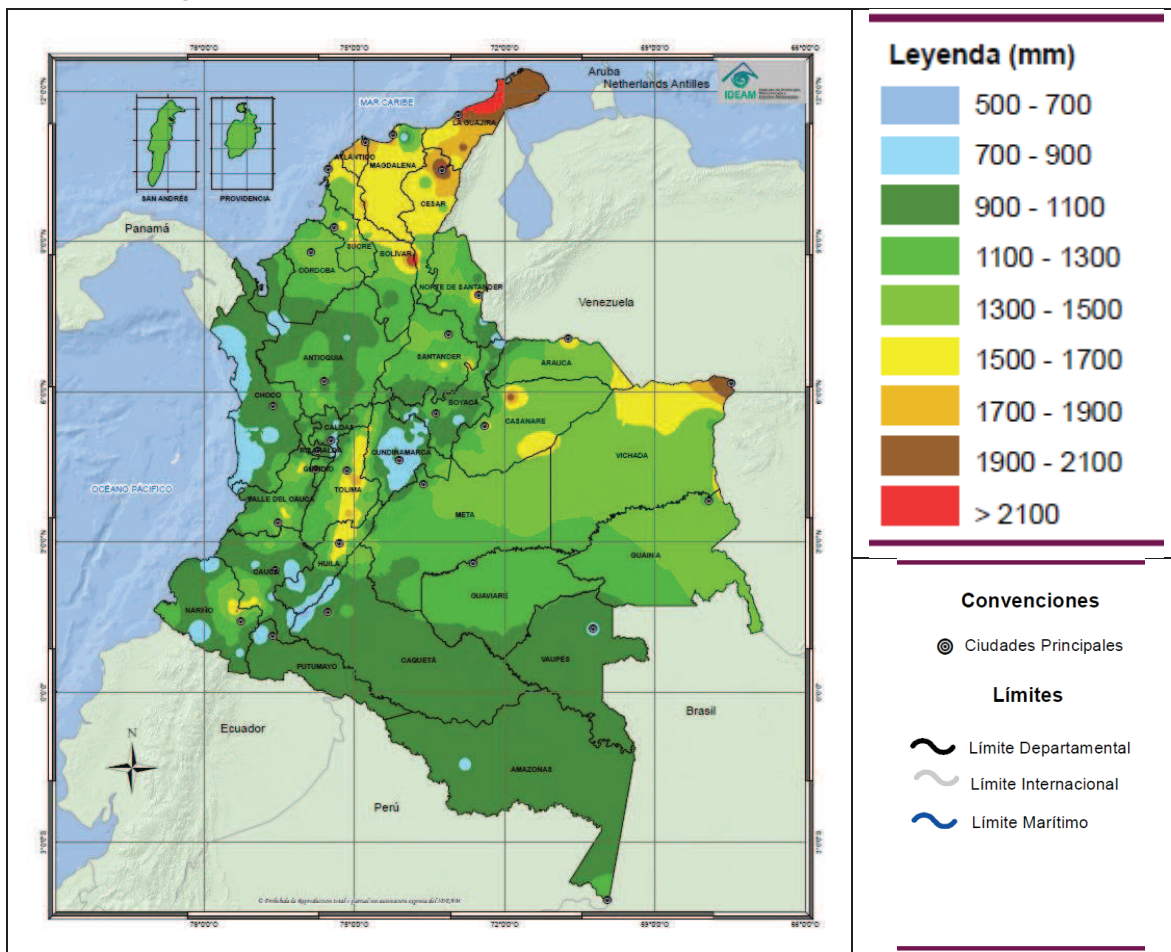
- **Rosa de los vientos**

En la Orinoquia, la componente dominante es del Este (Apto. Arauca y Apto Puerto Carreño), pero en dependencia de la época del año, puede llegar a ser del Noreste (NE) o del Sureste (SE).

• **Evaporación**

En meteorología, se entiende por evaporación a la emisión de vapor desde una superficie líquida de agua libre, a temperatura inferior al punto de ebullición. El instrumento utilizado para medir la cantidad de agua evaporada es el tanque de evaporación (TEV). La diferencia del nivel del tanque en dos lecturas sucesivas, es la cantidad de evaporación, expresada en milímetros de agua evaporada (mm). En el caso de que se presenten precipitaciones, el total de lluvia se suma a la diferencia de tales lecturas, obteniéndose así el total de agua evaporada en ese período. En las estaciones climatológicas, se mide el nivel del tanque todos los días a las 07 horas. (Imagen 3.2-114).

**Imagen 3.2-114 Mapa de evaporación total anual – promedio anual (1981 - 2010)**



Fuente. <http://atlas.ideam.gov.co/cclimatologicas/info/evapmen.html>

#### - **Distribución espacial de la evaporación**

La distribución de la evaporación total media anual en Colombia presenta cuatro zonas con evaporaciones especialmente significativas, a saber:

- Norte y centro de la región Caribe (La Guajira, Atlántico, Magdalena y norte de Cesar).
- Valle del alto Magdalena (Tolima y norte de Huila).
- Valle del Patía.
- Norte y noroccidente de la Orinoquia (sectores de Vichada, Arauca y Casanare).

En estas zonas, la evaporación anual supera los 1500 mm y puede alcanzar más de 2000 en sectores de La Guajira. Las menores cantidades de evaporación se presentan a lo largo del litoral pacífico y en la alta montaña, especialmente en lugares localizados en niveles superiores a 2000 msnm. En estas regiones, la evaporación no supera los 700 mm anuales. En buena parte del resto del país, los volúmenes de evaporación predominantes oscilan entre 900 y 1100 mm al año.

#### - **Distribución temporal**

En la Orinoquia, existe una estacionalidad muy marcada especialmente en las áreas planas, con registros máximos significativos, de alrededor de 6 mm diarios, en los tres primeros meses del año y mínimos en junio y julio, meses en los cuales se registran 3 mm diarios, en promedio

##### 3.2.8.1.3 *Análisis climatológico*

A continuación, se presenta el análisis multianual de cada una de las variables (temperatura, precipitación, presión atmosférica, humedad relativa, brillo solar, nubosidad, evaporación, velocidad y dirección del viento, estabilidad atmosférica y altura de capa de mezcla), que definen la climatología en el área de influencia del proyecto.

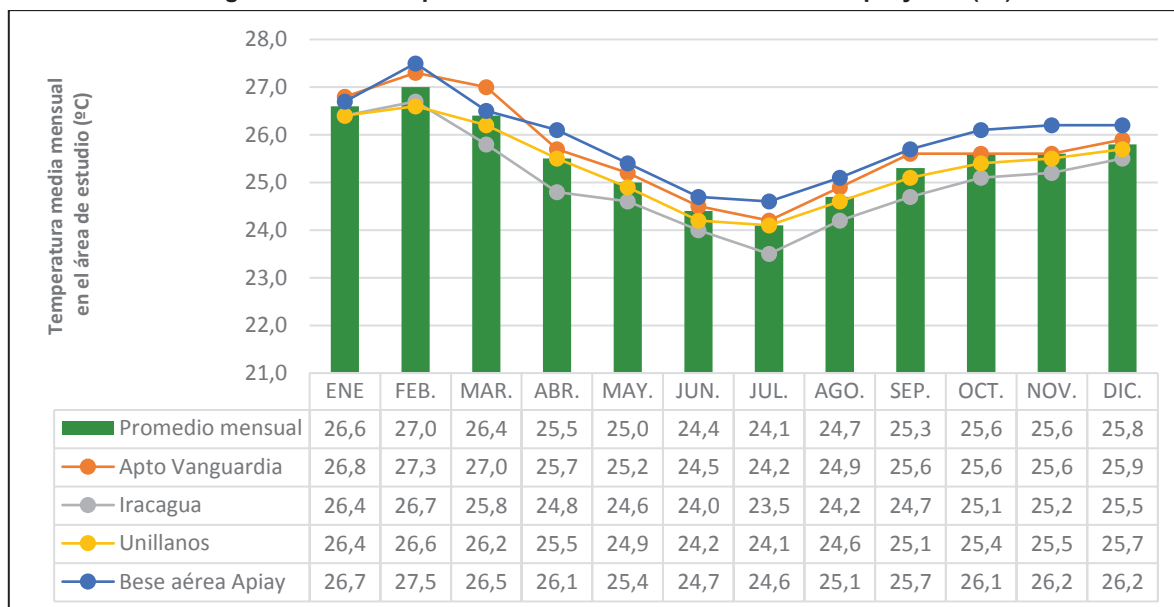
- **Temperatura**

#### - **Análisis temporal**

La temperatura es un parámetro fundamental para el análisis climatológico de la zona de estudio, ya que este se encuentra directamente relacionado con los procesos de evapotranspiración, de crecimiento y formación de las especies vegetales. “La temperatura es una magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico. En particular, el término temperatura del aire, hace referencia a la medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de ceder calor a su alrededor. Las temperaturas observadas en el curso de un intervalo de tiempo determinado (hora, día, mes, año, década, etc.) se denomina temperatura media, en tanto que los valores más altos (máximos) y más bajos (mínimos) presentados en el transcurso de tal intervalo, se conocen como temperaturas extremas”.

En la **Imagen 3.2-115** se presentan los valores medios mensuales multianuales de temperatura registrados en cada una de las estaciones seleccionadas para el análisis climático del área de estudio.

**Imagen 3.2-115 Temperatura media mensual en el área del proyecto (°C)**



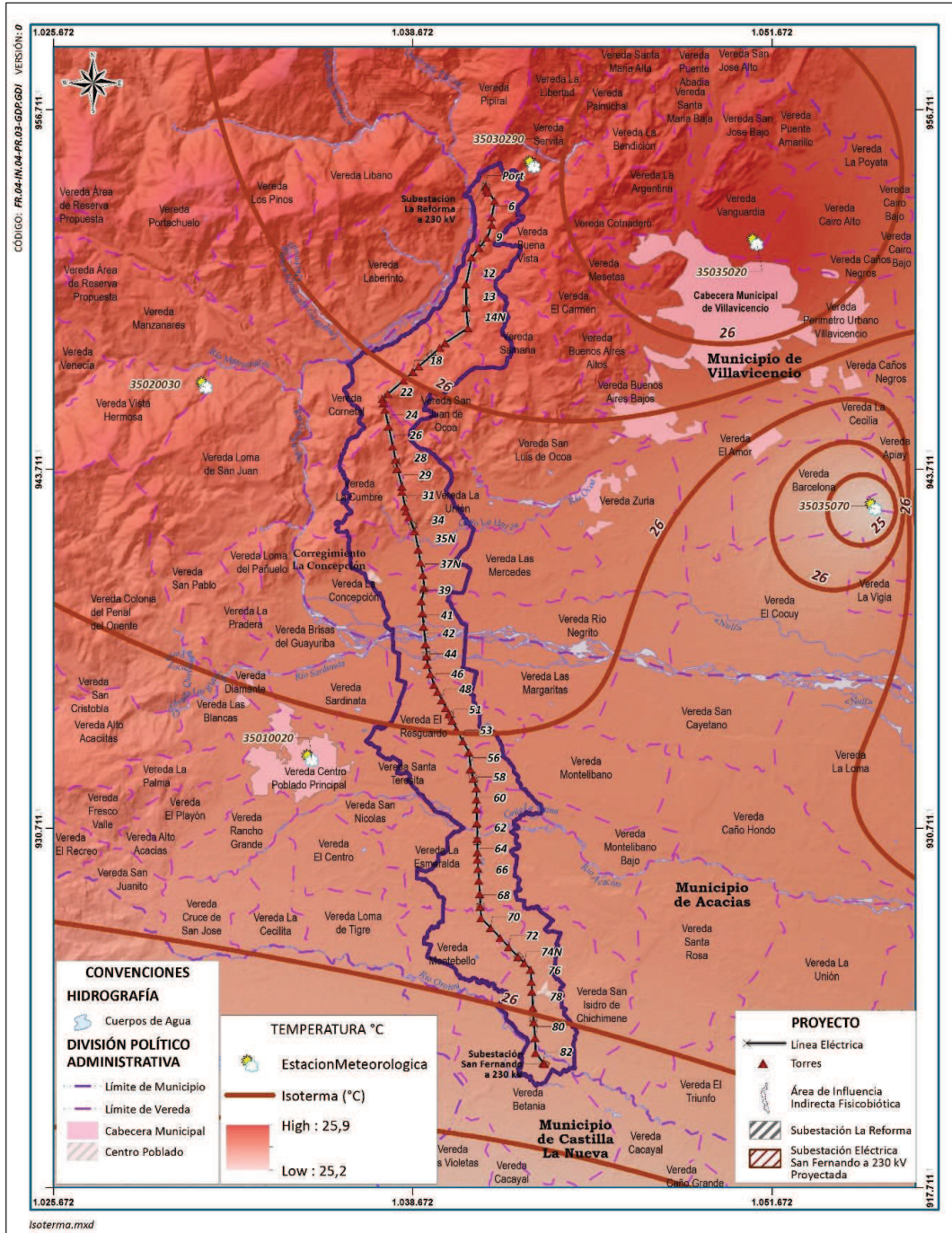
Fuente. IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

La temperatura del área de estudio presenta un comportamiento monomodal, la temperatura media anual registrada por las estaciones tienen un comportamiento similar a lo largo del año, coincidiendo con los meses de altas precipitaciones, donde en los primeros meses del año se registran los mayores valores de temperatura mensual, para los meses de enero, febrero y marzo, mientras que las menores temperaturas mensuales se registran en el mes junio reportando un valor de 24.1 °C en promedio de las estaciones analizadas, el valor promedio es de 25 °C y la temperatura máxima se presenta en el mes de febrero con un registro de 27.5 °C.

#### - Análisis espacial

La distribución espacial de las Isotermas del proyecto se generó mediante las temperaturas medias anuales de las estaciones analizadas donde se pudo obtener un coeficiente de correlación apropiada, dando como resultado una predominancia de temperatura en el área de estudio en un rango de 25,5 °C a 25,7 °C como se presenta en la **Imagen 3.2-116**.

Imagen 3.2-116 Isotermas en la zona de estudio



Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

- **Presión atmosférica**

El peso del aire de la atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. Esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud a razón, en las capas atmosféricas más bajas, de un (1) mm Hg cada 10 metros (ó un (1) mb ó hPa cada ocho (8) m. Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar. Este ajuste es conocido como presión barométrica, es decir, la presión barométrica es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión atmosférica, además de la altitud, depende de muchas otras variables como la situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas. Debido a la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar hace de ésta una variable fundamental que varía significativamente en latitudes medias y altas. En los trópicos la variación es menos notoria, dependiendo más de la altitud<sup>69</sup>.

En la zona no se cuentan con mediciones de la presión atmosférica para las estaciones hidrometeorológicas seleccionadas, por lo que se ha estimado el valor de esta a manera general, a partir de la ecuación barométrica, que relaciona el cambio de presión con la altitud partiendo de la presión atmosférica a nivel del mar:

$$P = P_0 e^{\left(-\frac{z}{H}\right)}$$

Dónde:

P = Presión atmosférica a una altitud z (msnm).

P<sub>0</sub> = Presión atmosférica a nivel del mar (101.325 Pa).

Z = Altitud del lugar (m)

H = Altura potencial, 7626 m.

Ahora bien, considerando la altitud de todas las estaciones en el área próxima donde se localiza el proyecto, la presión atmosférica promedio en la zona donde se localiza el proyecto se encuentra entre 86,57 Pa y 96,91 Pa (**Tabla 3.2-155**). En la **Imagen 3.2-117**, se puede evidenciar el comportamiento de la presión atmosférica en función de la altitud siendo variables inversamente proporcionales. Debido a que ninguna estación registra este parámetro no es posible determinar la variación mensual para esta variable climatológica.

---

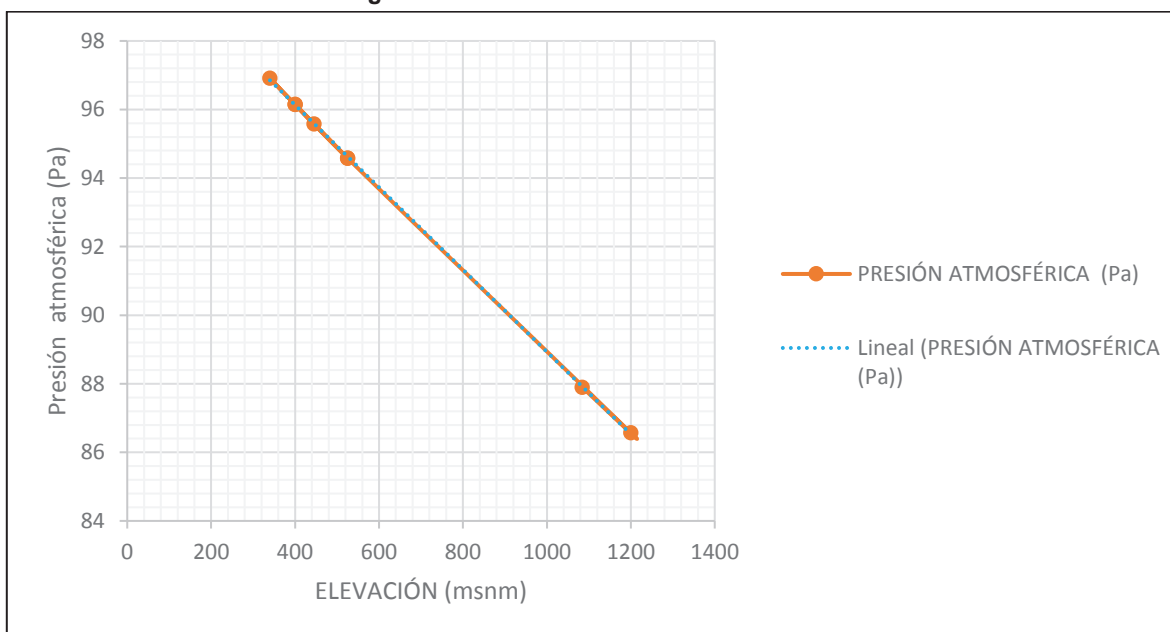
<sup>69</sup> Tomado de: Informe anual de calidad de aire de Bogotá, 2011. Secretaría Distrital de Ambiente.

Tabla 3.2-155 Presión atmosférica (Pa)

ESTACIÓN	CÓDIGO	CATEGORÍA	ELEVACIÓN	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (Pa)	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (mmHg)
SERVITA	35030290	PG	1084	87.90	0.659
MANZANARES	35020030	PM	1200	86.57	0.649
GUAMAL	35010070	PM	525	94.58	0.709
UNILLANOS	35035070	CP	340	96.91	0.727
APTO VANGUARDIA	35035020	SP	445	95.58	0.717
ACACÍAS	35010020	PM	525	94.58	0.709
BASE AÉREA APIAY	35035010	SS	400	96.15	0.721
IRACA GJA	35015020	CP	400	96.15	0.721

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-117 Presión atmosférica VS Altitud



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

- **Precipitación: media mensual multianual**

La precipitación, es en general, el término que se refiere a todas las formas de humedad emanada de la atmósfera y depositada en la superficie terrestre, tales como lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada. Este es uno de los parámetros de clima más definitivo, debido a que es el controlador principal del ciclo hidrológico, así como de la naturaleza del paisaje y del uso del suelo.

### - Análisis temporal

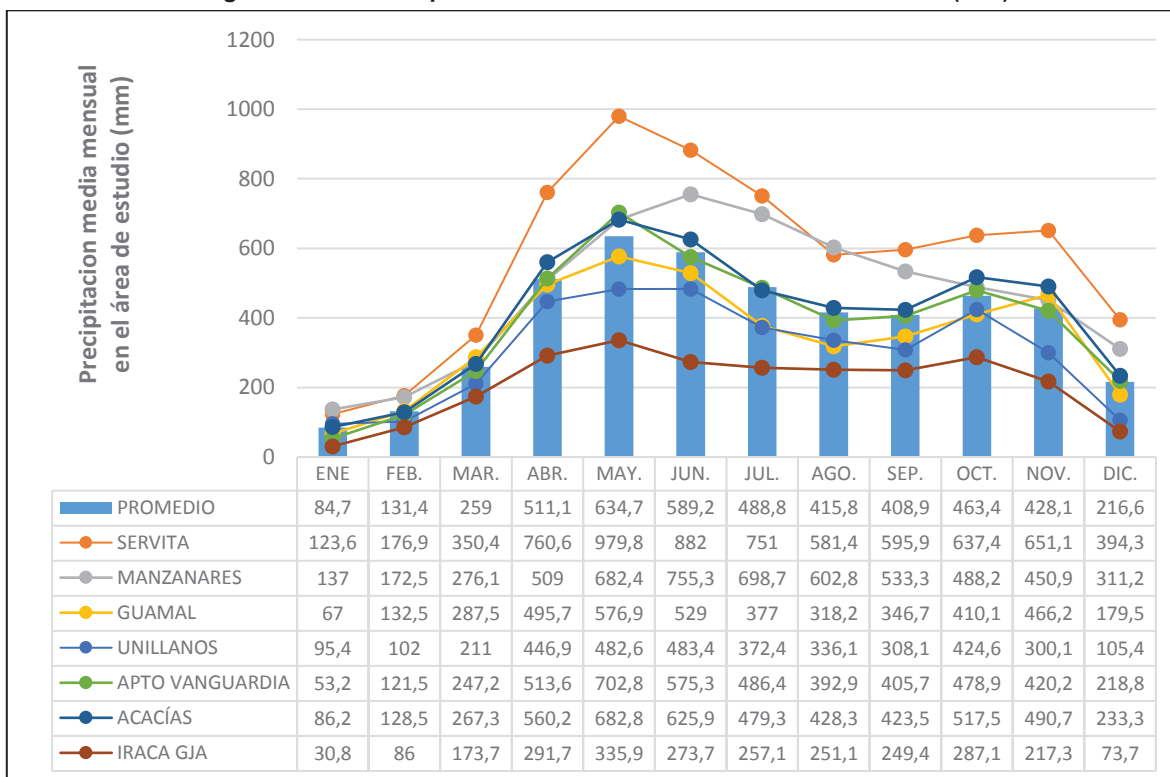
Para el análisis de la información de precipitación se utilizó la información climatológica de siete (7) estaciones, que se encuentran distribuidos en las inmediaciones del área de estudio, los resultados de esta distribución se ilustran en la Imagen en ellas se observa que este parámetro posee una distribución a lo largo del año monomodal, con un periodo seco los cuales están definidos en los meses de diciembre a marzo y un periodo lluvioso entre abril a noviembre. **Imagen 3.2-119.**

El promedio de la precipitación máxima total anual de las estaciones utilizadas es de 4631,5 mm/año; la estación que registra las mayores precipitaciones medias mensuales multianuales es Servita con 6,884 mm la cual se encuentra localizada a una altura de 1084 m.s.n.m y la estación Iraca presenta las menores precipitaciones totales anuales con 2527,3 mm, localizada a 450 m.s.n.m.

### - Análisis espacial

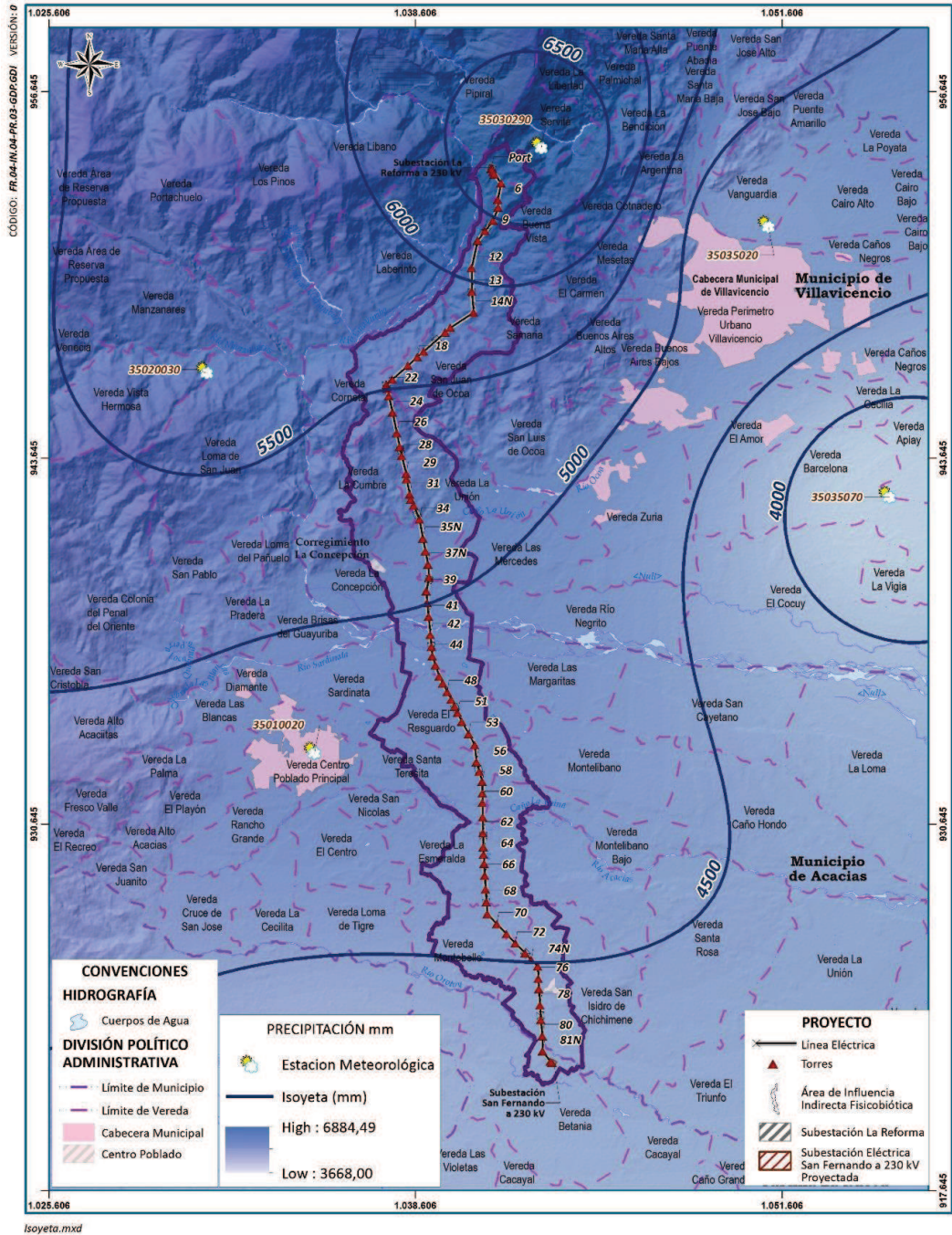
En la **Imagen 3.2-118** se presentan las isoyetas generadas en la zona de estudio a partir de la información pluviométrica de las estaciones analizadas. En donde se observa que los mayores valores de precipitación se observan al norte del proyecto y disminuye hacia la parte sur del área de estudio.

**Imagen 3.2-118 Precipitación media mensual en el área de estudio (mm)**



Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-119 Isoyetas en el área del proyecto



Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.



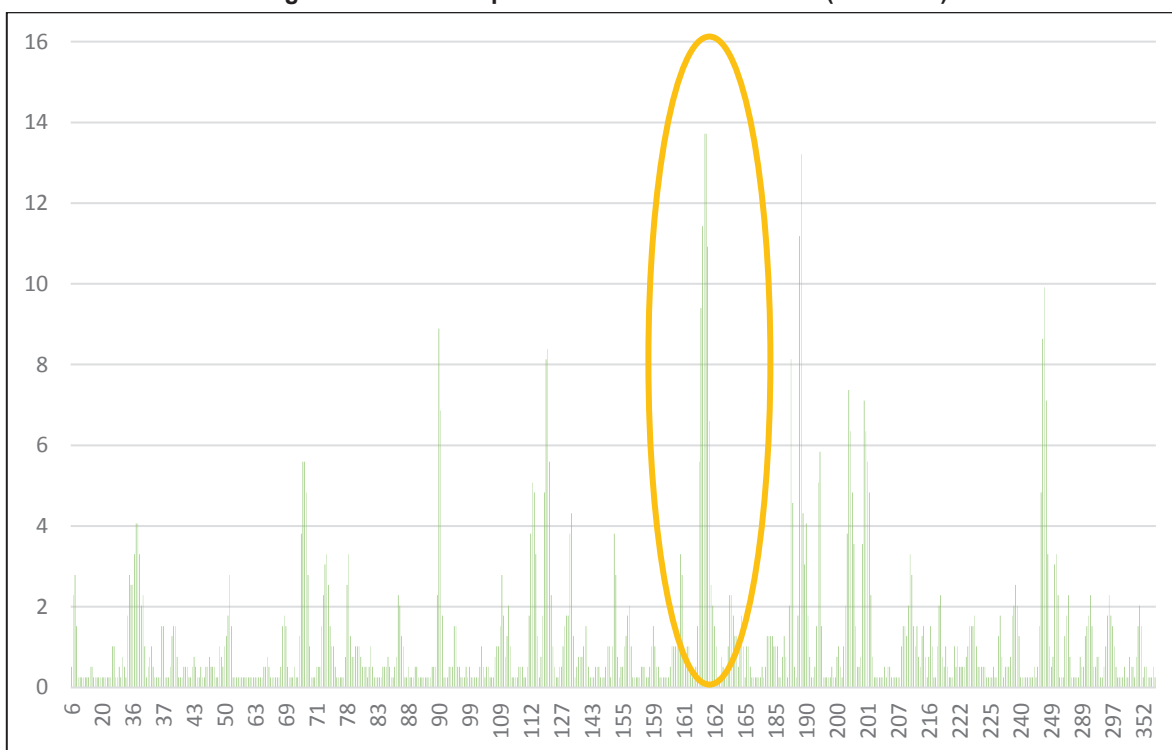
- **Precipitación máxima en 24 horas, número de días de lluvia**

En la **Imagen 3.2-120**, se muestran los resultados de la precipitación máxima en 24 horas, para poder obtener esta grafica se utilizó el software de modelación (interfase AERMET), al contar con información meteorológica con resolución temporal horaria procedente del modelo meteorológico de mesoescala MM5; se evaluó inicialmente el comportamiento de la precipitación durante 5 años (2010 -2014), lo cual corresponde a 1825 días, obteniendo como resultado que la precipitación máxima en 24 horas se presentó en el año 2012 en el día 162 el cual corresponde en el calendario al 10 junio del 2012 con una precipitación total de 78.74 mm/día.

De igual forma al ser el año 2012 el cual registro una mayor precipitación en 24 horas se contabilizo el número de días que registraron lluvias en el año; obteniendo como resultado que en 117 días se reportan precipitaciones para este año.

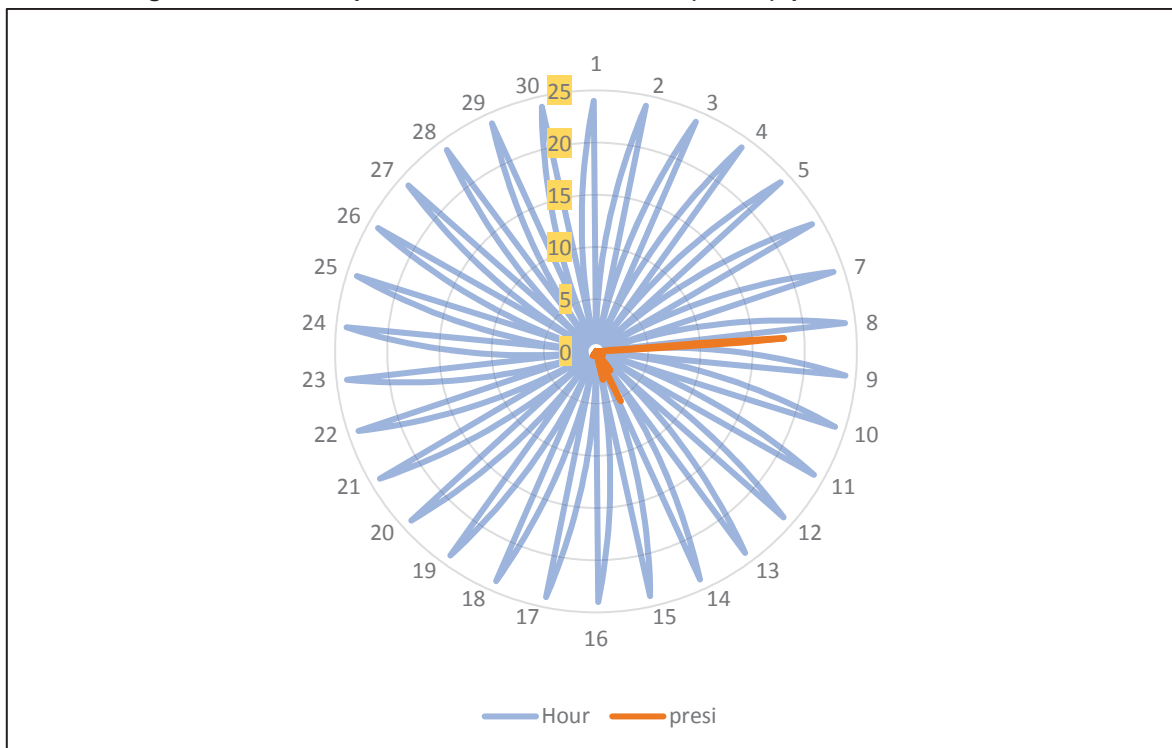
Adicionalmente se buscó en los 5 años de análisis el día que reporta la mayor precipitación en una hora y esta corresponde al 8 de noviembre del 2014 con una precipitación de 18.03 mm/hora

**Imagen 3.2-120 Precipitación máxima en 24 horas (Año 2012)**



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-121 Precipitación máxima en 24 horas (mm/hr), para el mes de noviembre



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

- **Humedad relativa: media, máxima y mínima mensual**

La humedad relativa es la cantidad de vapor de agua contenida en el aire, se trata de un parámetro climatológico de primera magnitud muy relacionado, a través de diversos mecanismos físicos, con la nubosidad, la precipitación y la visibilidad y de forma muy especial con la temperatura. La cantidad de agua en forma de vapor que puede encontrarse en la atmósfera es función directa de la temperatura.

La relación humedad relativa y temperatura es inversa: cuando la temperatura aumenta, la capacidad del aire para retener vapor de agua aumenta y la humedad relativa disminuye, mientras que cuando la temperatura disminuye, la capacidad de retención decrece y la humedad relativa aumenta; adicionalmente la relación humedad relativa y precipitación es directa, dado que en los meses de mayores precipitaciones se presentan las mayores humedades relativas dependiendo del régimen pluviométrico de la zona.

Con la finalidad de identificar la media , máxima y mínima diaria de humedad relativa, se utilizó el software de modelación (interfase AERMET), al contar con información meteorológica con resolución temporal horaria procedente del modelo meteorológico de mesoescala MM5; con la finalidad de evaluar el comportamiento de la precipitación durante 5 años (2010 -2014), lo cual corresponde a 1825 días, obteniendo como resultado que la humedad relativa máxima en 24 horas se presentó en el año 2010 (mayo 13 y julio 18) registrando un porcentaje de saturación de la atmosfera del 90%.

Dentro del rango de datos analizados se identificó que el porcentaje de saturación de la atmosfera menor en un periodo de tiempo de 24 horas corresponde al 47% en los días que se muestran en la **Tabla 3.2-156**, siendo el octubre 8 del 2013, el que registra el menos valor dentro de este porcentaje. La media diaria para los cinco años analizados es de 64,26%.

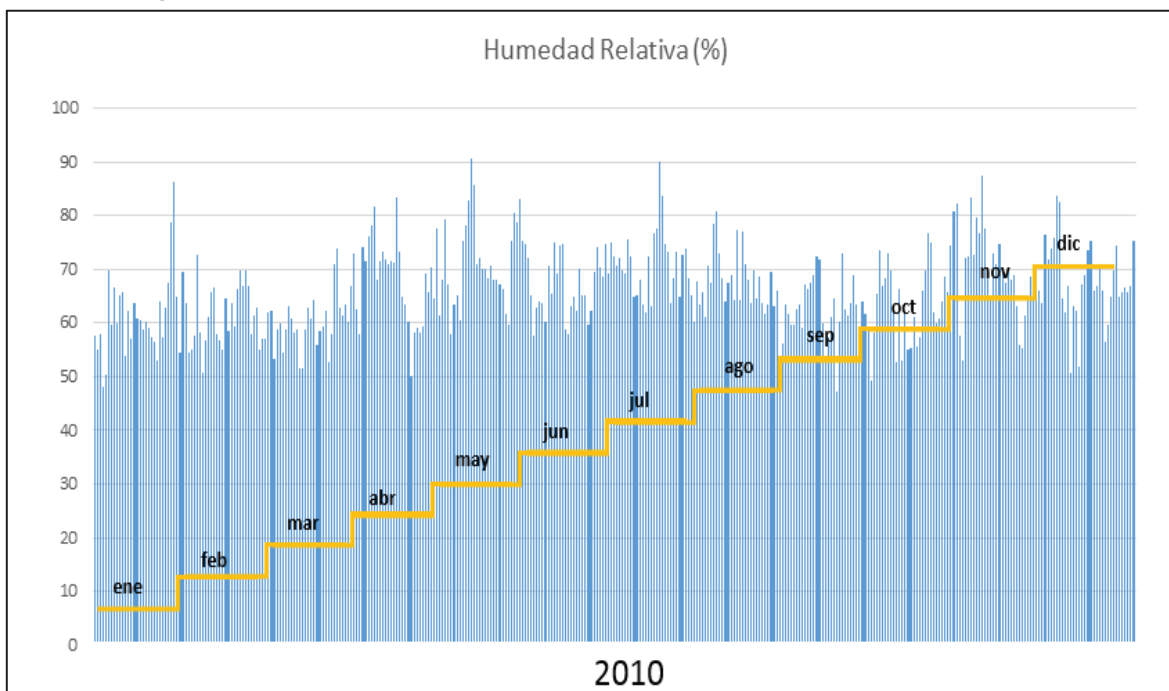
En la **Imagen 3.2-122** a la **Imagen 3.2-126**, se muestra el comportamiento de la humedad relativa expresada en % para los 5 años de análisis.

**Tabla 3.2-156 Humedad relativa menor diaria (2010 a 2015)**

AÑO	MES	DÍA	HUMEDAD RELATIVA (%)
2010	9	18	47,29
2012	9	22	47,91
2013	9	23	47,91
2013	10	8	47,04
2014	3	18	47,54
2014	8	31	47,29

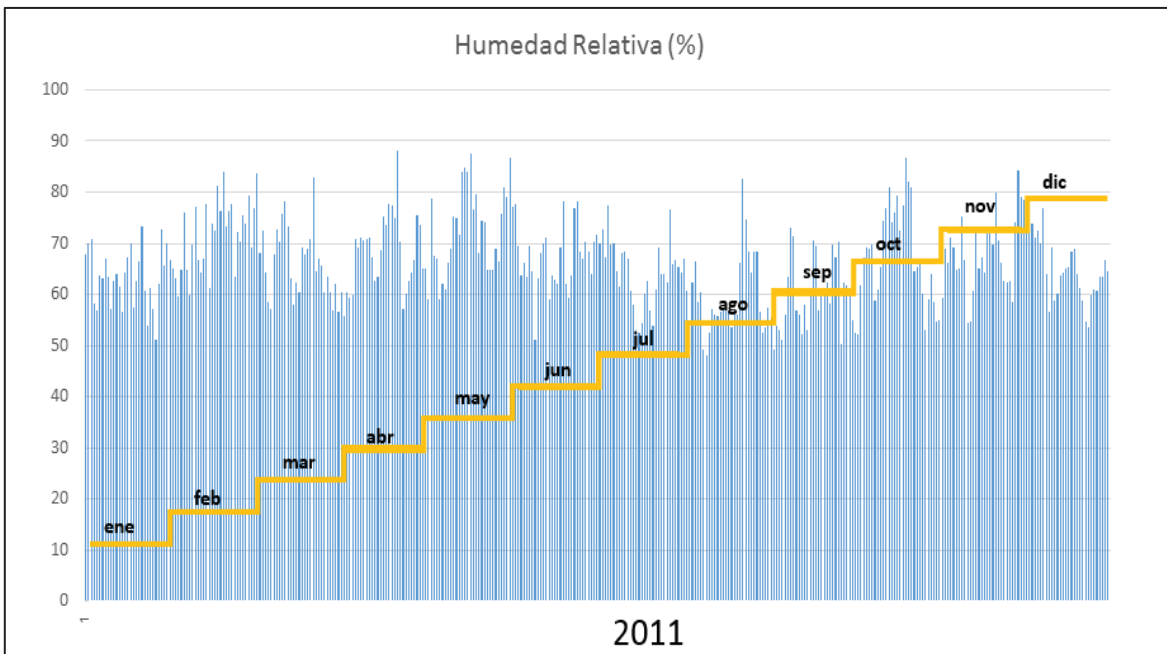
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

**Imagen 3.2-122 Valores diarios (24 horas) de humedad relativa (%) para el año 2010**



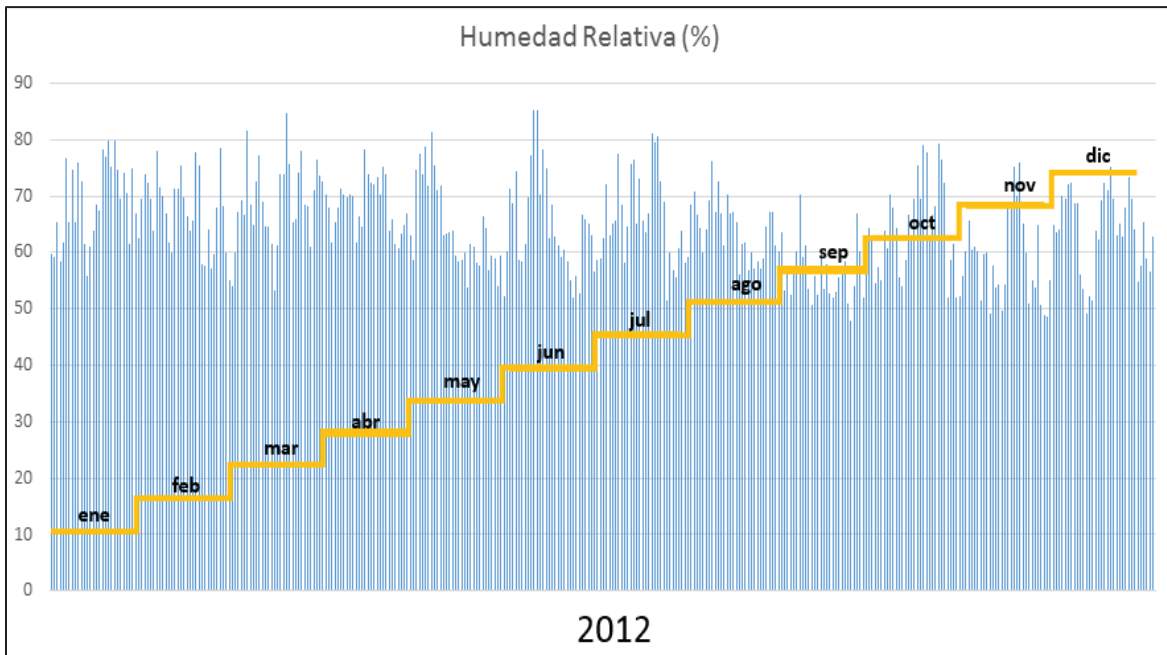
Fuente. IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

**Imagen 3.2-123 Valores diarios (24 horas) de humedad relativa (%) para el año 2011**



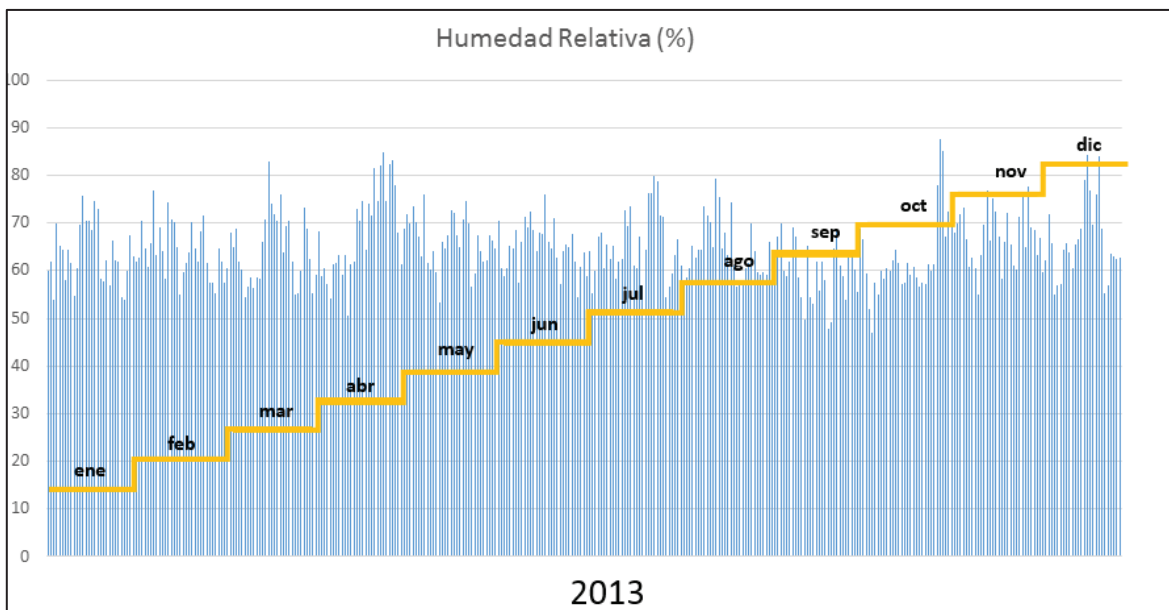
Fuente. IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

**Imagen 3.2-124 Valores diarios (24 horas) de humedad relativa (%) para el año 2012**



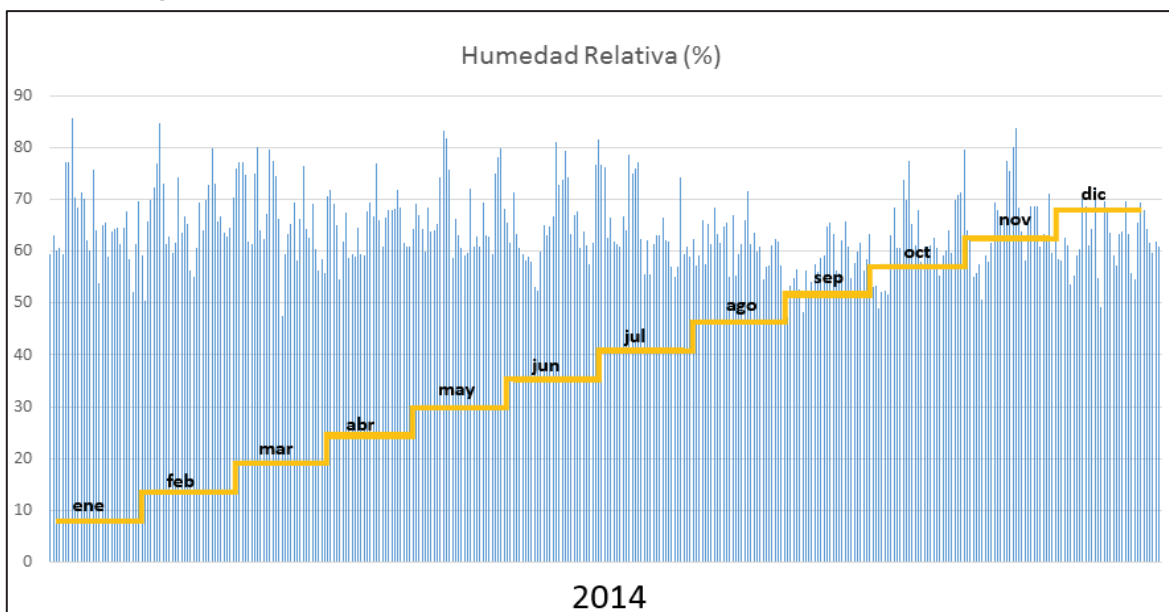
Fuente. IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-125 Valores diarios (24 horas) de humedad relativa (%) para el año 2013



Fuente. IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

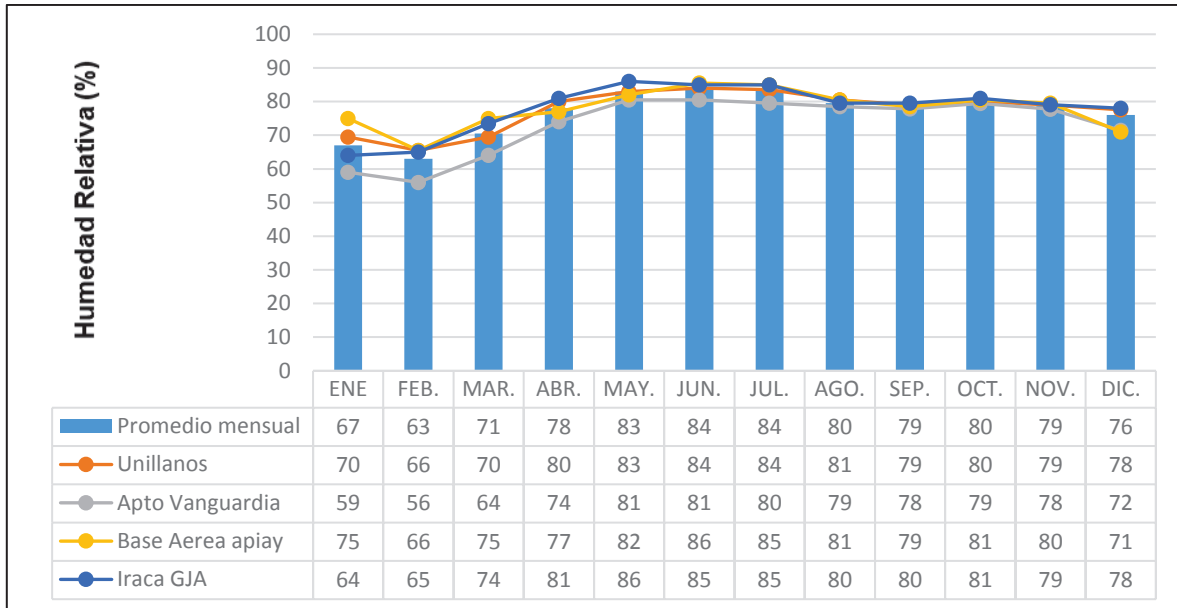
Imagen 3.2-126 Valores diarios (24 horas) de humedad relativa (%) para el año 2014



Fuente. IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

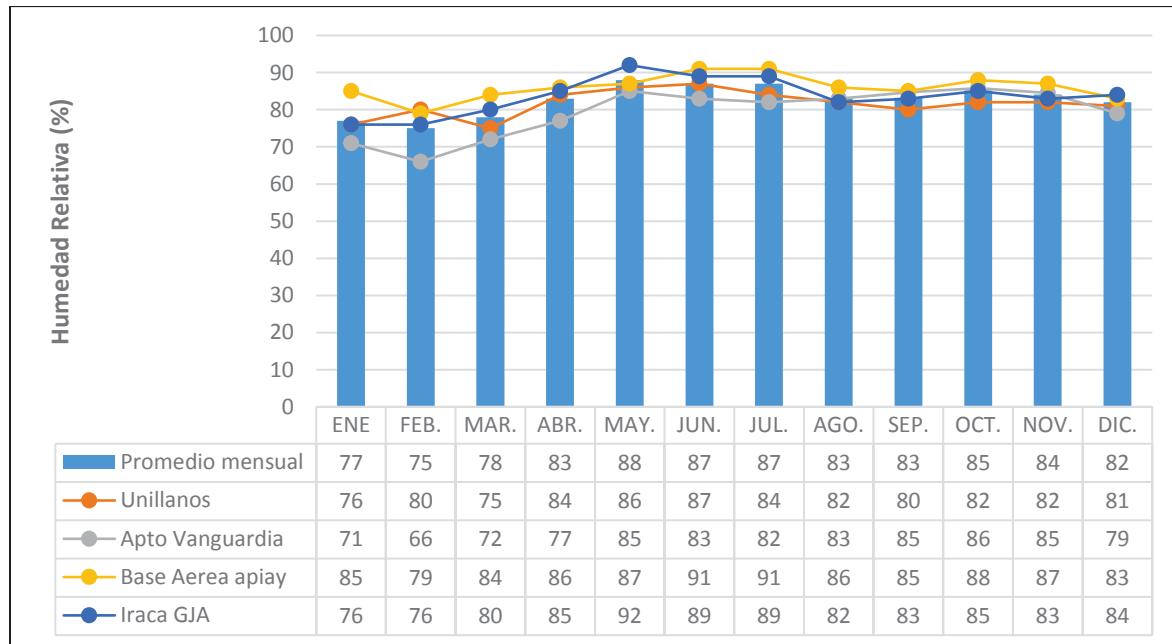
Por otra parte, en las **Imagen 3.2-127** a la **Imagen 3.2-129**, se presentan los valores medios de humedad relativa, reportadas por las estaciones analizadas en el estudio, la cual presenta una variación que oscila entre 64% y 85% y presentando una media del 78%.

Imagen 3.2-127 Valores medios mensuales multianuales de Humedad Relativa (%)



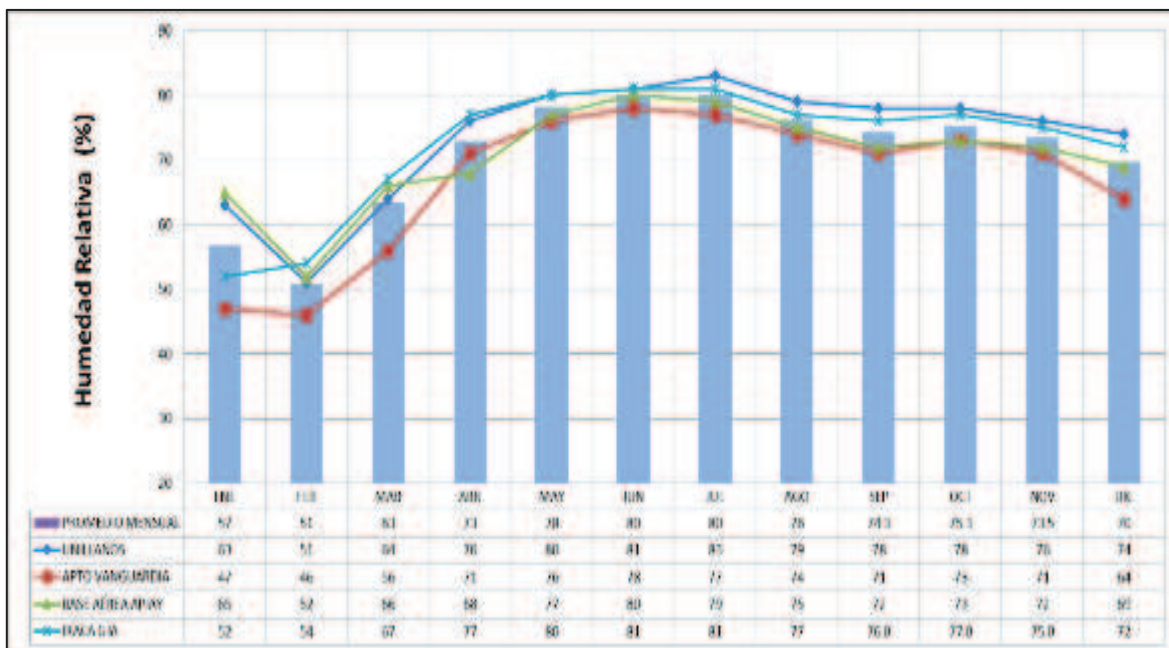
Fuente. IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-128 Valores máximos mensuales multianuales de Humedad Relativa (%)



Fuente. IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-129 Valores mínimos mensuales multianuales de Humedad Relativa (%)



Fuente. IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Según las imágenes anteriores se determina que los meses de más alta Humedad Relativa (entendida esta como valor máximo mensual) coinciden con la época de lluvias, presentando rangos de entre 66% a 92% de alta Humedad Relativa. De manera similar, los meses de menor Humedad Relativa coinciden con la época seca y altas temperaturas (diciembre, enero, febrero y marzo), presentando valores promedio de 70% de alta Humedad Relativa.

• **Vientos: Velocidad y dirección del viento**

La caracterización de esta variable se realizó tomando como referencia la información de las estaciones Apto Vanguardia del año 2006 al 2013, La Libertad y Unillanos del año 2000 al 2013, ubicada en el municipio de Villavicencio del departamento del Meta. En la **Tabla 3.2-157**, se relacionan los valores medios, mínimos y máximos reportados por las estaciones.

Tabla 3.2-157 Valores medios, mínimos y máximos mensuales de velocidad de viento

ESTACIÓN	AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
APTO VANGUARDIA (35035020)	MEDIO	0,6	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6
	MÁXIMO	0,8	0,9	0,7	0,5	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,6	0,7	0,8
	MÍNIMOS	0,2	0,3	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,2	0,4
UNILLANOS (35035070)	MEDIO	0,63	0,53	0,22	0,16	0,13	0,26	0,22	0,19	0,19	0,29	0,36	0,54
	MÁXIMO	1,00	0,80	0,40	0,30	0,30	0,80	0,50	0,70	0,60	0,90	0,90	0,90
	MÍNIMOS	0,40	0,30	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20

Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

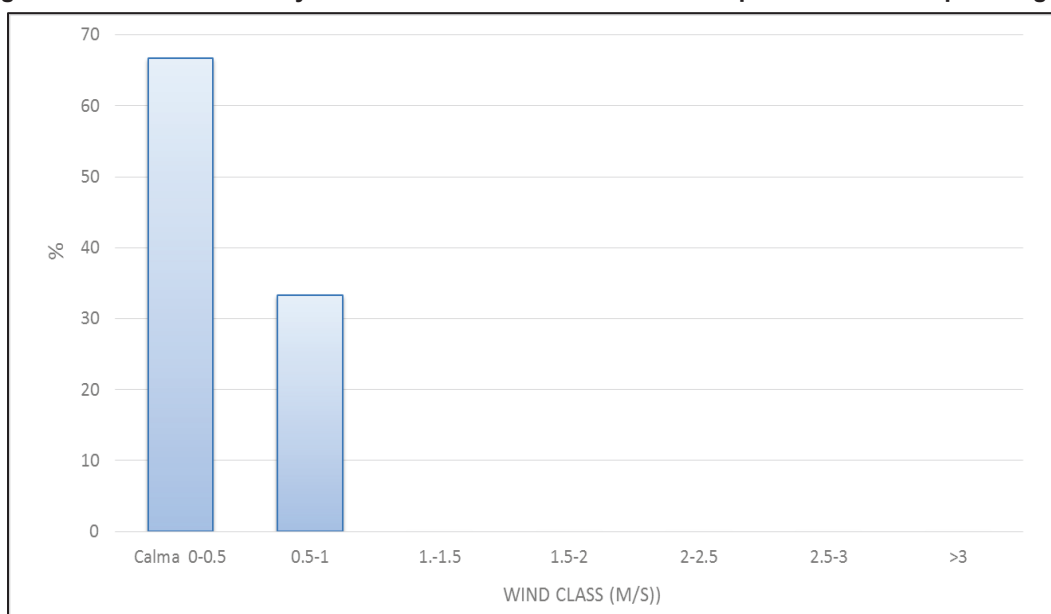
## - Velocidad del viento

Como se puede observar, los mayores registros se presentan en los meses noviembre a marzo, alcanzando velocidades hasta de 1 m/s en el mes de enero para la estación Unillanos. El comportamiento de la velocidad del viento en ninguno de los años analizados es homogéneo, ya que presenta variaciones considerables a lo largo del año.

En las **Imagen 3.2-130** e **Imagen 3.2-131** se presenta la distribución de los registros mensuales de velocidad de viento, para siete rangos de velocidad de viento: Calma ( $VV \leq 0,5$  m/s,  $0,5 - 1$  m/s,  $1 - 1,5$  m/s,  $1,5 - 2$  m/s,  $2 - 2,5$  m/s,  $2,5 - 3$  m/s y  $\geq 3$  m/s, para cada estación analizada.

Para la estación Apto Vanguardia se presentan altos porcentajes de calma; es decir, se evidencia la presencia de vientos con velocidades menores a 0,5 m/s, con una frecuencia del 69,9%. En la estación no se presentan velocidades altas o vientos de ráfaga para los rangos mayores 1 m/s, mientras que las velocidades máximas presentadas están en el rango de  $0,5 - 1$ , m/s con una frecuencia del 30,1 %.

**Imagen 3.2-130 Distribución y frecuencia de la velocidad del viento para la estación Apto Vanguardia**

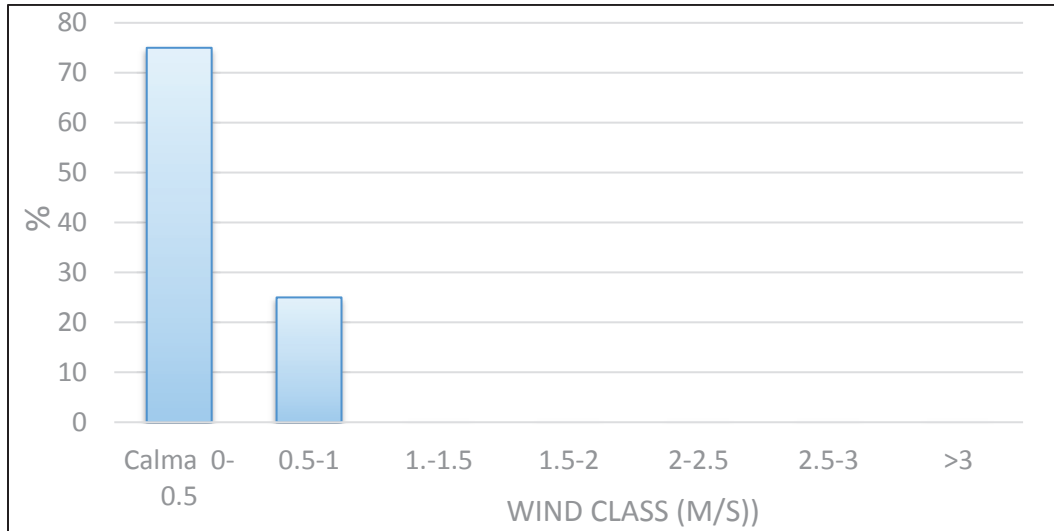


Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

En cuanto a la estación Unillanos se presentan altos porcentajes de calma; es decir, se evidencia la presencia de vientos con velocidades menores a 0,5 m/s, con una frecuencia del 75%, mientras que las velocidades máximas presentadas están en el rango de  $0,5 - 1$ , m/s con una frecuencia del 25 %.



Imagen 3.2-131 Distribución y frecuencia de la velocidad del viento para la estación Unillanos

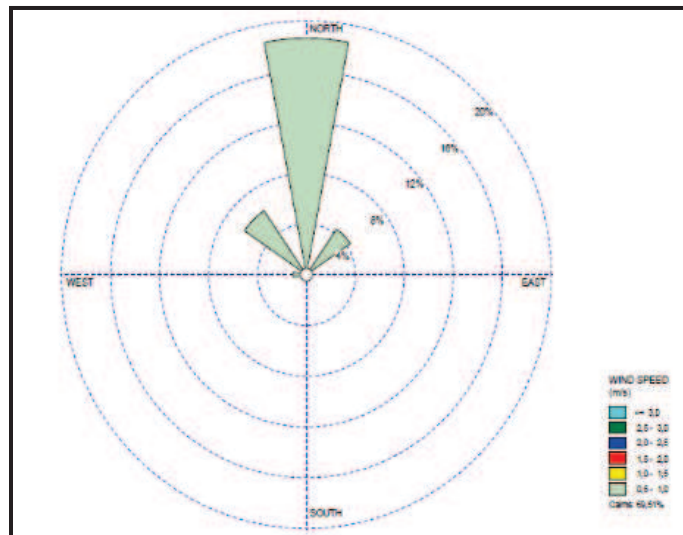


Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

- Dirección del viento

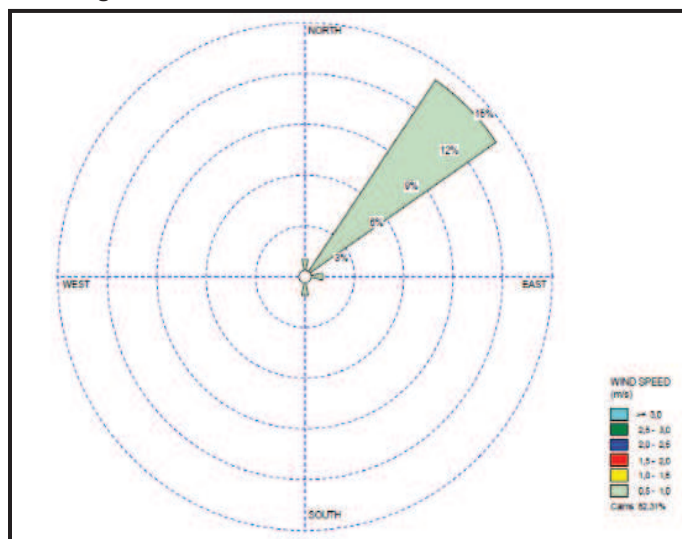
Para el área de estudio, se tiene información de registros de dirección de viento de las estaciones Apto Vanguardia y Unillanos, a partir de la cual, se elaboraron las rosas de vientos como se presentan en las Imagen 33 e Imagen 34, en donde se señala que según la localización de las estación Apto Vanguardia predomina la dirección Noreste (N), con un porcentaje de ocurrencia del 69,5% y 57,9% respectivamente, en cuanto a la estación Unillanos, en donde la dirección de viento predominante es Norte (NE), con un porcentaje de ocurrencia del 82,31%. (Imagen 3.2-132 e Imagen 3.2-133).

Imagen 3.2-132 Rosa de vientos Estación Apto Vanguardia



Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-133 Rosa de vientos Estación Unillanos



Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

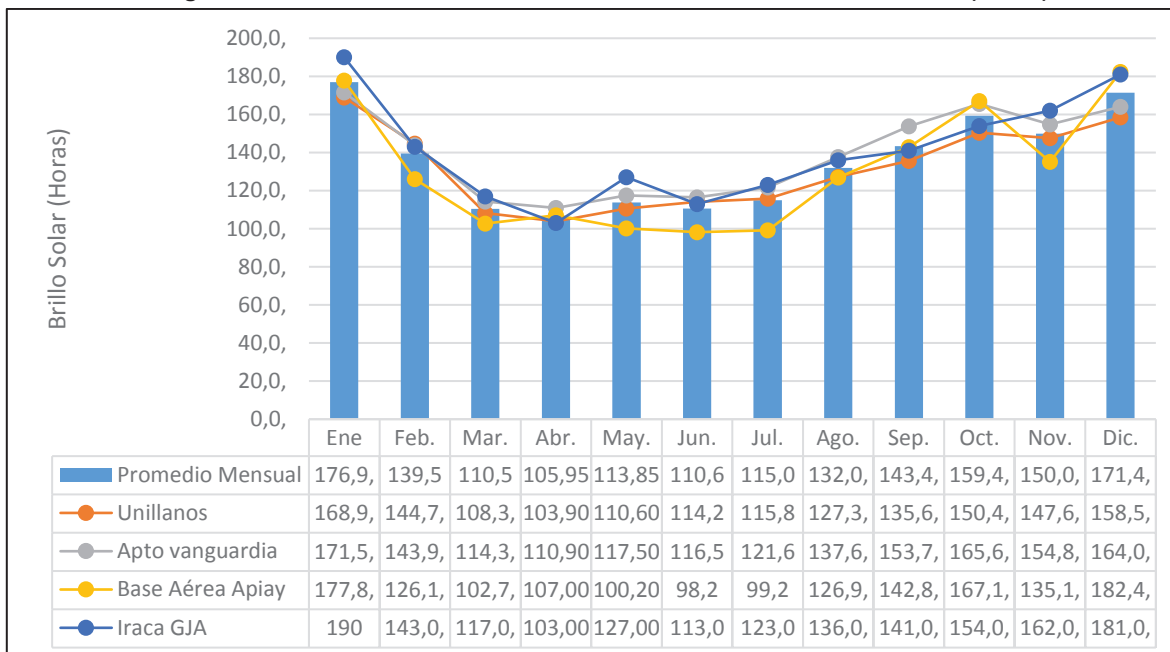
Para hallar la rosa de vientos se tuvo en cuenta la validación de los datos de las estaciones Apto Vanguardia del año 2006 al 2013 y Unillanos del año 2000 al 2013; posteriormente se modelaron los datos para 16 direcciones de viento con el programa WRPLOT (Wind Rose Plots For Meteorological Date versión 7).

- **Brillo Solar**

El brillo solar efectivo es el tiempo durante el cual el sol ha brillado durante un periodo de tiempo determinado (un día, un mes, un año). Con los registros analizados se obtuvo un promedio de 1628,35 horas anuales de radiación solar, esto representa un sector en donde la radiación solar aparece durante todo el año, ayudando a elevar los valores de la temperatura y la evaporación. Este parámetro depende en gran medida de la nubosidad presente en el área, ya que los bloques nubosos son el principal limitante para el paso de la radiación solar directa.

En la **Imagen 3.2-134** se observa que los menores valores de brillo solar, corresponden con los meses de mayores niveles de lluvia, donde también se presenta mayor cobertura nubosa. El mes con mayor duración de insolación es Enero (114,8 valor mínimo mensual – 256,7 horas máximo mensual), que corresponde al mes de menor lluvia y donde se presentan valores cercanos a la temperatura media máxima. En los meses en los que se registra menor intensidad solar, se presenta la temporada de lluvias (con promedio de 108,7 horas al mes para las estaciones de análisis correspondientes al mes de abril), la cual está asociada a un incremento generalizado de la nubosidad.

Imagen 3.2-134 Valores medios mensuales multianuales de Brillo Solar (horas)



Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### • Nubosidad

La nubosidad determina el área cubierta del cielo por nubes, para su determinación se han establecido ocho niveles o categorías<sup>70</sup>. De igual forma que el brillo solar, la nubosidad en la zona es influenciada en gran medida por la precipitación dado que el período seco muestra menor nubosidad; en tanto que la temporada húmeda en promedio se caracteriza por presentar los valores más altos de nubosidad, empleándose la clasificación que se presenta en la **Tabla 3.2-158**:

Tabla 3.2-158 Tipo de nubosidad y descripción

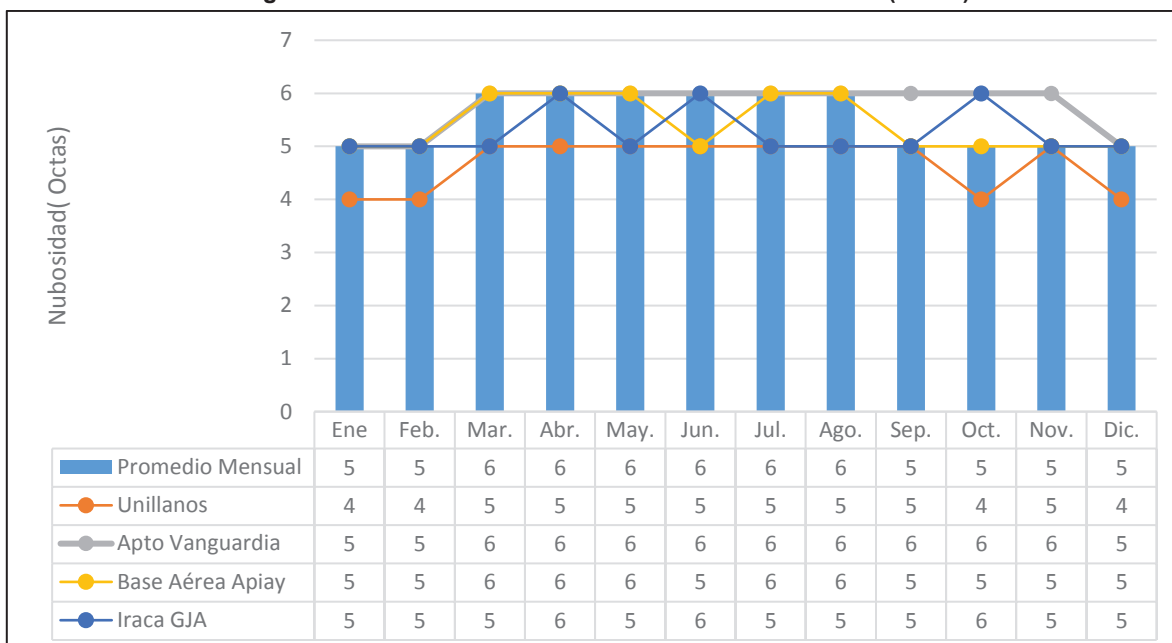
NUBOSIDAD (octas)	DESCRIPCIÓN
1/8-2/8	Cielo Despejado
3/8-4/8	Parcialmente / nuboso
5/8-6/8	Nuboso
6/8-8/8	Cubierto

Fuente: IDEAM. Manual del observador meteorológico, 2011

La nubosidad media anual en ambas estaciones en el área de estudio es del orden de 5/8 Octas como se aprecia en la **Imagen 3.2-135**. La máxima nubosidad en promedio se registra en los meses de lluvia (abril a octubre presentando cielo nuboso (4/8 a 5/8). El promedio anual oscila entre 4/8 y 6/8, predominando en el año el cielo parcialmente nuboso.

<sup>70</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Manual del observador meteorológico. Diciembre de 2001.

Imagen 3.2-135 Valores medios mensuales de nubosidad (Octas)



Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

- **Altura de mezcla y estabilidad atmosférica**

En la atmósfera, la interacción de diferentes factores climáticos como la dirección y velocidad del viento, el brillo solar, la temperatura y la nubosidad permiten crear condiciones en las cuales puede o no favorecer la dispersión de los contaminantes en el mismo lo cual se conoce como estabilidad atmosférica; y a la altura en la cual se presenta la dispersión se conoce como altura de mezcla.

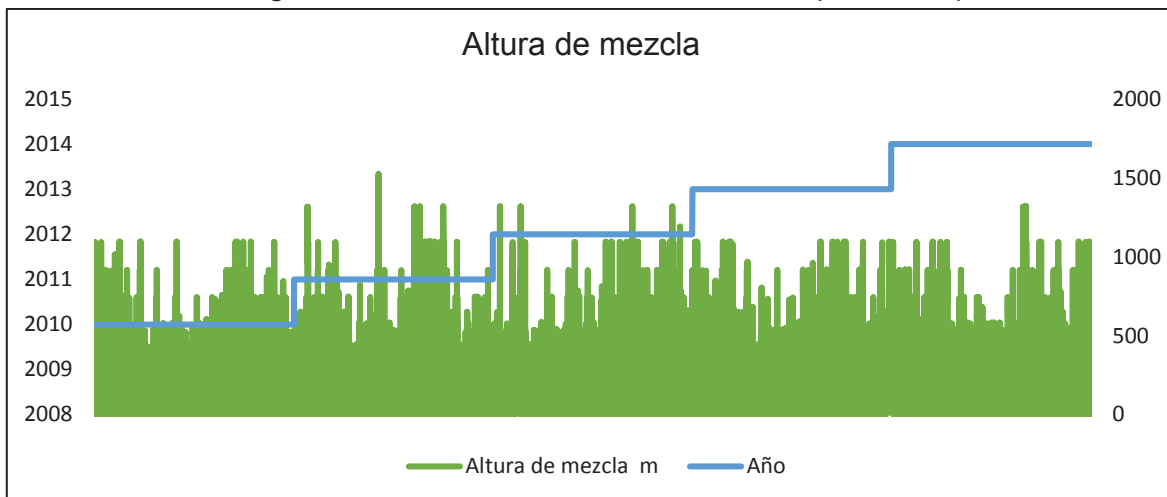
En la **Imagen 3.2-136** e **Imagen 3.2-137**, se muestran los resultados de la altura de capa de mezcla generado por el software de modelación (interfase AERMET), al contar con información meteorológica con resolución temporal horaria procedente del modelo meteorológico de mesoescala MM5 se evaluó inicialmente el comportamiento de la altura de mezcla durante 5 años de análisis (2010 -2014), el cual arrojó como resultado un comportamiento homogéneo; de igual forma se tomó la información del año 2014 y se promedió mes a mes; entendiendo que variables como el brillo solar, la temperatura y la nubosidad junto al comportamiento de los vientos determina la altura de la capa de mezcla se identificó que se presenta una altitud menor cuando se registran eventos de altas precipitaciones y nubosidad.

El modelo AERMOD realiza las estimaciones de la altura de la capa de mezcla a partir de los principios de estabilidad determinados por Pasquill. En la **Tabla 3.2-159**, se muestran las claves de las categorías de estabilidad.<sup>71,72</sup>

<sup>71</sup> Pasquill F. The estimation of the dispersion of windborne material. Meteor. Mag. 90. Pág. 33-49. 1961.

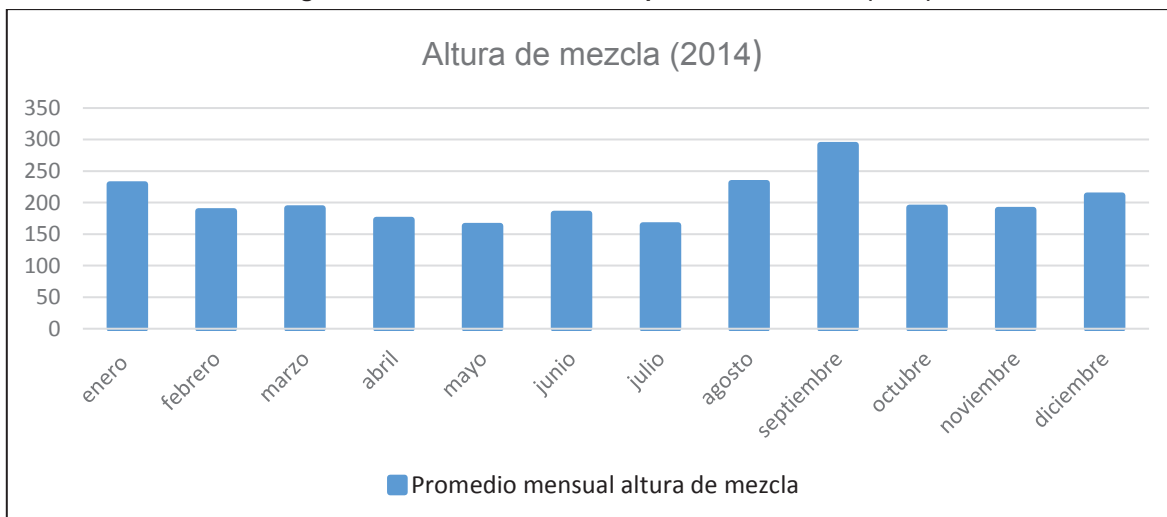
<sup>72</sup> Turner. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Washington D.C.: Environmental Health Series. 1969

Imagen 3.2-136 Variabilidad de la altura de mezcla (2010 – 2014)



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Imagen 3.2-137 Altura de mezcla promedio mensual (2014)



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Tabla 3.2-159 Resumen datos horarios de altura de capa de mezcla

Velocidad del viento superficial a 10 m (m/s)	DÍA radiación solar entrante			NOCHE cubierta de nubes	
	Fuerte	Moderada	Ligera	En su mayoría nublado	En su mayoría despejado
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	A-B	C	D	E
5 -6	C	C-D	D	D	D
6>	C	D	D	D	D

A (Muy inestable), B (Inestable), C (Ligeramente inestable), D (Neutral), E (Ligeramente estable), F (Estable)  
Fuente: Turner. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Washington D.C.

En la **Tabla 3.2-160**, se presenta la altura de capa de mezcla y la clase de estabilidad para cada uno de los meses del año 2014; dichos valores se obtuvieron horariamente y se contabilizó el número de datos por estabilidad para determinar la estabilidad predominante.

**Tabla 3.2-160 Valores promedio de altura de mezcla y tipo de estabilidad atmosférica para el área de influencia (2014)**

2014	Valor de velocidad del viento (m/s)	Clase de estabilidad atmosférica	
		DIA	NOCHE
enero	2,19	A-B	E
febrero	1,85	A	E
marzo	1,85	A-B	E
abril	1,91	A-B	E
mayo	1,82	A-B	E
junio	1,95	A-B	E
julio	1,85	A-B	E
agosto	2,13	B	E
septiembre	2,38	A-B	E
octubre	1,92	A	E
noviembre	2,06	A-B	E
diciembre	2,17	A-B	E
PREDOMINANCIA		A-B	E

La noche se incluye la clasificación de estabilidad para día muy nublado.  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la tabla anterior, se puede evidenciar que entre enero 2014 y diciembre de 2014 se presenta principalmente una estabilidad en el día tipo A-B (entre muy inestable e inestable). En la noche y horas muy nubladas durante el día se presenta una estabilidad E (Ligeramente estable), esta situación es favorable para la jornada diurna ya que los valores de altura de mezcla de los contaminantes supera aproximadamente los 200 m de altura haciendo que los contaminantes se dispersen de forma más rápida, y para la noche y días nublados es desfavorable, teniendo en cuenta que a bajas temperaturas el viento tiende a permanecer en calma lo que impide la dispersión de contaminantes.

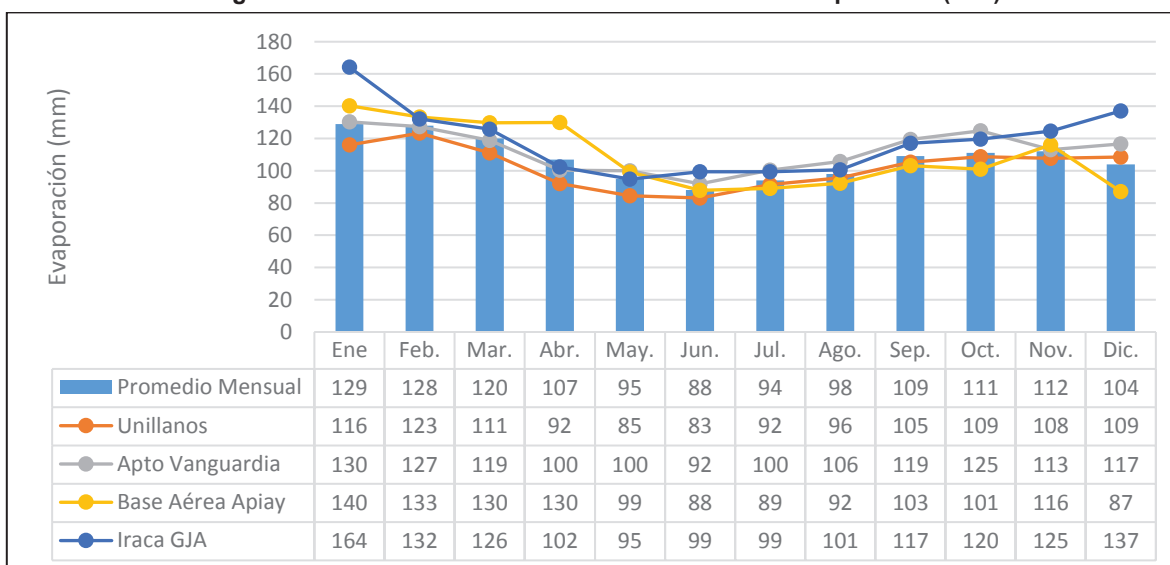
- **Evaporación**

La evaporación es la emisión de vapor de agua desde una superficie húmeda a temperatura inferior al punto de ebullición. La velocidad de evaporación de una superficie puede expresarse como el volumen de agua líquida que se evapora por unidad de superficie en la unidad de tiempo. Este parámetro, está influenciado por diversos factores, entre los que pueden estar, tipo de suelo (composición, color, estructura) y otros factores climáticos (radiación, humedad del aire, viento).

En la **Imagen 3.2-138** se indica la variación mensual de la evaporación en las estaciones seleccionadas. De acuerdo con los registros de las estaciones analizadas en el área de estudio, la evaporación media mensual varía entre 83 mms a 164 mms, siendo diciembre, enero, febrero y marzo los meses que presentan mayores registros de evaporación. Los períodos con menor evaporación se presentan entre los meses de abril a noviembre. La

evaporación anual en el área de influencia varía entre 1227,3 mms como mínima a 1416,8 mm y en promedio la evaporación en el área es del orden de 1295 mms al año.

Imagen 3.2-138 Valores mensuales multianuales de Evaporación (mm)



Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

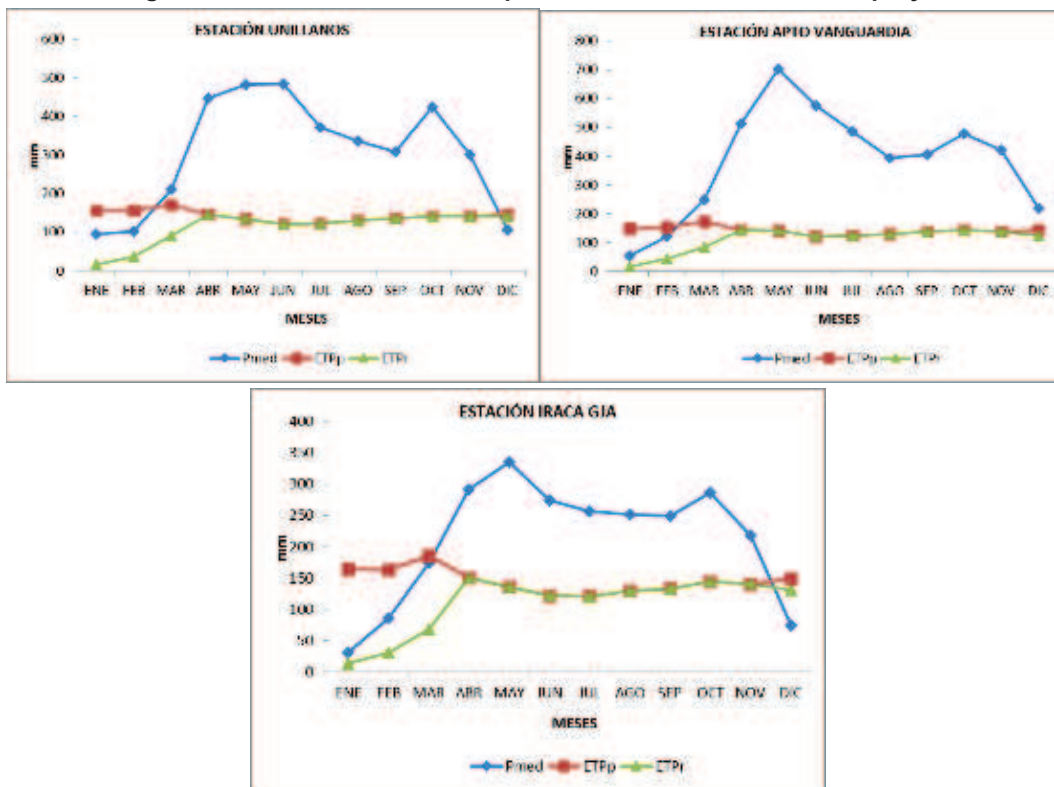
#### 3.2.8.1.4 Balance hídrico

El balance hídrico es una herramienta que permite definir los periodos de disponibilidad y déficit del recurso hídrico existente en el área de influencia del proyecto, se fundamenta en información primaria de registros históricos mensuales multianuales de precipitación total y temperatura media, obtenida de las estaciones meteorológicas de tipo climatológico principal u ordinario y operado por el IDEAM. La metodología de cálculo empleada es la propuesta por Thornthwaite, que consiste en la estimación de las pérdidas de agua mes a mes hasta agotar las reservas existentes en la cuenca.

En la **Imagen 3.2-139** se presentan los resultados del balance hídrico para las estaciones analizadas que contaban con la información suficiente para realizar el balance hídrico, específicamente las estaciones Unillanos, Apto Vanguardia e Iraca GJA.

En términos generales, en el balance hídrico se observa un régimen climático monomodal, con temporadas de lluvia que comienzan en el mes de abril y culminan en noviembre, es importante mencionar que, debido a las precipitaciones, en el mes de abril se acumulan las reservas necesarias para abastecer la cuenca presentándose en los meses posteriores excesos que sirven de aporte a las aguas subterráneas y superficiales. Cuando la temporada seca (se presentan altas temperaturas) la cual comienza a finales del mes de noviembre, rápidamente las reservas del suelo se agotan generando un déficit hídrico que se acentúa en el mes de enero.

Imagen 3.2-139 Balances hídricos para las estaciones del área del proyecto



Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.8.1.5 Clasificación y zonificación climática

De acuerdo con los registros de precipitación y la temperatura y la localización de cada una de las estaciones climatológicas seleccionadas, en la **Tabla 3.2-161**, se presenta la clasificación climática para cada estación de acuerdo con la metodología del IDEAM. El clima de la zona de estudio es predominantemente de tipo **Cálido muy húmedo**, no obstante, para las estaciones Unillanos e Iraca GJA, se presenta clima de tipo **Cálido Húmedo (Imagen 3.2-140)**.

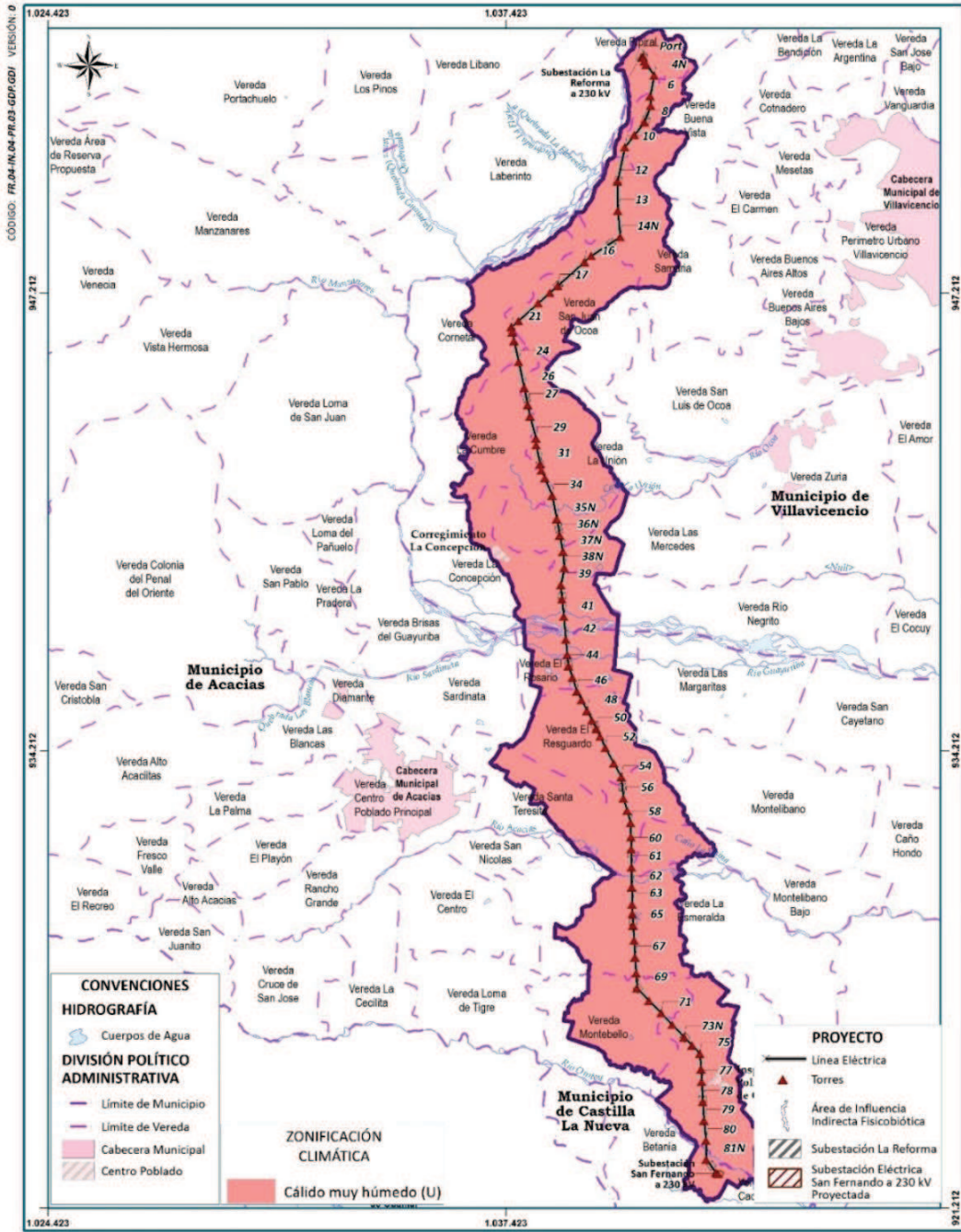
Tabla 3.2-161 Clasificación climática

ESTACIÓN	Altitud (m.s.n.m)	Temperatura (°C)	Denominación Termal	Precipitación (mm/año)	Denominación precipitación	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA
UNILLANOS	340	25	Cálido	3668	Húmedo	Cálido húmedo
APTO VANGUARDIA	445	26	Cálido	4616	Superhúmedo	Cálido muy húmedo
IRACA GJA	400	25	Cálido	2527	Húmedo	Cálido húmedo

Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.



Imagen 3.2-140 Zonificación climática



ZonificacionClimatica.mxd

Fuente: IDEAM. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.8.2 Calidad del aire

A continuación, se describen el estado actual de la calidad de aire y ruido al interior del Área de influencia de la línea de transmisión de 230 kV.

#### 3.2.8.2.1 *Objetivos*

- **Objetivo general**

Determinar el estado actual de la calidad del aire y ruido a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos y niveles de presión sonora presentes al interior del área de influencia.

- **Objetivos específicos**

Estudiar las fuentes de emisión que se encuentran al interior y adyacentes al área de influencia y su incidencia a partir del comportamiento de los vientos.

Evaluar los efectos de los contaminantes atmosféricos y de los niveles de presión sonora sobre la salud de las poblaciones que se encuentran al interior del Área de influencia de la línea de transmisión de 230 kV.

#### 3.2.8.2.2 *Diagnostico preliminar del área de estudio*

A continuación, se establece un análisis de tipo cualitativo y cuantitativo sobre la calidad del aire al interior del área de influencia de la línea de transmisión de 230 kV. Inicialmente se especificarán las condiciones fisiográficas y climatológicas que es específicas de cada región y determinan el comportamiento de las emisiones en el medio (atmosfera).

- **Geomorfología**

Las unidades geomorfológicas identificadas en el área de influencia de la línea de transmisión de 230 kV, son el resultado a nivel regional de la interacción de procesos estructurales - erosionales, denudativos, acumulativos y climáticos asociados con el levantamiento de la Cordillera Oriental y la posterior depositación en la cuenca de los Llanos Orientales, que sumados a la composición litológica en superficie determinaron las geoformas que se comportan como barreras para los vientos, influyendo en el comportamiento de los contaminantes atmosféricos. Los vientos alisios que circulan de oriente a occidente chocan contra la cordillera Oriental y son forzados a ascender: en este caso se enfrían y forman nubes de lluvia que son las responsables de la alta humedad de la vertiente y el piedemonte llanero.

- **Climatología**

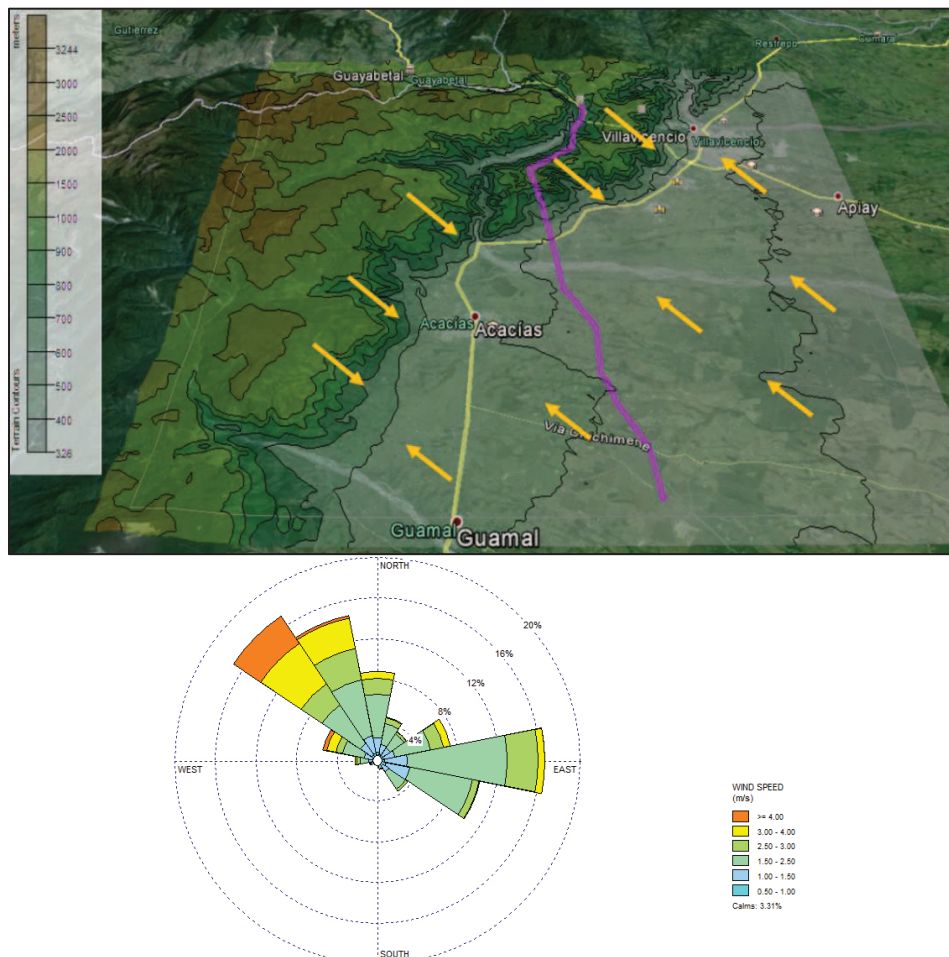
La variable de la temperatura a lo largo del año posee un comportamiento monomodal concordando con los periodos de lluvias los cuales comprenden los meses de abril a noviembre y un periodo seco el cual corresponde de diciembre a marzo.

El análisis de los meses de precipitación es un factor importante para el comportamiento del material particulado ya que la lluvia es unos procesos que ayuda a eliminar aerosoles de la atmósfera. Así pues, los episodios de lluvia dan lugar a bajos niveles de partículas, no solo durante la lluvia, sino también en un periodo tras ella ya que se inhiben procesos como la resuspensión.

### 3.2.8.2.3 Velocidad y dirección del viento

Esta variable nos permite establecer el movimiento del aire que se presenta por encima de la superficie terrestre a partir de los 10 m de altura y a su vez la dirección que posee está en los diferentes sentidos cardinales (Atlas de radiación solar, 2005). Esta variable es relevante ya que con ella podemos determinar el movimiento de agentes contaminantes (partículas en suspensión gases, malos olores, etc.) en el medio ambiente que se puedan tener o generar.

Imagen 3.2-141 Interpretación digital de elevación del terreno y rosa de los vientos



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016., elaborado con el procesamiento de información climatológica MM 5 (Mesoscale Model)

La rosa de vientos para el área de influencia, se elaboró a partir de la información meteorológica horaria simulada en el modelo MM5 (Mesoscale Model) para los años 2010 al 2014; la cual sugiere que los vientos predominantes a lo largo del año provienen de la dirección Este y Nor-oeste, principalmente, con una velocidad promedio de 1.5 -2.5 m/s. No obstante, se presenta variabilidad en otras direcciones y calmas del 3.3%. (Imagen 3.2-141).

#### 3.2.8.2.4 Inventario de emisiones

El presente inventario de fuentes de emisión se realizó entre el 27 de abril al 1 de mayo del 2016 y se basa en las definiciones de fuentes de emisión que se establecen en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015,<sup>73</sup> la finalidad de este ejercicio es identificar los diferentes contaminantes atmosféricos que se presenta al interior del Área de influencia de la línea de transmisión de 230 kV, para esto se tuvo en cuenta los criterios del APE 42 de la EPA<sup>74</sup>.

- **Fuentes móviles y lineales**

Al interior del área de influencia se seleccionaron dos puntos de control para realizar aforos vehiculares, los cuales se ejecutaron sobre las vías Bogotá - Villavicencio y Villavicencio - Acacias en inmediaciones a los puntos de monitoreo de calidad de aire. (El punto de monitoreo A1 no cuenta con aforo vehicular, ya que el flujo vehicular es bajo); los aforos vehiculares se ejecutaron en horas de la tarde ya que se presenta un mayor flujo por el desplazamiento de las personas desde sus trabajos a los centros poblados.

Estas vías son consideradas de gran importancia para la operaciones del proyecto volviéndola un elemento fundamental para el transporte de personas e insumos; adicionalmente fortalece el desarrollo de actividades productivas de la región, razón por la cual el tráfico de vehículos pesados es importante, debido a que se deben transportar maquinaria de gran envergadura relacionada con los diversos sistemas productivos, así mismo el personal que labora en esta zona es movilizadado en camionetas 4x4, buses y busetas hacia los diferentes centros poblados. Las vías seleccionadas para realizar el aforo se presentan en la **Tabla 3.2-162**.

**Tabla 3.2-162 Tramos de vías seleccionadas para el aforo vehicular**

PUNTO DE MEDICIÓN NO.	TRAMO		NOMBRE
	DE	A	
1	Bogotá	Villavicencio	Aforo1
2	Villavicencio	Acacias	Aforo2

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

La metodología usada para el aforo vehicular se basa en la clasificación de categorías establecidas en la Resolución 910 de 2008 del MAVDT ahora MADS concerniente a

<sup>73</sup> Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

<sup>74</sup> <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>

emisiones generadas por fuentes móviles, a continuación, se describen las categorías vehiculares establecidas para el presente estudio:

- LDV: Vehículos de pasajeros con máximo dos (2) ejes, delantero y trasero, con llanta trasera sencilla.
- LDT: Vehículos de carga liviana de máximo dos (2) ejes, delantero y trasero, con llanta trasera sencilla. (También microbuses).
- MHDDE: Vehículos de carga pesada de dos (2) ejes, delantero y trasero, con llanta trasera doble. (Incluye buses).
- HDT: Vehículos de carga pesada de más de dos (2) ejes, con llantas traseras dobles.
- MC: Vehículos con motor de combustión interna de dos o cuatro tiempos, con cuatro (4) o menos llantas. (Motos, cuatrimotos o mototriciclos).

Los resultados de los aforos ejecutados durante 2 horas continuas se presentan en las **Tabla 3.2-163** y **Tabla 3.2-164**.

- **Bogotá – Villavicencio (Túnel Buenavista)**

El punto de muestreo se localiza en el municipio de Villavicencio en la vereda Buena Vista en la finca La Flor. (**Tabla 3.2-163**).

**Tabla 3.2-163 Resultados del aforo vehicular en la vía Bogotá – Villavicencio (Túnel Buenavista)**

FECHA	DÍA	LDV	LDT	MHDDE	HDT	MC	TOTAL
1/10/2015	miércoles	320	103	93	91	4	611
PORCENTAJE (%)		52,37	16,86	15,22	14,89	0,65	100

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Se puede establecer que el flujo vehicular que transita por esta vía es intermitente y tiene un mayor número de vehículos tipo LDV, y en un menor porcentaje por vehículos de carga pesada con más de dos ejes y doble llanta trasera (HDT), Vehículos de carga liviana de máximo dos (2) ejes (LDT) y vehículos de carga pesada de dos (2) ejes (MHDDE). Lo cual indica que esta vía no solo es usada por los pobladores y turistas; si no que a su vez sirve para movilizar mercancía e insumos. (**Fotografía 3.2-111**).

Al localizarse el punto de muestreo del aforo antes del túnel “buena vista”<sup>75</sup> no se evidencia el paso constante de motocicletas; las cuatro (4) motocicletas registradas hacen parte de la policía de tránsito.

<sup>75</sup> Resolución 2791 del 7 de octubre de 2004 Por la cual se establecen las normas de seguridad y tráfico vehicular en los túneles Bijagual y Misael Pastrana Borrero (Buenavista), de la carretera Bogotá-Villavicencio.

- **Vía Villavicencio – Acacias (Salida planta ARGOS)**

Este punto de muestreo se localiza en el municipio de Villavicencio en la vereda la concepción en inmediaciones al predio coburgos. En la **Tabla 3.2-164** se presentan los resultados de dos horas continuas de muestreo.



**Fotografía 3.2-111 Aforo vehicular 1, antes del Túnel Buenavista.**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

**Tabla 3.2-164 Resultados de aforo vehicular en la vía Villavicencio - Acacias**

FECHA	DÍA	LDV	LDH	MHDDE	HDT	MC	TOTAL
1/10/2015	jueves	452	197	86	137	515	1387
PORCENTAJE (%)		32,58	14,20	6,20	9,87	37,13	100

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Las fuentes móviles predominantes en esta vía son las motocicletas (MC) y los vehículos de pasajeros (LDV) las cuales sirven de transporte a las familias y trabajadores de la región. Los vehículos asociados a vehículos de carga pesada (HDT) están relacionados con la operación de extracción de materiales de construcción y dosificación de concreto (**Fotografía 3.2-112**). En el **Anexo D.7 – Componente atmosférico** se presentan los formatos de fuentes móviles diligenciados en la etapa de campo.



**Fotografía 3.2-112 Aforo vehicular 2 en la vereda La Concepción, en inmediaciones al predio Coburgos, Coordenadas origen magna Colombia Bogotá Este 1038269,92, Norte 939744,76. Tomada en dirección Oeste**

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Es importante resaltar que mediante observaciones en campo el tránsito sobre las vías secundarias y terciarias es bajo, pero estas en sinergia con las fuentes móviles son las que generan una mayor variación en la calidad del aire, debido a las emisiones de material particulado y la resuspensión del mismo por el paso de vehículos que incrementan la emisión por efecto de la velocidad. Entre las vías inventariadas se destacan las que se conforman en afirmado, lo cual facilita la resuspensión de material particulado.

El tráfico de vehículos por estas vías genera una serie de variaciones sobre los medios bióticos, físico y socioeconómico importantes, a continuación, se listan los principales efectos generados por el material particulado emitido por el transporte sobre la vía:

- De acuerdo con los efectos a la salud relacionados con la calidad del aire, establecidos en el Protocolo de Calidad del Aire, en su aparte de Índice de Calidad del Aire (ICA) se menciona un incremento de los síntomas respiratorios y recrudescimiento de las enfermedades pulmonares tales como asma.
- La vegetación ubicada al margen de la vía puede retener las partículas, las cuales no son sumamente perjudiciales en la vegetación, pero pueden inhibir o reducir la función estomática y afectar la fotosíntesis, siendo más dañinos sus efectos en períodos secos<sup>76</sup>.
- Riesgos por accidentalidad en la vía considerando las nubes densas de material particulado que se forman por el paso de vehículos las cuales reducen notablemente la visibilidad de quienes conducen los vehículos y en la noche se aumenta el riesgo ya que las luces de los vehículos son absorbidas por el “polvo”, este fenómeno es conocido como opacidad.

<sup>76</sup> APPLETON, B. & J. KOCI, 2000. Trees for Problems Landscape Cities. Virginia Tech Extension. Publication 430-022

- **Fuentes fijas**

La incidencia de fuentes fijas en el área de influencia es muy diversa esto dado al dinamismo de las poblaciones y su interacción con el medio.

La fracción del área de influencia que se localiza en las veredas Servita, Buena Vista, Samaria San Juan de Ochoa, Cornetal y La Cumbre del municipio de Villavicencio, presenta una presencia de fuentes fijas bajas, puesto que en la visita realizada a campo se evidencio que son zonas poco intervenidas.

En las veredas La Unión, Las Mercedes, la Concepción (municipio de Villavicencio) el Rosario, El Resguardo, Monte Líbano bajo y Santa teresita (municipio de Acacias) se identificaron actividades industriales como la extracción de materiales de construcción dosificación de concreto y construcción de viviendas y centros recreacionales. De igual forma se identificó la extracción de material de río e actividades industriales como trituración de materiales y dosificación de concreto para el mantenimiento de las vías de la zona. (Ver **Fotografía 3.2-113**).



**Fotografía 3.2-113** Entrada a la planta dosificadora de concreto de ARGOS y planta GRAVICON (Vereda La Concepción), Coordenadas origen magna Colombia Bogotá Este 1038269,92, Norte 939744,76. Tomada en dirección Sur

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

A su vez sobre sobre la ruta nacional 65 se encuentran zonas con diversos restaurantes que usan carbón y leña como combustible para la cocción de alimentos generando de esta manera mayores emisiones de gases de tipo orgánico y en especial de material particulado por la generación de cenizas. (Ver **Fotografía 3.2-114**).





**Fotografía 3.2-114** Centro poblado La Cuncia (Emisiones por cocción de alimentos)  
Coordenadas origen magna Colombia Bogotá Este 1037132,74, Norte 939684,79.  
Tomada en dirección Sur

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

La actividad petrolera se evidencio en las veredas La Esmeralda, Montebello, San Isidro de Chichimene (municipio de Acacias) y Betania (municipio de Castilla la Nueva), dicha actividad de acuerdo a los factores de emisión AP-42 de la US EPA son precursora de emisiones de material particulado SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y CO; principalmente por la quema de gas natural o el uso de combustibles para los equipos. (**Fotografía 3.2-115**).



**Fotografía 3.2-115** Estación Chichimene. Coordenadas origen magna Colombia Bogotá Este 1043495,91, Norte 926756,59. Tomada en dirección Sureste

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

La fuente fija dispersa más importante en cuanto a la emisión de gases y en menor medida de material particulado, son las quemas de la cobertura vegetal mejor conocidas como pajonales, esta práctica agrícola es muy común en esta región y se evidencio en la vereda la Esmeralda, de acuerdo a pobladores de la zona esta actividad es realizada para mejorar los pastos y para alejar algunos animales como culebras. Esta práctica genera alta emisión de gases como monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno, además de material particulado, de acuerdo a los factores de emisión AP-42 de la US EPA para incendios forestales y quemas (Wildfires and Prescribed Burning). Por otra

parte, estas quemas no tienen un control establecido por lo cual se convierten en incendio forestales comprometiendo además de pastizales coberturas importantes. **(Fotografía 3.2-116).**



**Fotografía 3.2-116** Quema de residuos sólidos, vereda La Esmeralda. Coordenadas origen magna Colombia Bogotá Este 1038527,37, Norte 929408,79. Tomada en dirección Noreste



**Fotografía 3.2-117** Pajonal vereda Montebello. Coordenadas origen magna Colombia Bogotá Este 1041700,94, Norte 928212,35. Tomada en dirección Sureste

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Asimismo, las quemas de residuos sólidos son fuentes fijas dispersas que se encuentran presentes en la mayor parte de las veredas teniendo en cuenta que es una de las prácticas de disposición de residuos **(Fotografía 3.2-117)**. El impacto generado sobre la atmosfera por efecto de la quema de los residuos es relativamente alto y varía de acuerdo al tipo de residuo a quemar, aunque los contaminantes más comúnmente emitidos son material particulado y gases en su mayor parte de tipo orgánico.

Otras actividades que se caracterizan como fuentes área se asocian a la agricultura relacionada con la actividad de arado de la tierra para la siembra y los causes de los cuerpos de agua que se encuentran desprovistos de cobertura vegetal, ya que por acción del viento o acciones mecánicas pueden favorecer la generación de material particulado. **(Fotografía 3.2-118 y Fotografía 3.2-119).**



**Fotografía 3.2-118** Adecuación de terreno para cultivo, Hacienda Cumaribo. Coordenadas origen magna Colombia Bogotá Este 1038269,91978, Norte 939744,76. Tomada en dirección Sur



**Fotografía 3.2-119** Río Guayuriba. Coordenadas origen magna Colombia Bogotá Este 1034609,1735, Norte 939564,80. Tomada en dirección Sureste

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

### 3.2.8.2.5 Fuentes del proyecto

La ejecución de actividades en la etapa constructiva puede generar aportes de material particulado y de gases a la atmosfera, para lo cual en la **Tabla 3.2-165**, se presenta las principales fuentes de emisiones asociadas al proyecto.

**Tabla 3.2-165 Fuentes de emisión de material particulado y gases asociados al proyecto**

ETAPA	ACTIVIDAD	FUENTES DE EMISIÓN
Etapa Constructiva	Adecuación de accesos	Durante de la ejecución de las actividades en la etapa constructiva, se utilizarán equipos y maquinaria que requieren de combustibles fósiles los cuales emitirán gases y material particulado a la atmosfera Por el uso de maquinaria en actividades como Remoción de cobertura vegetal, se puede presentar resuspensión partículas a la atmosfera.
	Captación de agua superficial	
	Adecuaciones de uso temporal	
	Remoción de cobertura vegetal	
	Excavación para cimentación de torres	
	Movilización, de maquinaria, materiales, equipo y personal	

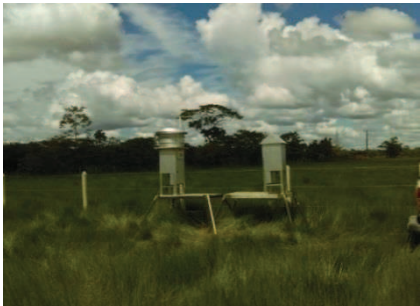


Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

### 3.2.8.3 Monitoreos de calidad de aire y ruido

#### 3.2.8.3.1 *Calidad del aire*

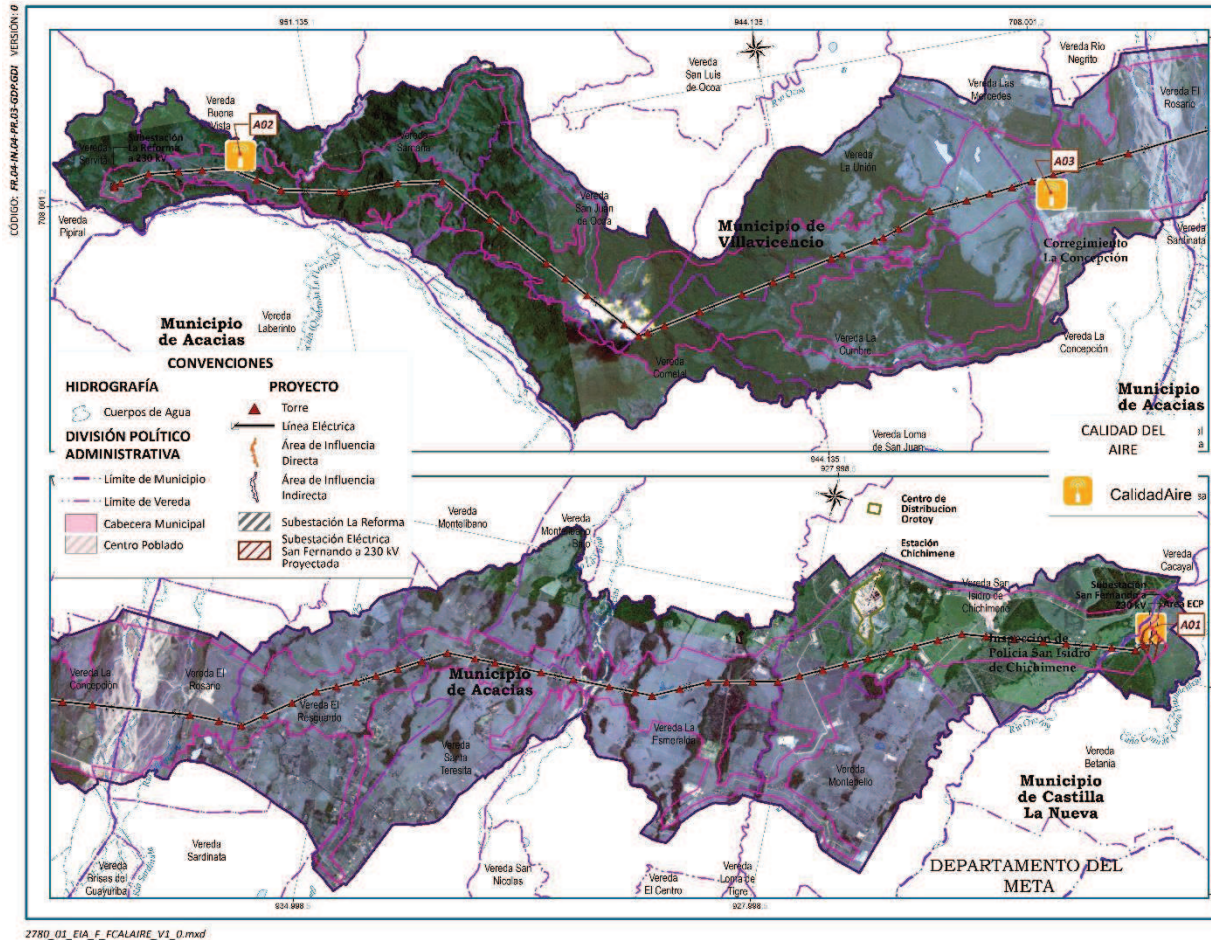
A partir del comportamiento de los vientos y la ubicación de los receptores sensibles (centros poblados) se estableció la red de monitoreo de calidad de aire. A continuación, se presenta la distribución y localización de los puntos de muestreo de calidad de aire. (Ver **Tabla 3.2-166 e Imagen 3.2-142**).

Tabla 3.2-166 Estaciones de monitoreo de calidad del aire

PUNTO DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS	LOCALIZACIÓN
A1		E: 1043667,82 N: 922293,02	Se localiza en la vereda Betania en el predio donde se localizará subestación San Fernando,
P2		E: 1041445,16 N: 951887,44	Se ubica en la vereda Buena Vista. No se presentan barreras vivas significativas al encontrarse en la cima de una colina, vientos abajo se localiza la entrada al túnel Buena Vista
P3		E: 1038638,80 N: 939512,14	Esta estación de monitoreo se localiza en mediciones de la plata dosificadora de concreto Argos y Gravicon y la vía nacional que comunica a Villavicencio con Acacias la cual se encuentra pavimentada

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Imagen 3.2-142 Ubicación espacial de la localización de las estaciones de monitoreo de calidad del aire



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

De acuerdo con los reportes del laboratorio Daphnia Ltda, los cuales se presentan en el **Anexo D.7 – Componente atmosférico**, se tomaron los valores de las mediciones realizadas para los contaminantes criterio, los cuales se llevaron a condiciones de referencia (726 mm Hg y 301,15 °K) y se compararon con los niveles máximos permisibles en el aire según las Resolución 610 de 2010 del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. A continuación, se presentan los valores promedio de concentración para cada sitio de muestreo (**Tabla 3.2-167**).

**Tabla 3.2-167 Reportes de monitoreo de calidad del aire**

CONTAMINANTE	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE		TIEMPO DE EXPOSICIÓN	CONCENTRACIÓN PROMEDIO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			CONFORMIDAD
	Ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		Estación P1	Estación P2	Estación P3	
Partículas suspendidas total (PST)	-	300	24 horas	18,63	19,57	29,28	CUMPLE
Material particulado ( $\text{PM}_{10}$ )	-	100	24 horas	13,62	14,12	11,61	CUMPLE
Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )	-	250	24 horas	4,31	4,25	4,31	CUMPLE
Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )	-	150	24 horas	8,78	9,60	7,73	CUMPLE
Monóxido de carbono (CO)	35	40.000	1 hora	61,53	64,97	62,45	CUMPLE

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Los reportes de PST,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  y CO y registran valores inferiores al límite de norma, lo que evidencia que las fuentes presentes generan una carga mínima sobre la atmósfera.

- **Mapa de concentración de contaminantes atmosféricos**

Con la finalidad de obtener una correlación entre la calidad del aire y la salud de los receptores sensibles se elaboraron los mapas de Isopletras con el fin de visualizar la distribución espacial actual de los contaminantes atmosféricos en los sitios donde se llevó a cabo la campaña de monitoreo, se realizó una interpolación con los datos reportados por el laboratorio en cada una de las estaciones. (**Imagen 3.2-143** a **Imagen 3.2-147**).

- **Índices de calidad del aire (ICA)**

Los resultados de las concentraciones de monitoreo, se llevaron a un valor adimensional mediante el cálculo del Índice Nacional de Calidad del Aire<sup>77</sup> (en adelante ICA), que fue comparado con el rango establecido en la clasificación de dicho índice para cada contaminante, esto con el fin de determinar afectación a la salud de los pobladores (**Tabla 3.2-168**).

<sup>77</sup> Índice Nacional de Calidad del Aire. Sistema de información sobre calidad del aire (SISAIRE). Disponible en: <http://www.sisaire.gov.co:8080/faces/indiceIndicador/indiceNacionalDepartamentos.jsp>

Tabla 3.2-168 Índice nacional de calidad del aire

ICA	Clasificación	O3	PM10	PM2.5	CO	SO2	NO2
		ug/m3 8 horas	ug/m3 24 horas	ug/m3 24 horas	mg/m3 8 horas	ug/m3 24 horas	ug/m3 24 horas
0 - 50	Buena	0	0	0	0	0	0
		116	54	15.4	5.1	90	100
50 - 100	Moderada	117	55	15.5	5.2	91	101
		147	154	40.4	10.9	378	188
100 - 150	Dañina a la Salud	148	155	40.5	11	379	189
		187	254	65.4	14.3	587.5	677
150 - 200	Muy Dañina a la salud	188	255	65.5	14.4	587.6	678
		225	354	158.4	17.8	787.8	1229
200 - 300	Peligrosa	227	355	158.5	17.9	787.6	1221
		734	424	250.4	35	1583.5	2349
300 - 500	Muy Peligrosa		425	250.5	35.1	1583.6	2350
			604	500.4	58	2631	3852

Fuente: Protocolo calidad de aire – Operación 2010

De acuerdo a lo anterior, los ICA para PM10, CO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> se registran con la calificación de buena; lo que indica que no se asociaran afectaciones a la salud de los pobladores por la calidad del aire ni acciones preventivas para reducir el impacto. De acuerdo a lo anterior no se establecen zonas críticas de contaminación.

#### • Conclusiones del componente aire

La contaminación del aire resulta de una compleja mezcla, de diversas fuentes, que van desde las chimeneas industriales y los vehículos automotores, hasta el uso individual de productos de aseo, limpiadores domésticos y pinturas; incluso la vida animal y vegetal puede desempeñar un papel importante en el problema<sup>78</sup>. Dado que la mayor parte del área de influencia es rural, las principales fuentes de emisión están asociadas a las actividades industriales (extracción de materiales de construcción y petróleo) la quema de residuos sólidos, las fuentes móviles.

Sin embargo, los resultados de los monitoreos se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la norma nacional de calidad del aire y los niveles de inmisión para los contaminantes monitoreados en relación al tiempo de exposición. No representan en la actualidad un riesgo para el ambiente y no deben afectar la salud de la población asentada en el área de influencia. En razón de ello y teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución No. 610 de 2010, el nivel de calidad del aire o inmisión del área de influencia se clasifica como Nivel Normal (Nivel I).<sup>79</sup>

A partir del comportamiento de las Isopletas; se evidencia que al interior del área de influencia no se localizan zonas o fuentes de emisión con aportes importantes de contaminantes atmosféricos. La estación de monitoreo que registra los mayores aportes de PM10, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y CO, es la A2 la cual se localiza en la vereda Buena Vista; las fuentes que se asocian a este punto son el flujo vehicular que transita por la vía Bogotá - Villavicencio y los extractores del túnel Buena Vista. El único contaminante que registra un

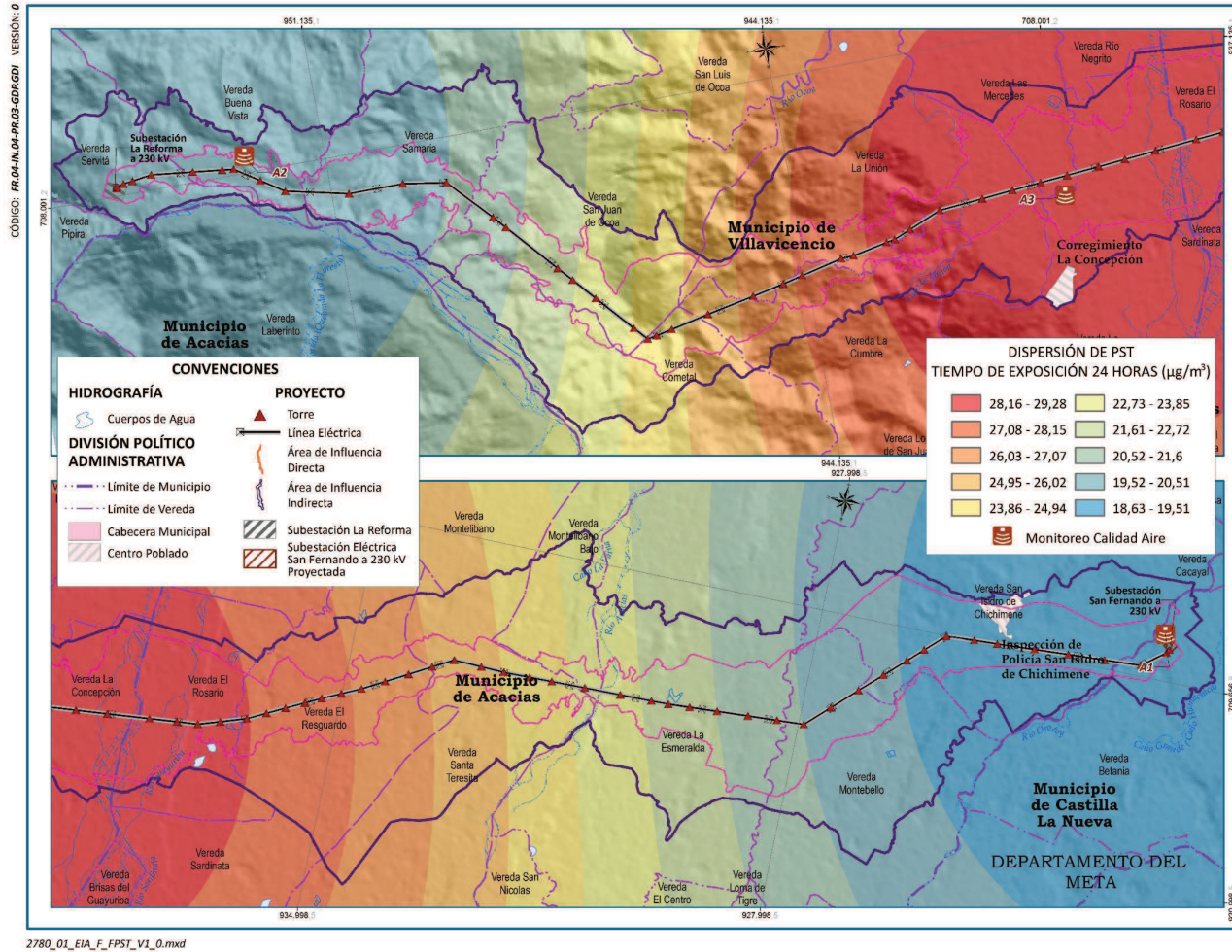
<sup>78</sup> Op. Cit., p. 2

<sup>79</sup> Op. Cit., p. 2

aporte mayor sin superar los límites normativos es el PST en la estación A3, el cual se asocia a las actividades de extracción de materiales pétreos y al arado de la tierra.

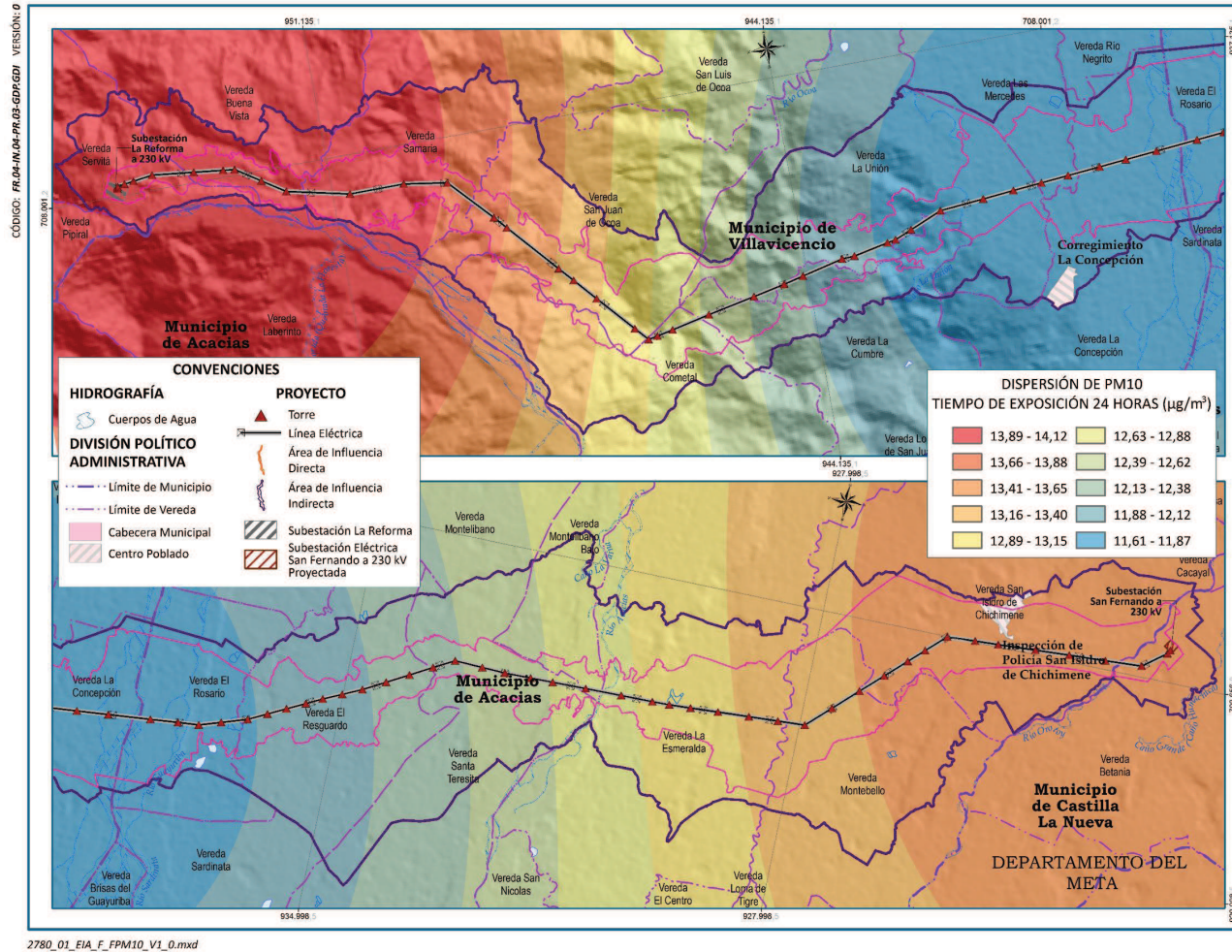


Imagen 3.2-143 Distribución espacial de las Isopletas de PST



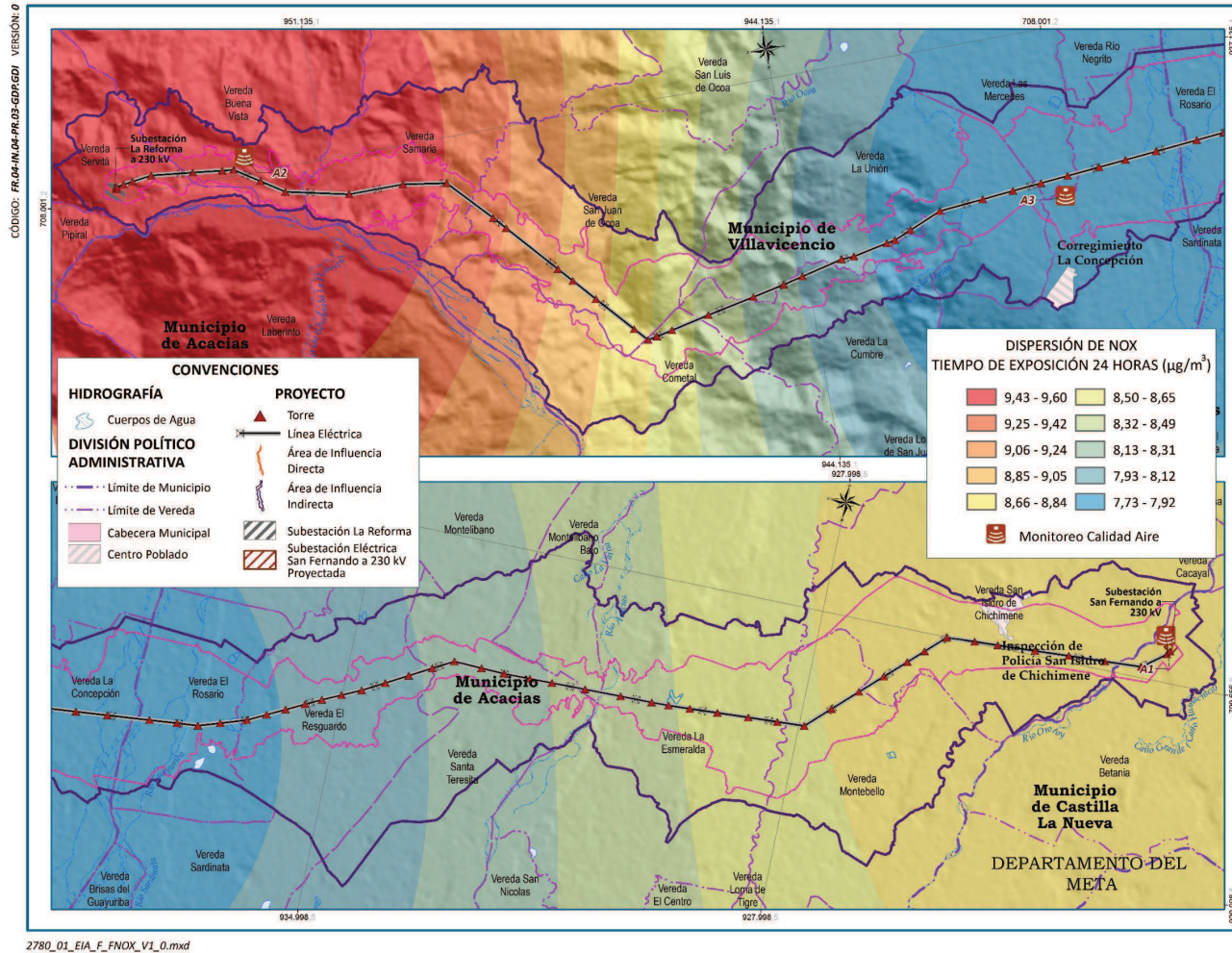
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Imagen 3.2-144 Distribución espacial de las isopletas de PM<sub>10</sub>



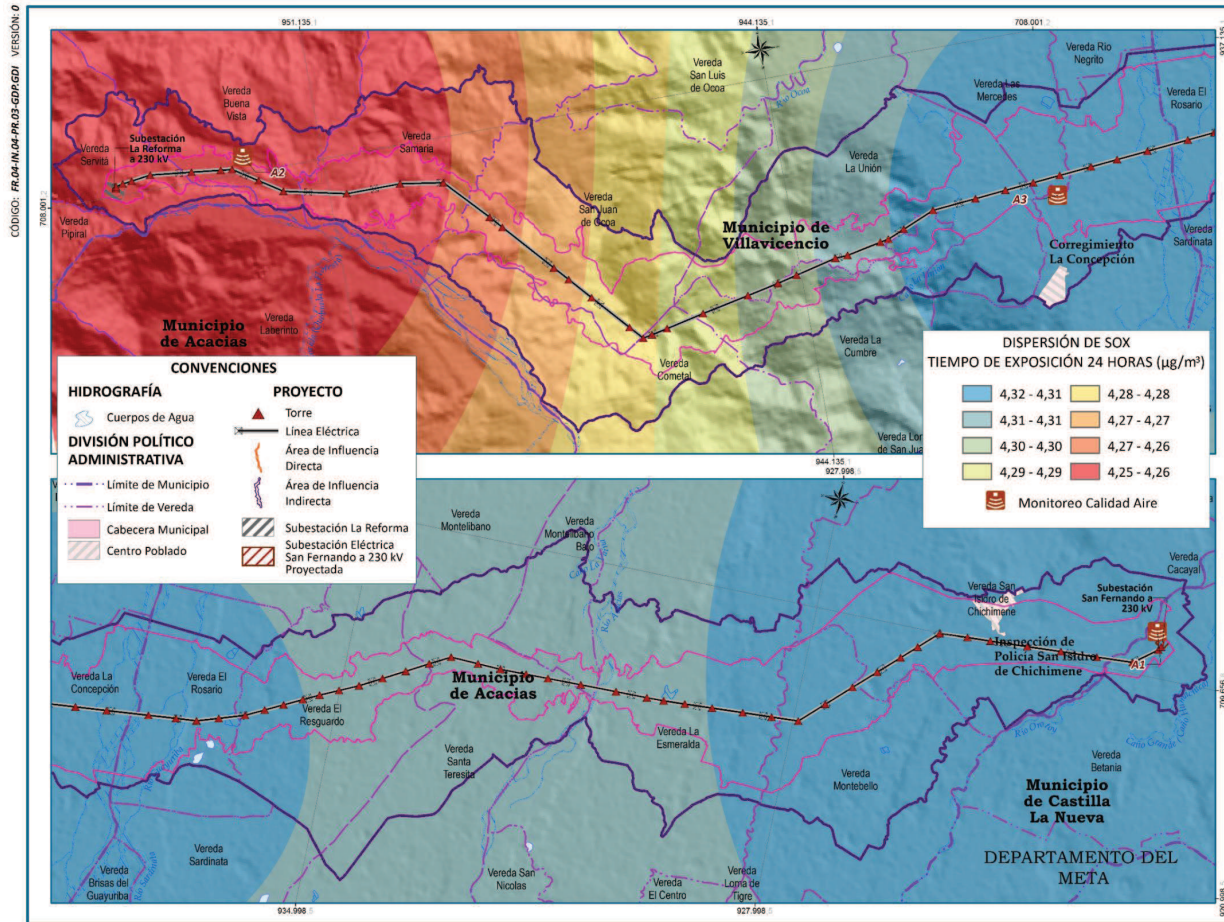
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Imagen 3.2-145 Distribución espacial de las Isopletas de NOx



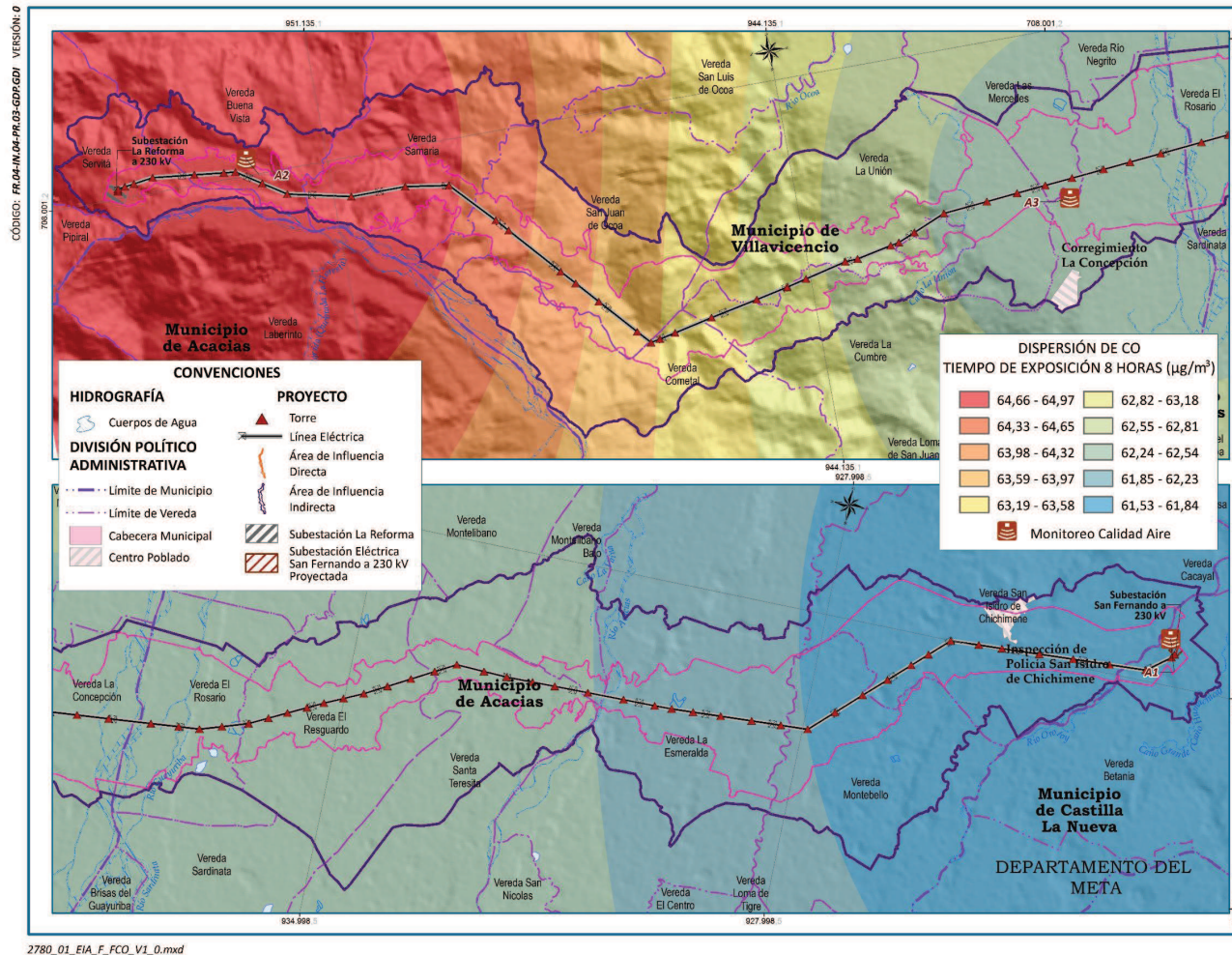
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Imagen 3.2-146 Distribución espacial de las Isopletas de SOX



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Imagen 3.2-147 Distribución espacial de las Isopletas de CO



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

### 3.2.8.3.2 Ruido

- **Identificación de las fuentes de ruido**

En el numeral 3.1.8.2.4 inventario de emisiones, se describen las fuentes lineales y fijas y donde se indica que estas fuentes no solo generan emisiones de material particulado y gases a la atmósfera, si no, que a su vez generan cambios en los niveles de la presión sonora por el uso constante de pitos, cornetas, equipos y maquinaria.

Es importante resaltar que la dinámica de fauna silvestre presente principalmente en horario nocturno, se reconoce como una fuente dispersa que puede generar niveles de presión sonora importantes.

Las actividades que pueden llegar a generar cambios en los niveles de presión sonora por la implementación del proyecto, se presentan durante el desarrollo de las etapas constructivas y de desmantelamiento (**Tabla 3.2-169**).

**Tabla 3.2-169 Fuentes de emisión de ruido asociados al proyecto**

ETAPA	ACTIVIDAD	FUENTES DE EMISIÓN
Etapa Constructiva	Adecuación de accesos	Durante de la ejecución de las actividades en la etapa constructiva y de desmantelamiento, se utilizarán equipos y maquinaria que requieren de motores y de herramientas que generan vibraciones provocando cambios en los niveles de presión sonora.
	Captación de agua superficial	
	Adecuaciones de uso temporal	
	Remoción de cobertura vegetal	
	Excavación para cimentación de torres	
	Cimentación, relleno y compactación de materiales	
Movilización, de maquinaria, materiales, equipo y personal		
Etapa Desmantelamiento	Desmonte de equipo electromagnético de obras civiles	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

- **Monitoreo de ruido ambiental**

Con el objetivo de caracterizar los niveles de presión sonora que se generan por las actividades que actualmente se localizan por el trazado de la línea de transmisión eléctrica, se realizó un monitoreo de ruido ambiental conformado por 14 puntos de medición los cuales se encuentran distribuidos en los municipios Villavicencio, Acacias y Castilla la Nueva.

El criterio de ubicación de los puntos de muestreo se llevó a cabo con el objetivo de espacializar las fuentes de emisión de ruido de origen antrópico (vías, centros poblados, actividades industriales representativas), motivo por el cual, la mayor cantidad de los puntos se localizaron en inmediaciones a las vías o actividades industriales, por otra parte y con el objetivo de evidenciar los niveles de presión sonora que se originan por fuentes de emisión de ruido de origen natural se localizaron puntos en zonas donde los niveles de ruido se asocian a la dinámica de la fauna local.



Tabla 3.2-170 Puntos de monitoreo de ruido ambiental

ID Punto de monitoreo	Estación de monitoreo	COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		Sector - Subsector Res 627/06	RESULTADOS RUIDO AMBIENTAL DIURNOS					RESULTADOS RUIDO AMBIENTAL NOCTURNOS				
		Este	Norte		Día	LAeq,d Corr	L90	L10	Res 627/06	Día	LAeq,n Corr	L90	L10	Res 627/06
RA1	Hacienda Cumaribo	1038639,00	939512,00	D2	H	55,1	45	52,6	55	H	63,1	51,5	57,4	45
					F	55,7	44,4	51,58	55	F	67,8	50,2	65,9	45
RA2	Vereda El Rosario	1040195,00	936331,00	D2	H	53,3	40,3	46,6	55	H	63,6	50,3	52,5	45
					F	55,1	42,7	50,3	55	F	65,4	38,1	53,2	45
RA3	Vereda Santa Teresita	1041089,00	932524,00	D2	H	68	45,8	63,6	55	H	70,7	42,1	64,0	45
					F	69,5	41,1	60,4	55	F	67,4	43,1	59,8	45
RA4	Estación Chichimene	1043682,00	926397,00	D1	H	70,7	46,5	66,2	55	H	67,9	51,6	61,5	45
					F	68,3	46,4	63	55	F	66,8	50,6	60,5	45
RA5	Estación La Reforma	1041048,00	953877,00	C4	H	76,4	44,2	75,3	80	H	78,3	49,9	74,5	70
					F	70,1	48,1	68,8	80	F	81,1	58,2	76,6	70
RA6	Retén de Policía - Hacienda La Flor	1041290,00	952353,00	C4	H	76,2	48,6	74,6	80	H	61,9	52,3	55,4	70
					F	74,1	45,1	70,8	80	F	64,7	53,8	58,9	70
RA7	Hacienda La Flor	1041448,00	951070,00	D2	H	59	52,1	55,5	55	H	63,5	50,1	56,8	45
					F	64	53,7	57,5	55	F	63,7	51,3	58,7	45
RA8	Las Mercedes	1039863,00	940436,00	C4	H	76,9	59	75,4	80	H	81,5	62,3	76,9	70
					F	75,3	57,8	73,6	80	F	74,3	38,0	62,4	70
RA9	Vereda La Concepción	1038468,00	942107,00	D2	H	58,7	48,7	51,8	55	H	64,3	45,8	58,7	45
					F	49,3	36,4	42,6	55	F	59,7	45,1	53,6	45
RA10	Colegio Santa Teresita	1040326,00	932091,00	B2	H	67,9	46,7	62,6	65	H	69,1	46,4	62,2	50
					F	64,7	44,4	60,2	65	F	68,1	41,8	61,2	50
RA11	Estación San Bernardo	1034668,00	922293,00	D2	H	58,2	50,8	53,1	55	H	60,4	49,9	54,2	45
					F	53,4	42,2	50,2	55	F	59,9	49,3	53,6	45
RA12	Colegio San Isidro de Chichimene	1043462,00	924767,00	B2	H	72,4	54	67,5	65	H	66,3	42,9	58,1	50
					F	72,4	50,4	68,2	65	F	68,8	45,1	60,0	50
RA13	Vereda El Rosario - Gravicon	1039362,00	936634,00	C1	H	79,1	44,2	67,8	75	H	69,0	46,7	61,6	70
					F	75,6	46,2	67,2	75	F	58,5	36,4	44,5	70
RA14	Escuela La Concepción	1037327,00	939783	B1	H	68,9	49,8	66,7	65	H	63,9	46,8	57,4	50
					F	61,4	45,7	57,5	65	F	60,0	35,0	49,2	50

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.



Las mediciones se ejecutaron en horario diurno y nocturno, día hábil (lunes a sábado) y día no hábil (domingos y días festivos) esto con el fin de detectar variabilidad en el comportamiento de la presión sonora. En la **Imagen 3.2-148**, se muestra la ubicación espacial de los monitoreos realizados entre el 27 de abril al 1 de mayo del 2016. En la **Tabla 3.2-170** se presentan los resultados de las jornadas de monitoreo y se agrupan los puntos de medición respecto a las características de la zona donde fueron ejecutados.

Las áreas por las que se diseñó el trazado de la línea de transmisión eléctrica, presentan una diversidad en sus fuentes de emisión de ruido por tal motivo se establecieron tres sectores, de acuerdo a la Resolución 627 de 2006, esta clasificación se tiene en cuenta para establecer los límites máximo permisible de emisión de ruido ambiental.

Sector B **Tranquilidad y Ruido Moderado.**

Sector C Ruido **Intermedio Restringido.**

Sector D **Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado.**

- **Ruido ambiental día hábil y no hábil**

- **Lecturas diurnas**

Los niveles reportados muestran niveles mínimos de diferencia entre los resultados obtenidos entre un día hábil y un día no hábil en un horario diurno; los puntos que registran mayores niveles de presión sonora son los puntos RA5, RA6, RA8, RA13, y RA12 los cuales se asocian al flujo vehicular que transita por la vía Bogotá – Acacias, la actividad de extracción de materiales pétreos y el uso de equipos asociados al campo de producción Chichimene (generadores eléctricos).

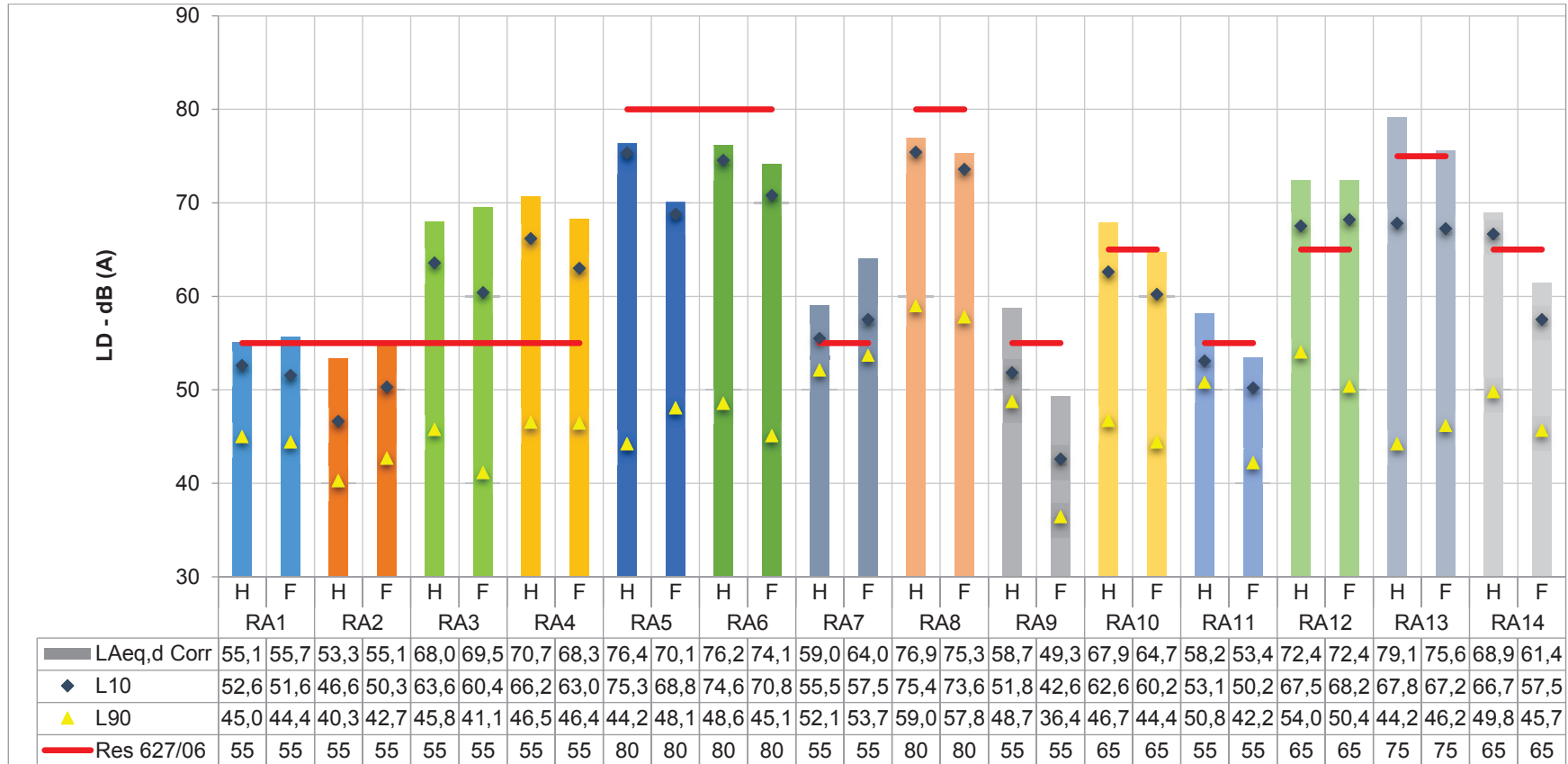
El monitoreo de ruido ambiental en jornada diurna, día hábil y no hábil, se ejecutó entre el 27 de abril al 1 de mayo del 2016. En la **Imagen 3.2-149**, se presentan los resultados obtenidos y en la **Imagen 3.2-151** e **Imagen 3.2-152** se establecen el comportamiento de las isófonas en el área de estudio.

- **Lecturas nocturnas**

No se evidencian cambios importantes entre los valores de presión sonora registrados entre un día hábil y un día no hábil en horario nocturno; Los puntos de monitoreo RA5 y RA8 registran los mayores niveles de presión sonora los cuales se asocian al flujo vehicular que transita por la vía Bogotá –Acacias. En comparación con los registros diurnos se evidencia que los niveles de presión sonora registrados en las zonas industriales (extracción de materiales pétreos o facilidades de producción) se reducen dado que no existe actividad nocturna en estas áreas.

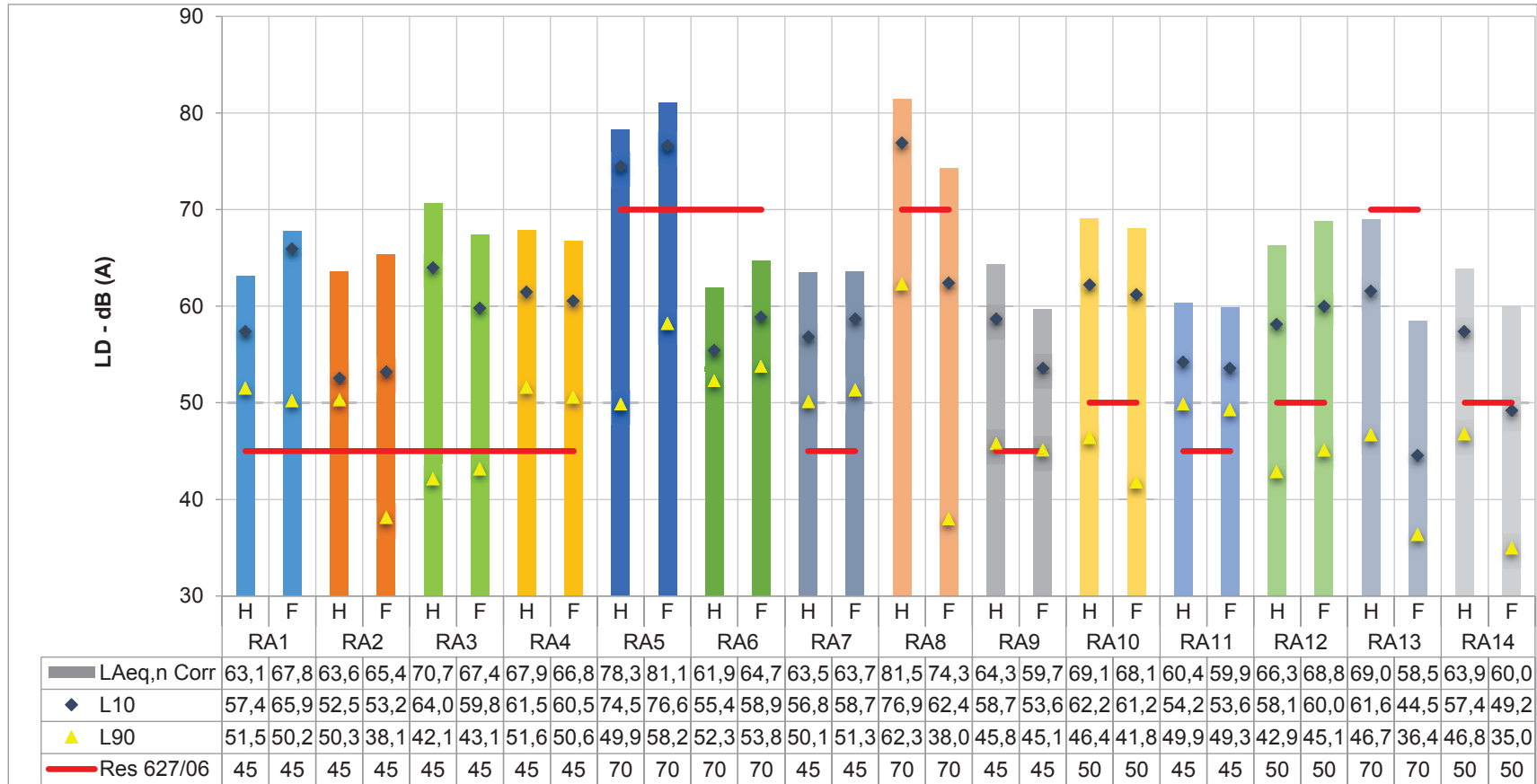
El monitoreo de ruido ambiental en jornada nocturna, día hábil y no hábil, se ejecutó entre el 27 de abril al 1 de mayo del 2016. En la **Imagen 3.2-150**, presentan los resultados obtenidos y en la **Imagen 3.2-153** e **Imagen 3.2-154** se establecen el comportamiento de las isófonas en el área de estudio.

Imagen 3.2-149 Resultados obtenidos en el horario diurno



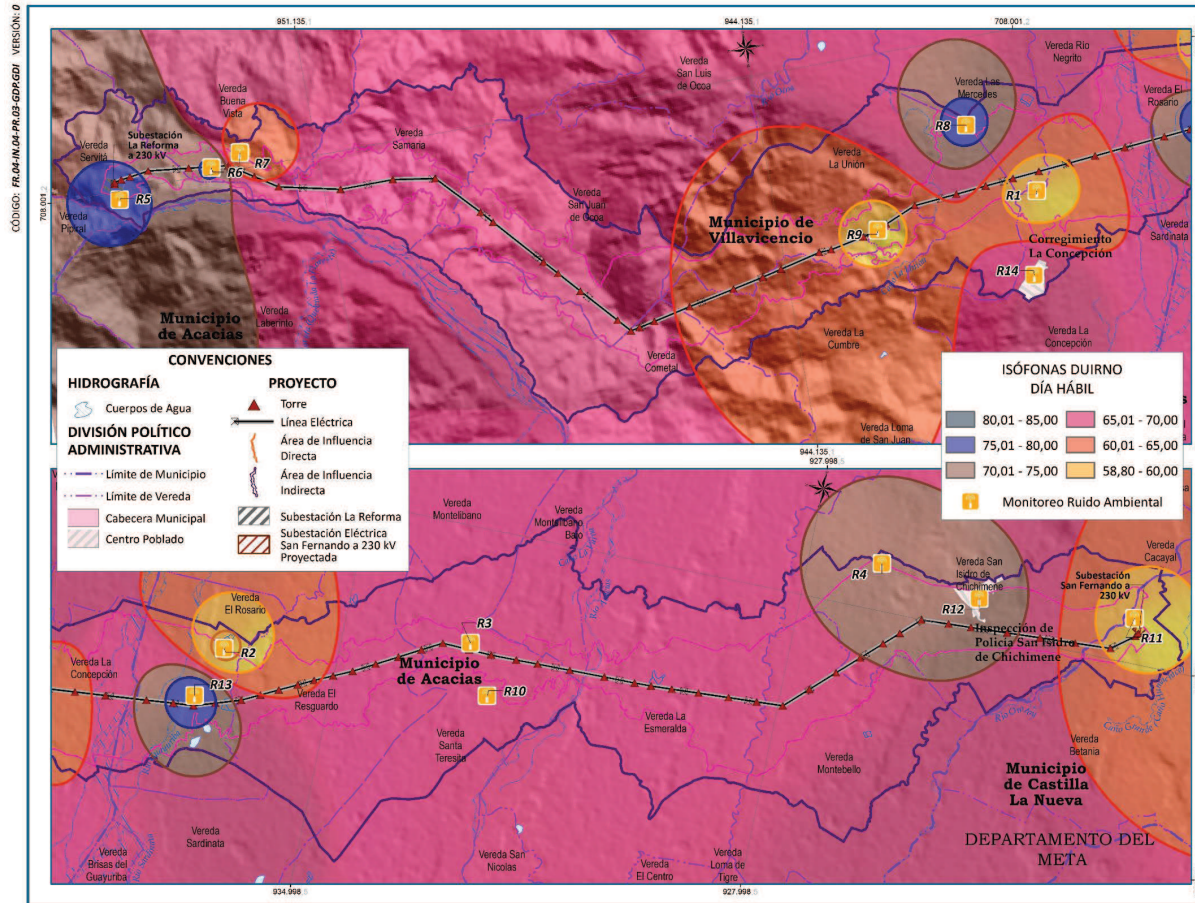
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Imagen 3.2-150 Resultados obtenidos en horario nocturno



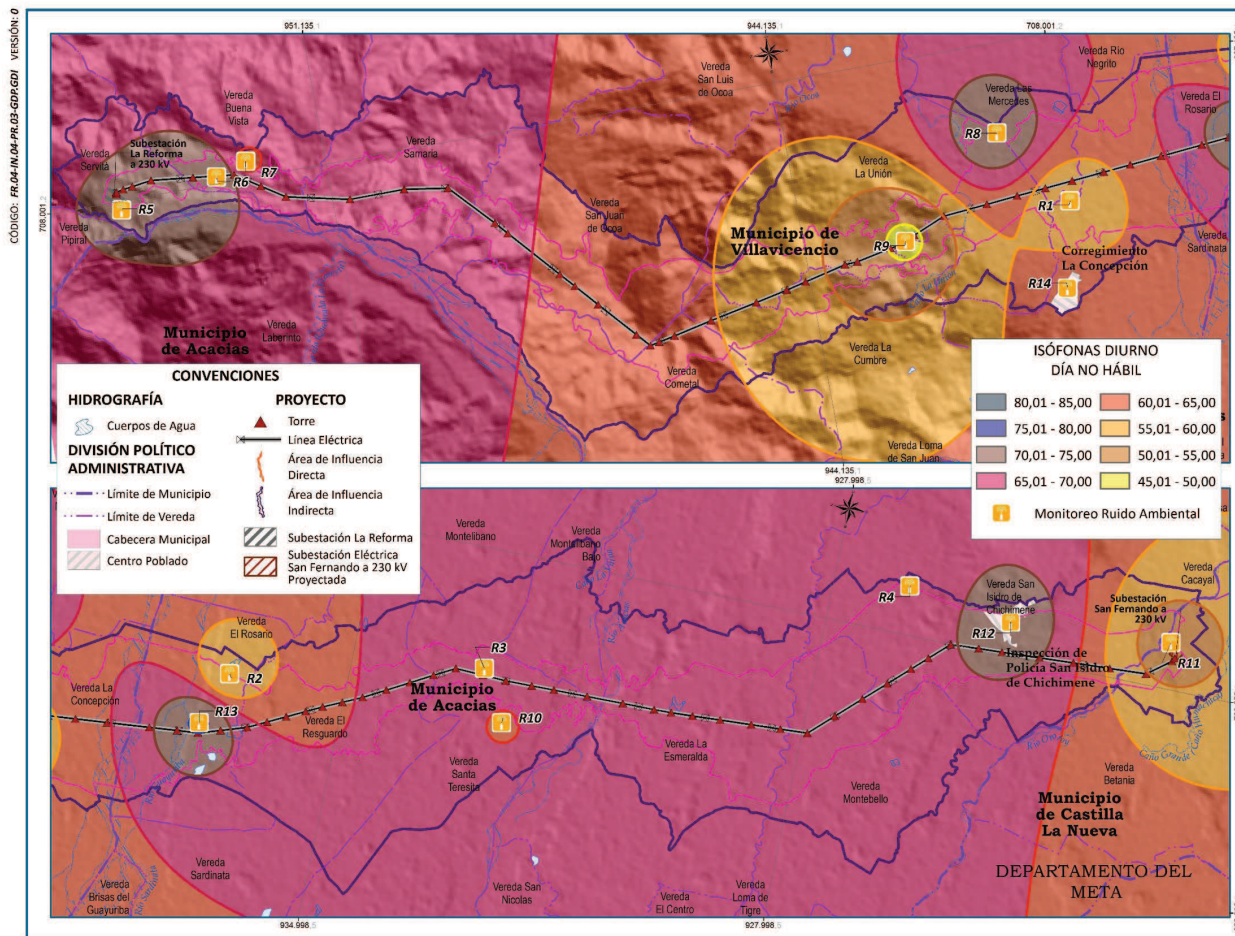
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Imagen 3.2-151 Comportamiento espacial de las Isófonas diurnas (día hábil)



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

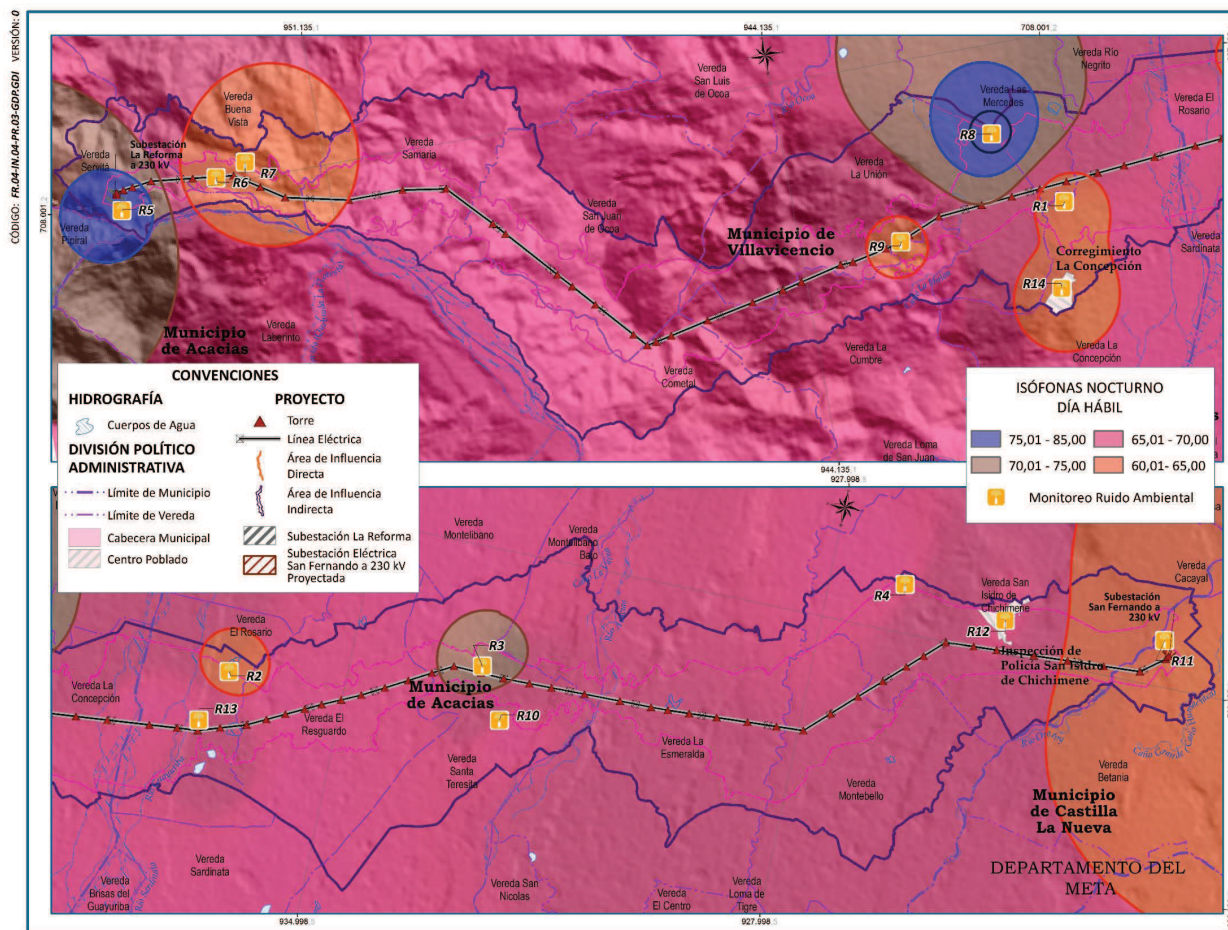
Imagen 3.2-152 Comportamiento espacial de las Isófonas diurnas (día no hábil)



2780\_01\_EIA\_F\_FISODNH\_V1\_0.mxd

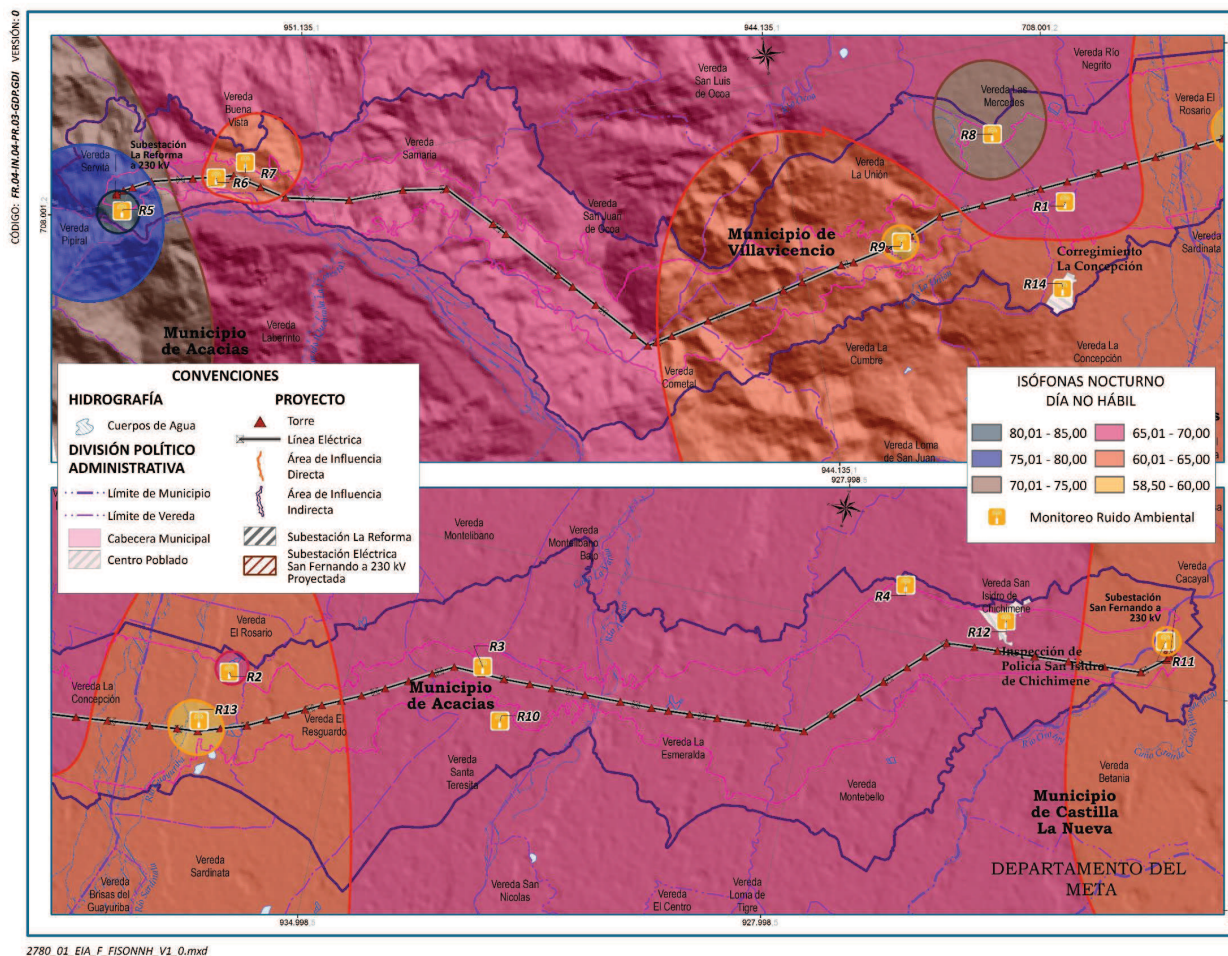
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Imagen 3.2-153 Comportamiento espacial de las Isófonas nocturnas (día hábil)



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

Imagen 3.2-154 Comportamiento espacial de las isófonas nocturnas (día no hábil)



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

#### 3.2.8.4 Conclusiones

Al interior del área de influencia se evidenció una diversificación de actividades y usos del suelo que permiten su sectorización de acuerdo con lo que establece la Resolución 627 del 2006, lo cual permite identificar el comportamiento de las fuentes de emisión a partir de las actividades que se desarrollen en el área.

Los resultados del muestreo realizado en el sector B, evidencian un comportamiento muy similar tanto en los horarios diurnos como nocturnos, así como en las jornadas de día hábil y no hábil, las fuentes que se evidencian principalmente durante las jornadas de monitoreo son equipos de sonido, perifoneo, y movilización de vehículos. Se evidencia que en las noches los niveles de presión sonora aumentan esto debido a que existe una vida nocturna asociada al turismo (bares, restaurantes).

Los muestreos que se llevaron a cabo en el sector C, el cual involucra las mediciones realizadas a lo largo de la ruta nacional 65 y sus vías aferentes, así como en las actividades industriales con permiso de extracción de materiales para la construcción (P13). Por su parte las fuentes móviles son la mayor fuente de generación de ruido, esto producto del paso constante por vías con superficies irregulares, lo cual hace que la vibración de los vehículos genere presión sonora sobre la atmósfera, este impacto aumenta su magnitud debido a los excesos de velocidad y en algunos casos por el uso excesivos de pitos y cornetas. Si bien la extracción de materiales es una actividad que genera presión sonora por el uso de maquinaria, estas se encuentran aisladas y no generan molestias a la población o a la fauna local.

Los sectores que se consideran zonas suburbanas o rurales (sector D) se caracterizan por tener fuentes naturales; asociadas a la presencia de aves, anfibios e insectos. Entendiendo esto, los niveles de presión sonora que se registra en la mayoría de los muestreos se encontraron por encima de los niveles de presión sonora permisibles que se establece en la Resolución 627 del 2006 para un sector rural, lo que manifiesta un alto nivel de dinamismo asociado a las coberturas vegetales. De igual manera se evidencia de manera esporádica la intervención de fuentes de carácter antrópico como el uso de maquinaria y vehículos.

#### 3.2.9 **Geotecnia**

Con la información referida se recurre a la evaluación de las temáticas de geología (tipo de materiales), geomorfología (unidades geomorfológicas definidas en función de las formas del terreno y procesos morfodinámicos), morfometría, suelos y sismicidad, que son las que tienen mayor incidencia dentro de la definición de la determinación de la estabilidad del terreno en función de la susceptibilidad del mismo a presentar movimientos en masa o procesos de inestabilidad.

La demarcación propuesta tiene como finalidad el poder generar una caracterización geotécnica del polígono definido como área de influencia geosférica y fisicobiótica del proyecto, ya que bajo estas se resumen las características físicas (geología, geomorfología, suelos e hidrología) y se definen las ventajas o desventajas de la zona en lo referente a la generación de eventos de inestabilidad o de remoción en masa, escenario que pueden llegar a ser un derrotero de primer orden en la definición de sectores a intervenir con o sin



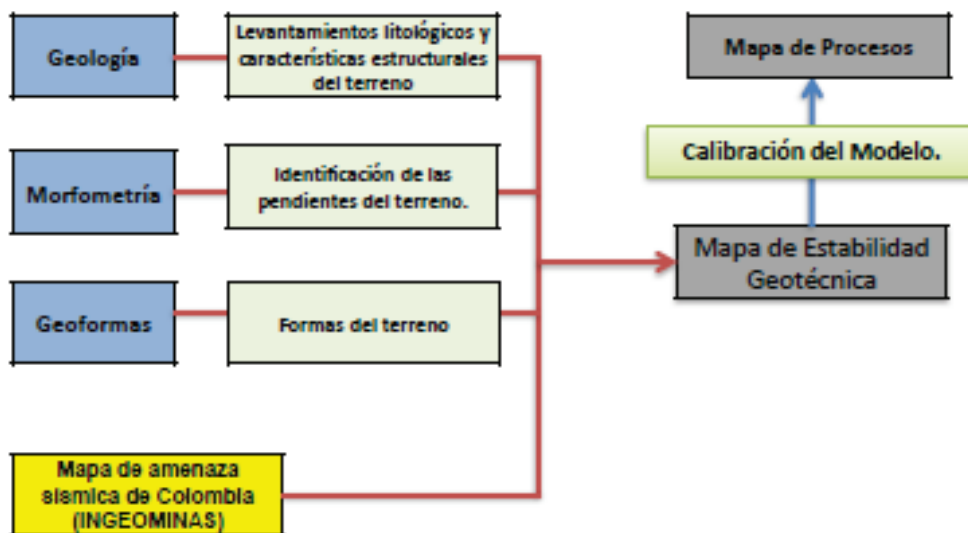
ninguna medida de protección geotécnica que garantice la no exposición de la infraestructura asociada al proyecto. La evaluación sísmica se considera dentro del análisis de amenazas naturales, ya que la misma como tal se considera un detonante.

### 3.2.9.1 Componentes y criterios utilizados para la zonificación geotécnica del área de influencia indirecta (AI)

La sectorización geotécnica del área tiene como objetivo conformar sectores de comportamiento similar, basado en las condiciones geomorfológicas, litología y pendiente, abanico de variables que definen “zonas homogéneas” como factores intrínsecos que inciden en la respuesta del terreno natural frente a su utilización para la construcción de cualquier obra de ingeniería.

A continuación, se relacionan los diferentes componentes y criterios considerados; para los mismos se incluye una breve justificación, los métodos considerados para su evaluación, así como sus ventajas, sus desventajas, las limitaciones y salvedades a las que se tenga lugar (**Imagen 3.2-155**). Así las cosas, el ejercicio a realizar se enfoca en la evaluación de los diferentes criterios, cada uno de los mismos es calificado bajo una escala numérica que va de 1 a 5, en la que 1 es el valor otorgado para la condición de mayor susceptibilidad asociada y 5 define el escenario de mejor condición asociada.

**Imagen 3.2-155 Estructura de la zonificación geotécnica del área de influencia directa (AID) e indirecta (AI) del proyecto**



\*El componente suelos se encuentra inmerso dentro del tema geomorfológico, pues el primero es considerado como uno de los discriminantes para la definición de unidades geomorfológicas al igual que la geología\*

A continuación, se hará una breve, pero detallada descripción de cada una de las variables utilizadas para determinar las áreas de comportamiento homogéneo.

### 3.2.9.1.1 Geología

Para la identificación y análisis de las unidades geológicas aflorantes en el área de influencia directa e indirecta se usó la información secundaria existente en el Servicio Geológico Colombiano SGC (antes de nominado INGEOMINAS), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), e información adquirida durante la campaña de campo efectuada en el mes de abril de 2017. La calificación está orientada a definir y evaluar las características y calidad de las diferentes unidades litológicas identificadas en la zona (**Tabla 3.2-171**).

**Tabla 3.2-171 Unidades geológicas identificadas en el área de influencia indirecta (All) del proyecto**

UNIDAD GEOLÓGICA	SÍMBOLO	SUSCEPTIBILIDAD A LA INESTABILIDAD DEL TERRENO	CALIFICACIÓN
Depósitos coluvio aluviales	Qcal	Muy alta	5
Depósitos aluviales de cauce activo	Qal	Alta	4
Depósitos de cauces menores	Qal2	Moderada	3
Depósitos aluviales subcrecientes	Qal1	Baja	2
Depósito de terraza alta	Qt1	Muy baja	1
Depósito de terraza media	Qt2	Muy Baja	1
Depósito de terraza baja	Qt3	Muy baja	1
Formación Arcillas del Limbo	Pgal	Moderada	3
Grupo Palmichal	KPgp	Moderada	3
Formación Chipaque	Ksc	Alta	4
Formación Une	Kiu	Moderada	3
Formación Fómeque	Kif	Moderada	3
Formación Areniscas de Cáqueza	Kic	Alta	4
Formación Lutitas de Macanal	Kilm	Alta	4

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

La diferenciación de unidades geológicas se realiza en función a los materiales presentes, en otras palabras, a nivel de unidad litológica. Como se aprecia en la tabla anterior, cada unidad geológica identificada se define en primer lugar como depósito y/o roca, esto en aras de asignar una calificación en función a la calidad del material constituyente de cada formación.

En este orden de ideas se asigna a los depósitos de coluvio aluviales (Qcal) una calificación de 5 puntos, esta calificación refleja que estos sectores son proclives a la gestación de diferentes procesos morfodinámicos de alta magnitud como respuesta a la poca consolidación de los materiales aflorantes o allí depositados. Para los depósitos aluviales de cauce activo de las corrientes principales (Qal) se asigna un puntaje de 4 (generación de procesos de inestabilidad), debido a que reflejan la condición de baja consolidación de los depósitos activos que hacen parte de las principales corrientes de la zona (río Guayuriba, Acacias y Orotoy). Los depósitos de cauces menores (Qal2) están asociados a la red del drenaje que disecta las principales formas del terreno y se les asigna un puntaje

de 3 (magnitud moderada). Finalmente, para los depósitos aluviales subcrecientes aledaños a los principales drenajes que disectan la zona se les asigna un valor de 2.

Para las formaciones rocosas estas varían de un puntaje de magnitud moderada a alta ante eventos de inestabilidad.

### 3.2.9.1.2 Rasgos estructurales

En las áreas sujetas a esfuerzos estructurales con fallas activas o no, se presentan rocas fracturadas y/o diaclasadas, debido a que estas áreas están sometidas a un tren de esfuerzos principalmente compresivos y en menor grado distensivos, que generan un comportamiento geomecánico bajo de las rocas aflorantes. Es así, como se tomó para la caracterización de estas rocas una franja de afectación de 200 metros en donde afloran fallas principales (como las fallas de San Pablo, el Buque, entre otras), de 100 metros donde se presentan lineamientos de falla y pliegues (ya sea sinclinales o anticlinales) y de 50 metros para las zonas que presenten fallas inferidas (como la falla de Villavicencio y de Colepato). En la **Tabla 3.2-172**, se presenta los tipos de fallas y la identificación de algunas de ellas dentro del área de influencia indirecta y directa,

**Tabla 3.2-172 Rasgos estructurales identificado en el área de influencia indirecta (All) Del proyecto**

FALLAS	NOMBRE DE LAS FALLAS	RANGO DE AFECTACIÓN (m)	CALIFICACIÓN
PRINCIPALES	Falla de San Pablo	200	5
	Falla El Buque		
LINEAMIENTOS DE FALLA	Sin nomenclatura	100	3
FALLAS INFERIDAS	Falla de Colepato	50	2
	Falla de Villavicencio		
PLIEGUES	Sinclinal de Sevilla	100	2

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.9.1.3 Pendientes

Luego de definir la zona a la luz de las características anteriormente expuestas se genera un cuadro evaluativo en el que se relaciona la inclinación de las laderas y la eventualidad a presentar procesos de inestabilidad y/o movimientos en masa asociados a cada intervalo de pendientes (**Tabla 3.2-173**), esto sin dejar de lado que esta evaluación es el resultado de la caracterización que se dio internamente a cada tipología referida, y se les asigna una calificación que va desde uno hasta cinco, valores que definen para el menor valor el escenario más favorable o de menor riesgo mientras que el mayor define el mayor susceptibilidad frente a fenómenos de remoción en masa.

**Tabla 3.2-173 Evaluación de las pendientes en el área de influencia indirecta (AII) del proyecto**

PENDIENTE		SUSCEPTIBILIDAD A LA INESTABILIDAD DEL TERRENO	CALIFICACIÓN
0-1%	A nivel, 0-1%	Muy baja	1
1-3%	Ligeramente plana, 1-3%	Muy baja	1
3-7%	Ligeramente inclinada, 3-7%	Baja	2
7-12%	Moderadamente inclinada, 7-12%	Baja	2
12-25%	Fuertemente inclinada, 12-25%	Moderada	2
25-50%	Ligeramente escarpada o ligeramente empinada, 25-50%	Moderada	3
50-75%	Moderadamente escarpada o moderadamente empinada, 50-75%	Alta	4
75-100%	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada, 75-100%	Alta	4
>100%	Totalmente escarpada, >100%	Muy alta	5

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

#### 3.2.9.1.4 Formas del terreno

El área de influencia directa ( AID) e indirecta (AII) de Interconexión La Reforma – San Fernando 230 kV , es el resultado de procesos tanto morfoestructurales, denudativos y acumulativos que han dado como resultado una variedad de ambientes morfogenéticos, entre los que encontramos el de montaña, pasando por piedemonte hasta el de planicie fluvial en la zona de los Llanos Orientales; y tipos de relieves representado por filas y vigas (MPFfv1), crestas - crestones y espinazos (MPFfv2), filas – vigas –crestas y crestones (MPFv) y vallecitos (MPFva), terrazas de piedemonte (PMt), Abanicos antiguos (PMA), vallecitos coluviales (PMv), entre otras (**Tabla 3.2-174**).

**Tabla 3.2-174 Sistema Jerarquizado de la geomorfología en el área de influencia indirecta (AII) del proyecto**

TIPO DE RELIEVE	NOMENCLATURA, ANTEA 2017	SUSCEPTIBILIDAD A LA INESTABILIDAD DEL TERRENO	CALIFICACIÓN
Filas - vigas	MFfv1	Alta	4
	MFfv2	Moderada	3
Crestas, crestones y espinazos	MPcc	Moderada	3
Filas – vigas, crestas y crestones	MPFfv	Alta	4
Vallecitos Coluvio - aluviales	MPva	Muy alta	5
Terrazas	PMt	Baja	2
Abanicos Antiguos	PMAa	Baja	2
Vallecitos de piedemonte	PMv	Moderada	3
Terraza agradacional nivel 1	At1	Baja	2
Terraza agradacional nivel 2	At2	Baja	2
	Ai1	Baja	2

TIPO DE RELIEVE	NOMENCLATURA, ANTEA 2017	SUSCEPTIBILIDAD A LA INESTABILIDAD DEL TERRENO	CALIFICACIÓN
Plano de inundación de la planicie	Ai2	Baja	2
Vallecito Aluvial	Av	Alta	4
Plano de inundación del valle	Vpi	Baja	2
Vallecitos coluvio - aluviales	Vvca	Moderada	3

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

### 3.2.9.1.5 Morfodinámica

La caracterización morfodinámica permite la identificación de los procesos denudativos (i.e: erosión y movimientos en masa) que se desarrollan en un área determinada de manera tal que son los responsables del modelado y estado actual de las geoformas del sector; estos procesos pueden ser proyectados al futuro de manera tal que se tenga una apreciación sobre la estabilidad del terreno donde se proyecta la construcción de la línea de flujo e infraestructura asociada.

Los movimientos en masa incluyen los movimientos de suelo o roca inducidos por la acción de la gravedad y en algunos casos de la presencia de agua. Su evolución está ligada a las características litológicas, el grado de meteorización, la disposición estructural de los materiales, las características topográficas del terreno y el clima imperante que puede incidir en el contenido de humedad de los materiales (esto es común en épocas de lluvias). Como movimientos en masa se agrupan la reptación de suelos, los flujos, los deslizamientos (rotacionales y traslacionales), la expansión de terrenos y las combinaciones que se puedan dar de estos fenómenos (Cruden and Varnes, 1996). En consonancia con las apreciaciones anteriores, este criterio es evaluado a partir de la presencia de procesos morfodinámicos, los cuales se presentan en la **Tabla 3.2-175**.

**Tabla 3.2-175 Morfodinámica del área de influencia indirecta (All) del proyecto**

CRITERIO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	SUSCEPTIBILIDAD A LA INESTABILIDAD DEL TERRENO	
			RANGO	CALIFICACIÓN
MORFODINÁMICA	PROCESOS MORFODINÁMICOS	Flujo de detritos y socavación lateral	Muy alto	5
		Deslizamientos (rotacional y traslacional), flujos de tierra, caída de bloques y suelo	Alto	4
		Erosión en cárcavas y en surcos	Moderado	3
		Erosión laminar	Bajo	2
		Áreas sin evidencias de inestabilidad	Muy Baja	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

En este orden de ideas, la zona con más alta calificación (puntaje 5) está asociada a los movimientos en masa denominados flujo de detritos y procesos de socavación lateral asociados al río Guayuriba, Los movimientos en masa de carácter local asociados al deslizamiento, flujos de tierra, caída de bloques, entre otros, se les asignó un valor de 4 (alta susceptibilidad del terreno a presentar eventos de inestabilidad). Los procesos de erosión ya sea cárcavas hasta surcos están calificados de moderado (puntaje de 3) a bajo (puntaje de 2). Las áreas que no presentan estas características mencionadas en la tabla antes citada, presentan un valor de 1 y reflejan muy baja afectación a los procesos de inestabilidad (**Tabla 3.2-175**).

### 3.2.9.1.6 Sismicidad

A partir de la información consignada en la NSR-2010 se aprecia que las áreas de influencia directa (AID) e indirecta (AII) se ubican en una franja definida como de amenaza sísmica alta, por lo tanto, se les asigna un valor de 4 (**Tabla 3.2-176**).

**Tabla 3.2-176 Valores de aceleración (Aa) y velocidad pico (Av) – Definición de la zona de amenaza sísmica asociada**

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AA	AV	ZONA DE AMENAZA SÍSMICA	CALIFICACIÓN
Meta	Villavicencio	0.25	0.30	Alta	Alta
	Acacias	0.20	0.30	Ata	Alta

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título A. 80.

### 3.2.9.2 Zonificación geotécnica

A partir de las diferentes temáticas referidas en los apartados anteriores se realizan diferentes cruces de información que permiten dividir en zonas o sectores de comportamiento similar “zonas homogéneas”. Luego estas son agrupadas en función a las calificaciones obtenidas al sumar los puntajes asignados a cada criterio en cinco unidades, las cuales definen la inestabilidad geotécnica. Para la definición de esta sectorización se considera que el escenario de menor puntaje acumulado (mayor sensibilidad geotécnica) es aquel en el que los criterios considerados arrojan la suma de los puntajes más bajos y viceversa, las clasificaciones de los puntajes en función a la estabilidad geotécnica se presentan en la **Tabla 3.2-177**.

**Tabla 3.2-177 Evaluación de las variables identificadas en el área de influencia indirecta (AII) del proyecto**

CALIFICACIÓN TOTAL DE COMPONENTES (CRITERIOS)	SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS MORFODINÁMICOS	ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
6	Muy Baja	Muy Alta

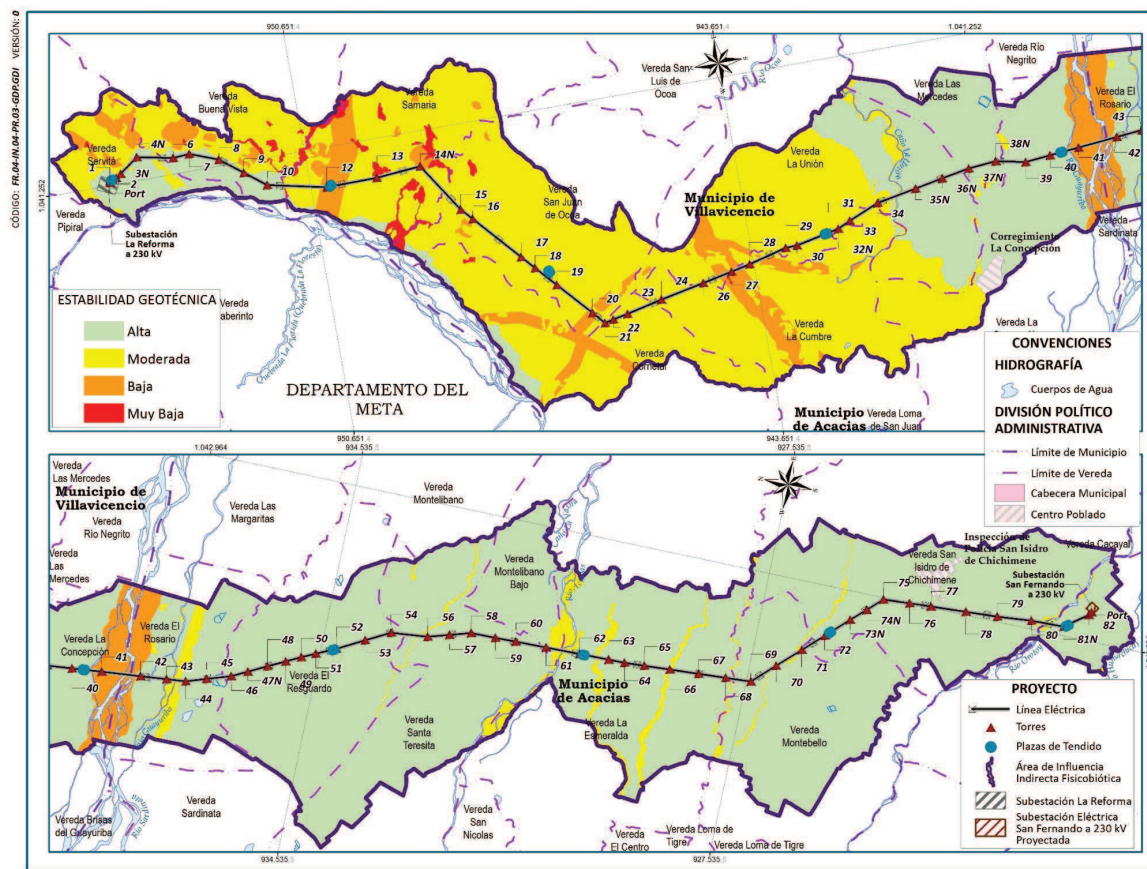
<sup>80</sup> Op. Cit., P10.

CALIFICACIÓN TOTAL DE COMPONENTES (CRITERIOS)	SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS MORFODINÁMICOS	ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
7	Baja	Alta
8	Baja	Alta
9	Baja	Alta
10	Baja	Alta
11	Baja	Alta
12	Baja	Alta
13	Moderada	Moderada
14	Moderada	Moderada
15	Moderada	Moderada
16	Moderada	Moderada
17	Moderada	Moderada
18	Moderada	Moderada
19	Alta	Baja
20	Alta	Baja
21	Alta	Baja
22	Alta	Baja
23	Alta	Baja
24	Alta	Baja
>25	Muy Alta	Muy Baja

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

La representación gráfica de la misma se plasma en la **Imagen 3.2-156** y en el Mapa de Zonificación **Geotécnica EEB-SFDO-CT100614-L170-HSE-2040** y la descripción de cada una de las zonas definidas se consigna en la **Tabla 3.2-178**.

**Imagen 3.2-156 Zonificación geotécnica del área de influencia directa (AID) e indirecta (AII) del proyecto**



ZonificacionGeotecnica.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.



**Tabla 3.2-178 Zonificación geotécnica del área de influencia directa (AID) e indirecta (AI) del proyecto**

ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN	SENSIBILIDAD GEOTÉCNICA	ÁREA INFLUENCIA DIRECTA		ÁREA INFLUENCIA INDIRECTA	
			ha.	%	ha.	%
Alta	Se asocia con el paisaje de piedemonte y los relieves de terraza y abanico antiguo donde se presenta escurrimiento difuso y concentrado en los drenajes naturales, cuyas márgenes se encuentran desprovistas de vegetación y afectadas por saltación pluvial que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando materiales finos. Las pendientes establecidas se encuentran entre el 1 y el 7% y entre el 7 y el 12% en algunos sectores. Se asocia con la unidad geológica denominada depósitos aluviales reciente (Qa1) y los depósitos de terrazas (Qt1, Qt2 y Qt3). Adicionalmente, geomorfológicamente hacen parte las formas del terreno denominadas planos de inundación (I1 y I2) Depósitos aluviales subcrecientes de terrazas y las unidades geomorfológicas denominadas Terraza agradacionales nivel 1 y Terraza agradacional nivel 2 y los planos de inundación de planicie (AI1 y AI2) y los de valle (Vp1). Morfométricamente presentan pendientes a nivel (0-1%) y moderadamente inclinados (7-12%). Esta zona se considera geotécnicamente estable y actualmente se observa el desarrollo de infraestructura vial y asentamientos humanos en la misma.	Baja	63,81	59,88	5.872,77	59,20
Media	Geológicamente hace parte de esta categoría las unidades de rocas duras y blandas de la Formación Formación Lutitas de Macanal, Formación Areniscas de Caqueza, y Formación Fomeque, Formación Une, Formación Chipaque, Grupo Palmichal y Formación Arcillas del Limbo, cuyos materiales predominantemente arcillo-limosos susceptibles a la generación y/o activación de procesos erosivos como respuesta a la poca consolidación de los materiales aflorantes y al fallamiento geológico existente en la zona. Geomorfológicamente se asocia al paisaje de montaña fluvio-gravitacional, y montañas plegadas fluvio-gravitacionales, donde se presentan pendientes donde predomina el ligeramente escarpado o ligeramente empinado (25-50%), en los cuales se presentan procesos morfodinámicos representados por áreas afectadas por procesos de reptación y erosión. Adicionalmente, se asocia con el paisaje de planicie. A nivel de sismicidad representa las franjas de terreno definida con un alta amenazas ante eventos sísmicos. De acuerdo con las variables geológicas, geomorfológicas y de sismicidad estas zonas tienen una categoría de estabilidad media.	Media	36,03	33,81	3.398,41	34,25
Baja	Geológicamente se asocia con las unidades geológicas denominadas depósitos coluvio aluviales (Qcal) y los depósitos de cauce activos (Qal), los primeros constituidos por una acumulación inconsolidada de materiales arcillosos limosos y depósitos de derrubios localizados sobre las laderas del piedemonte y los segundos constituidos por bloques, cantos, gravas y arenas y que hacen parte del cauce activo del río Guayuriba, respectivamente. Estructuralmente, está asociado con las franjas afectadas por la tectónica del área y donde se localizan rocas de bajo comportamiento geotécnico. Geomorfológicamente, está asociada a los ambientes estructural y estructural - denudativos donde se identifican tipos de relieve denominados como finas, vigas, crestas y crestones. Morfométricamente representa las geoformas que presentan una pendiente moderadamente escarpada a totalmente escarpada en la vertiente del piedemonte llanero (paisaje de montaña) y a las zonas de pendientes planas a ligeramente planas asociadas con el río Guayuriba. Morfodinámicamente representa los procesos de inestabilidad denominados flujos de detritos, socavación lateral, deslizamientos rotacionales y traslacionales, caída de bloques. De acuerdo con las variables geológicas, geomorfológicas y de sismicidad estas zonas tienen una categoría de estabilidad baja.	Alta	6,17	5,79	569,81	5,74
Muy Baja	Geológicamente se asocia con las unidades geológicas denominadas depósitos coluvio aluviales (Qcal), y los depósitos de cauce activos (Qal) con su valle de inundación, los primeros constituidos por una acumulación inconsolidada de materiales arcillosos limosos y depósitos de derrubios localizados sobre las laderas del piedemonte y los segundos constituidos por bloques, cantos, gravas y arenas y que hacen parte del cauce activo del río Guayuriba, Acacias y orotoy, respectivamente.	Muy Alta	0,55	0,52	79,94	0,81
<b>ÁREA TOTAL</b>			<b>106,56</b>	<b>100,00</b>	<b>9.920,93</b>	<b>100,00</b>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2016.

### 3.2.9.3 Componentes y criterios utilizados para la zonificación geotécnica del área de influencia directa (AID)

A continuación, se presenta una descripción breve pero detallada de la metodología desarrollada para determinar la zonificación geotécnica de las torres localizadas dentro del área de influencia directa (AID). Así mismo, en el **Anexo D.8 – Componente geotécnica** se presenta el estudio de suelos, registro fotográfico, registros de perforación, ensayos de laboratorio (ensayos de resistencia, densidad, límites, análisis granulométricos) y registros de medidas de resistividad del suelo.

#### 3.2.9.3.1 *Trabajo de campo*

Para realizar la caracterización geotécnica del área de influencia directa (AID) se programó una etapa de exploración del subsuelo, la cual consistió en la elaboración de un total de 55 sondeos mecánicos y manuales (para un total de 273,45 ml). En la Tabla 3.2.173 se presentan las coordenadas de los sondeos y las profundidades alcanzadas en cada uno de estos. En las perforaciones se realizaron ensayos de resistencia a la penetración estándar muestras remoldeadas para clasificación visual y para efectuar en el laboratorio ensayos de clasificación, granulometría y humedad natural. En los estratos en donde fue posible se recuperaron muestras inalteradas en tubos Shelby sobre las que se llevaron a cabo ensayos de compresión inconfiada y clasificación. (SPT).

#### 3.2.9.3.2 *Resultados y análisis de las pruebas de campo y de laboratorio*

En las perforaciones se realizaron ensayos de resistencia a la penetración estándar (SPT). Obteniendo muestras remoldeadas para su clasificación visual y para efectuar en el laboratorio ensayos de clasificación, granulometría, humedad y límites de atterberg. En los estratos en donde fue posible se obtuvieron muestras inalteradas en tubos Shelby sobre las que se llevaron a cabo ensayos de compresión inconfiada y clasificación. En la siguiente tabla se indica la cantidad de muestras y resultados del ensayo de penetración estándar SPT (**Tabla 3.2-179**).

Tabla 3.2-179 Localizacion y profundidad de los sondeos en el área de influencia directa (AID)

TORRE	ABSCISA (Km)	ESTE	NORTE	PROFUNDIDAD (m)	TORRE	ABSCISA (Km)	ESTE	NORTE	PROFUNDIDAD (m)
1	0,034	1041330,42	953909,52	6,15	44*	19,344	1039202,76	936618,47	-
2	0,148	1041351,25	953797,67	6,95	45*	19,692	1039313,13	936287,82	-
3N	0,247	1041409,65	953716,51	6,05	46	20,104	1039443,42	935897,5	3
4N	0,635	1041635,82	953402,04	5,15	47"	20,386	1039572,48	935646,44	3,25
6*	1,236	1041517,65	952813,01	-	48	20,724	1039727,13	935345,55	2,8
7*	1,511	1041536,3	952538,1	-	49"	21,035	1039869,41	935068,76	2,5
8*	2,011	1041356,42	952071,5	-	50	21,305	1039992,42	934829,44	3
9*	2,477	1041070,96	951703,31	-	51*	21,551	1040098,55	934606,51	-
10*	2,914	1040803,18	951357,91	-	52*	21,905	1040250,42	934287,5	-
12	3,9	1040594,59	950394,79	4,1	53*	22,399	1040486,39	933853,24	-
13	4,745	1040601,8	949549,69	5,85	54*	22,847	1040700,43	933459,45	-
14N	5,486	1040665,92	948810,73	5,85	56*	23,459	1040760,38	932850,67	-
15	6,469	1039844,72	948270,68	6,45	57"	23,819	1040864,83	932506,34	2,5
16	6,722	1039655,78	948102,29	6,25	58	24,179	1040969,45	932161,45	2,65
17	7,742	1038894,59	947423,9	6,5	59"	24,589	1040976,92	931751,25	2,5
18	8,036	1038675,16	947228,33	3	60"	24,933	1040983,17	931407,8	2,3
19	8,489	1038338,43	946924,92	6,35	61	25,444	1040992,47	930897,28	12
20	9,241	1037777,29	946425,22	4,4	62*	26,008	1041002,71	930332,89	-
21	9,509	1037576,98	946246,85	4,4	63*	26,499	1041011,62	929842,05	-
22	9,658	1037607,68	946100,93	3,95	64*	26,763	1041016,42	929577,5	-
23	9,91	1037659,63	945853,97	3,45	65*	27,097	1041036,88	929244,44	-
24	10,518	1037791,94	945260,97	5,35	66*	27,526	1041063,18	928816,34	-
26	11,266	1037944,32	944528,06	3,45	67*	28,007	1041092,67	928336,23	-
27	11,768	1038046,44	944036,93	3,65	68*	28,459	1041120,37	927885,38	-
28	12,094	1038112,75	943717,99	4,75	69	28,88	1041146,2	927464,9	3,55
29	12,748	1038276,32	943084,77	4,55	70*	29,375	1041488,82	927107,34	-
30	12,942	1038284,85	942891,01	5,85	71*	29,873	1041833,44	926747,69	-
31	13,492	1038396,79	942351,9	4,55	72	30,323	1042144,67	926422,88	1,1
32	13,625	1038423,79	942221,87	6,1	73	30,819	1042487,32	926065,24	2,6
33	13,91	1038534,84	941960,15	3,1	74"	31,136	1042706,58	925836,3	2,75
34	14,452	1038741,4	941458,53	6	75	31,465	1042934,42	925598,56	3,05
35*	15,127	1038867,81	940795,22	-	76	31,903	1042961,74	925160,98	2,75
36*	15,6	1038956,29	940330,9	-	77"	32,263	1042983,11	924802,11	4,45
37	16,071	1039044,41	939868,54	5,05	78"	32,845	1043017,69	924221,11	2,25
38	16,532	1039084,42	939408,51	3,35	79"	33,37	1043048,92	923696,58	2,3
39"	17,03	1038982,41	938921,59	1,35	80	33,939	1043101	923130,66	3,6
40"	17,45	1039021,99	938503,06	12	81	34,481	1043115,42	922588,5	2,9
41	17,939	1039068,04	938016,15	12	82	34,94	1043387,88	922219,45	2,7
42	18,591	1039129,4	937367,13	12	Port	35,004	1043442,88	922186,41	-

(\*) Torres sin permiso de ingreso

(") Torres con doble sondeo de verificación.

Nota: Las torres eliminadas fueron la No 5, 11, 25, y 55. Por lo que no se mencionaran a lo largo del documento.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 3.2-180 Resultados de los ensayos de laboratorio de los sitios de torre 1 a la 13

TORRE	REFERENCIA	PROFUNDIDAD (m)			GRANULOMETRIA			w (%)	LIMITES			IL	CLASIFICACION
		INICIO	FIN	PROMEDIO	G(%)	A(%)	F(%)		LL	LP	IP		USCS
1	BOLSAM1	0	0,8	0,4								-	
	SPTM2	0,8	1,25	1,03								-	
	SPTM3	1,35	1,8	1,58	27,1	46,5	26,4	16,1	23	19	4	-0,7	SM
	SPTM4	2,55	3	2,78	18,8	61,5	19,7	14,9	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM5	3,55	4	3,78	25,6	59,1	15,3	9,8	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM6	4,55	5	4,78	20	67,7	12,3	12	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM7	5,7	6,15	5,93								-	
2	BOLSAM1	0	1	0,5	1,08	65,1	33,82	5,8	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM2	1,5	1,95	1,73								-	
	SPTM3	2,5	2,95	2,73	25,9	48,7	25,4	16	30	24	6	-1,3	SM-SC
	SPTM4	3,6	4,05	3,83								-	
	SPTM5	4,55	5	4,78	8,8	59,2	32	17,5	30	24	6	-1,1	SM-SC
	SPTM6	6	6,45	6,23								-	
	SPTM7	6,5	6,95	6,73	20,8	44,3	34,8	14,8	27	21	6	-1	SM-SC
3	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43								-	
	SPTM3	1,8	2,25	2,03								-	
	SPTM4	2,45	2,9	2,68	23,2	44	32,7	17,9	33	27	6	-1,5	SM
	SPTM5	3,4	3,85	3,63	24,7	44,2	31	15,4	36	29	7	-1,9	SM
	SPTM6	4,4	4,85	4,63	5,5	58,7	35,7	18	33	26	7	-1,1	SM
	SPTM7	5,6	6,05	5,83	13,1	43,6	43,4	18,2	35	27	8	-1,1	SM
4	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43								-	
	SPTM3	1,7	2,15	1,93								-	
	SPTM4	2,5	2,95	2,73	0	0,9	99,1	24,6	43	29	14	-0,3	ML
	SPTM5	3,3	3,75	3,53	0	25,4	74,6	21,1	42	28	14	-0,5	ML
	SPTM6	4,15	4,6	4,38	0	1	99	18,6	39	25	14	-0,5	ML-CL
	SPTM7	4,7	5,15	4,93	0	1,6	98,4	19,5	40	27	13	-0,6	ML
12	BOLSAM1	0	1	0,5	0	38,4	61,6	20,5	32	25	7	-0,6	ML
	SPTM2	1	1,45	1,23								-	
	SHM3	1,45	1,9	1,68								-	
	SPTM4	2,3	2,75	2,53								-	
	SPTM5	3,2	3,65	3,43	0	32,2	67,8	13,7	30	23	7	-1,3	ML-OL
	SPTM6	3,65	4,1	3,88								-	
13	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1	1,45	1,23	7,9	50,8	41,3	18,3	NP	NP	NP	-	SM
	SHM3	1,5	1,95	1,73								-	
	SPTM4	3,25	3,7	3,48								-	
	SPTM5	3,95	4,4	4,18	24,1	24,3	51,6	11,8	29	26	3	-4,7	ML
	SPTM6	4,45	4,9	4,68								-	
	SPTM7	5,4	5,85	5,63	1,2	51,3	47,5	8,4	NP	NP	NP	-	SM
	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,05	1,5	1,28	0	20,8	79,2	17,6	46	28	18	-0,6	ML-CL
	SPTM3	2,65	3,1	2,88	0	27	73	20,1	33	24	9	-0,4	ML-CL
	SPTM4	4	4,45	4,23	0	52,3	47,7	9,2	31	21	10	-1,2	CL
SPTM5	4,7	5,15	4,93								-		
SPTM6	5,4	5,85	5,63								-		

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 3.2-181 Resultados de los ensayos de laboratorio de los sitios de torre 15 a la 28

TORRE	REFERENCIA	PROFUNDIDAD (m)			GRANULOMETRIA			w (%)	LIMITES			IL	CLASIFICACION USCS
		INICIO	FIN	PROMEDIO	G(%)	A(%)	F(%)		LL	LP	IP		
15	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,05	1,5	1,28								-	
	SPTM3	2	2,45	2,23	6,5	44,8	48,8	7,1	30	25	5	-3,6	SM
	SPTM4	3,2	3,65	3,43								-	
	SPTM5	4	4,45	4,23	19,9	37	43,1	8	25	22	3	-4,7	ML
	SPTM6	5	5,45	5,23								-	
	SPTM7	6	6,45	6,23	37,2	41,2	21,6	5	NP	NP	NP	-	SM
16	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,05	1,5	1,28	3,1	56	40,9	15,4	49	34	15	-1,2	SM
	SHM3	2	2,45	2,23								-	
	SPTM4	3,6	4,05	3,83	16	43,2	40,8	4,7	24	22	2	-8,7	SM
	SPTM5	4,5	4,95	4,73								-	
	SPTM6	5	5,45	5,23	28,4	45,9	25,7	7,3	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM7	5,8	6,25	6,03								-	
17	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1	1,45	1,23	0	7,8	92,2	18,8	34	23	11	-0,4	CL
	SPTM3	2,55	3	2,78								-	
	SPTM4	4	4,45	4,23	0	11,8	88,2	10,2	37	24	13	-1,1	CL
	SPTM5	5,05	5,5	5,28								-	
	SPTM6	6,05	6,5	6,28	0	13,5	86,5	13,1	28	21	7	-1,1	ML-CL
	SPTM7											-	
18	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1	1,45	1,23	0	4,7	95,3	9	31	20	11	-1	CL
	SPTM3	2,55	3	2,78	0	5,1		7,6	28	20	8	-1,6	CL
	SPTM4											-	
19	BOLSAM1	0	0,45	0,23								-	
	SPTM2	1	1,45	1,23								-	
	SPTM3	2,55	3	2,78	9,4	41,1	49,5	8,1	22	20	2	-6	SM
	SPTM4	4	4,45	4,23	0	83,2	16,8	5,2	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM5	5,05	5,5	5,28								-	
	SPTM6	5,9	6,35	6,13	0	77,2	22,78	6,6	NP	NP	NP	-	SM
20	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,05	1,5	1,28	16,5	42,7	40,8	18,4	33	23	10	-0,5	SM-SC
	SPTM3	2,5	2,95	2,73	22,7	34,2	43	22,8	37	31	6	-1,4	SM
	SPTM4	3,95	4,4	4,18								-	
21	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,05	1,5	1,28	0,8	55,4	43,8	19,2	24	19	5	0	SM-SC
	SPTM3	2,5	2,95	2,73								-	
	SPTM4	3,95	4,4	4,18	0	18,2	81,8	11,3	42	29	13	-1,4	ML
22	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,05	1,5	1,28	0	36,2	63,8	15,3	39	25	14	-0,7	ML-CL
	SPTM3	2,5	2,95	2,73								-	
	SPTM4	3,5	3,95	3,73	0	0,2	99,8	9,9	44	25	19	-0,8	CL
23	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,05	1,5	1,28	0	88,1	11,9	3,9	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM3	3	3,45	3,23	0	84,7	15,3	5,6	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM4											-	
	SPTM5											-	
24	BOLSAM1	0	0,45	0,23								-	
	SPTM2	1,05	1,5	1,28	6,4	43,5	50	16,8	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM3	2	2,45	2,23								-	
	SPTM4	3,45	3,9	3,68	1,9	34,1	64	11,1	NP	NP	NP	-	M
	SPTM5	4,9	5,35	5,13	3,2	48,5	48,3	9,9	NP	NP	NP	-	SM
26	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,05	1,5	1,28	0	52,6	47,4	10,3	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM3	2,5	2,95	2,73								-	
	SPTM4	3	3,45	3,23	0	77,2	22,8	3,7	NP	NP	NP	-	SM
27	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43	0	63	37	10,9	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM3	2,65	3,1	2,88	0	68,2	31,8	10,6	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM4	3,2	3,65	3,43	0	68,3	31,7	4,5	NP	NP	NP	-	SM
28	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43	21,5	44,8	33,7	12,5	28	23	5	-2,1	SM-SC
	SPTM3	2,55	3	2,78	48,2	27,1	24,7	7,4	37	22	15	-1	GC
	SPTM4	4,3	4,75	4,53	2,6	39,7	57,8	10,2	26	19	7	-1,3	ML-CL

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 3.2-182 Resultados de los ensayos de laboratorio de los sitios de torre 29 a la 47

TORRE	REFERENCIA	PROFUNDIDAD (m)			GRANULOMETRIA			w (%)	LIMITES			IL	CLASIFICACION USCS
		INICIO	FIN	PROMEDIO	G(%)	A(%)	F(%)		LL	LP	IP		
29	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43	0	63,8	36,2	10,4	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM3	2,65	3,1	2,88	0	51,7	48,3	9,5	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM4	4,1	4,55	4,33	0	49,9	50,1	9,8	NP	NP	NP	-	SM
30	BOLSAM1	0	0,45	0,23								-	
	SPTM2	1,05	1,5	1,28								-	
	SPTM3	2,5	2,95	2,73	0	41,1	58,9	10,4	36	25	11	-1,3	ML-CL
	SPTM4	3,95	4,4	4,18	0	36,6	63,4	17,1	83	35	48	-0,4	CH
	SPTM5	5,4	5,85	5,63	0	34,7	65,3	25,2	79	31	48	-0,1	CH
31	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43	0	39,7	60,3	17,8	NP	NP	NP	-	ML
	SPTM3	2,65	3,1	2,88	0	40,4	59,6	16,8	NP	NP	NP	-	ML
	SPTM4	4,1	4,55	4,33	0	48,7	51,3	15,6	NP	NP	NP	-	SM
32	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43								-	
	SPTM3	2,65	3,1	2,88	0	3,9	96,1	26,2	46	27	19	0	ML-CL
	SPTM4	4,1	4,55	4,33	1,8	22,1	76,1	27,2	47	25	22	0,1	CL
	SPTM5	5,65	6,1	5,88	0	17,8	82,2	24,3	40	28	12	-0,3	CL
33	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43	22,2	49	28,9	11	29	22	7	-1,6	SC
	SPTM3	2,65	3,1	2,88	12,1	59,3	28,6	8,7	NP	NP	NP	-	SM
34	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1	1,45	1,23								-	
	SPTM3	2,05	2,5	2,28	0	55,8	44,2	8,3	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM4	3,55	4	3,78	0	32,5	67,5	10,8	NP	NP	NP	-	ML
	SPTM5	4,55	5	4,78								-	
	SPTM6	5,55	6	5,78	0	47,8	52,2	10,6	NP	NP	NP	-	ML
37	BOLSAM1	0	0,45	0,23								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43	0	28,1	71,9	29,6	42	26	16	0,2	ML-CL
	SPTM3	1,8	2,25	2,03								-	
	SPTM4	2,6	3,05	2,83	0	33	67	22,3	34	24	10	-0,2	ML-CL
	SPTM5	4,05	4,5	4,28								-	
	SPTM6	4,6	5,05	4,83	0	46,9	53,1	16,9	42	25	17	-0,5	ML-CL
38	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43	0	24,9	75,1	22,2	41	24	17	-0,1	CL
	SPTM3	1,7	2,15	1,93	10,5	40,4	49,1	15,4	39	23	16	-0,5	SC
	SPTM4	2,9	3,35	3,13	0	5,2	94,8	24,1	56	30	26	-0,2	MH-CH
39	BOLSAM1	0	1	0,5	48,6	35,7	15,8	8,4	NP	NP	NP	-	GM
	SPTM2	1	1,35	1,18	56,6	31,8	11,6	4,7	36	26	10	-2,1	GM
40	SPT1	0	0,45	0,23	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)		-	
	ROT	0,45	12,00	6,23								-	
41	ROT	0	12,00	6	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)		-	
	ROT	0	8	4	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)		-	
42	ROT	8	12,00	10								-	
	ROT	8	12,00	10								-	
43	BOLSAM1	0	1	0,5	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)		-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43								-	
	ROT	1,65	6	3,83								-	
	ROT	6	7	6,5								-	
46	BOLSAM1	0,7	0,9	0,8								-	
	SPTM2	1	1,5	1,25	0	56,4	43,6	23,9	50	26	24	-0,1	SC
	SPTM3	1,5	2	1,75	41	32,6	26,4	8,8	NP	NP	NP	-	GC
	SPTM4	2	2,5	2,25								-	
	SPTM5	2,5	3	2,75								-	
47	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43	25	49,4	25,7	8,8	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM3	1,8	2,25	2,03	17	54,1	28,9	8,8	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM4	2,8	3,25	3,03	40,3	42,3	17,4	7,6	NP	NP	NP	-	SM

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 3.2-183 Resultados de los ensayos de laboratorio de los sitios de torre 47 a la 74

TORRE	REFERENCIA	PROFUNDIDAD (m)			GRANULOMETRIA			w (%)	LIMITES			IL	CLASIFICACION USCS
		INICIO	FIN	PROMEDIO	G(%)	A(%)	F(%)		LL	LP	IP		
48	BOLSAM1	0,7	0,9	0,8								-	
	SPTM2	1	1,5	1,25	49,4	30,1	20,5	8,5	NP	NP	NP	-	GM
	SPTM3	1,5	2	1,75								-	
	SPTM4	2	2,5	2,25	39,5	42,2	18,3	8,6	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM5	2,8	2,8	2,8								-	
49	BOLSAM1	0,6	0,8	0,7								-	
	SPTM2	1	1,5	1,25	0	58,2	41,8	11,9	28	21	7	-1,3	SC
	SPTM3	1,5	2	1,75								-	
	SPTM4	2	2,5	2,25	15,9	62,4	21,7	9,6	NP	NP	NP	-	SC
	BOLSAM1	0,9	1	0,95								-	
50	SPTM2	1	1,5	1,25	0	26,7	73,3	23,7	32	22	10	0,2	CL
	SPTM3	1,5	2	1,75								-	
	SPTM4	2	2,5	2,25	22,1	63,3	14,6	36,7	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM5	2,5	3	2,75								-	
	BOLSAM1	0,8	1	0,9								-	
57	SPTM2	1	1,5	1,25	16,8	67,6	15,6	8,4	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM3	1,5	2	1,75	3,4	74,4	22,2	14,3	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM4	2	2,5	2,25	31,1	49,9	19	6,5	NP	NP	NP	-	SM
	BOLSAM1	0,7	0,9	0,8								-	
	SPTM2	1	1,5	1,25	19,6	41,6	38,7	8,2	34	24	10	-1,6	SM-SC
58	SPTM3	2	2,5	2,25	15	55,7	29,3	10,8	29	23	6	-2	SM-SC
	SPTM4	2,5	2,65	2,58								-	
	BOLSAM1	0,6	0,8	0,7								-	
	SPTM2	1	1,5	1,25	0	34,9	65,1	18,1	60	29	31	-0,4	CH
	SPTM3	1,5	2	1,75	39,3	50,9	9,8	8,1	NP	NP	NP	-	SM
59	SPTM4	2	2,5	2,25	14	48,1	37,9	13	50	29	21	-0,8	SM
	BOLSAM1	0,7	0,9	0,8								-	
	SPTM2	1	1,5	1,25	0	20,7	79,3	26	52	26	26	0	CH
	SPTM3	1,5	2	1,75								-	
	SPTM4	2	2,3	2,15	0	55,8	44,2	13,8	44	24	20	-0,5	SC
60	BOLSAM1	0	0,75	0,38								-	
	SPTM2	0,75	1	0,88								-	
	SPTM3	1	1,75	1,38								-	
	ROT	1,75	2,75	2,25	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)		-	
	ROT	2,75	3,75	3,25	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)		-	
	ROT	3,75	5	4,38	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)		-	
	ROT	5	6,55	5,78	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)		-	
	SPTM8	6,55	7	6,78								-	
	SPTM9	7	9,55	8,28								-	
	SPTM10	9,55	10,00	9,78								-	
	SPTM11	10	11,00	10,5								-	
	SPTM12	11	12,00	11,5								-	
	69	BOLSAM1	0	1	0,5								-
SPTM2		1,2	1,65	1,43	22,7	41,2	36,2	19	34	23	11	-0,4	SM-SC
SPTM3		2,65	3,15	2,9	16,2	58,1	25,7	14,6	33	26	7	-1,6	SM
SPTM4		3,25	3,55	3,4	74,1	12	13,9	6	NP	NP	NP	-	GM
AP1		0,9	1,1	1	63	23,4	13,5	9,4	NP	NP	NP	-	GM
73	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,45	1,9	1,68	9,4	62,1	28,5	11,8	39	22	17	-0,6	SC
	SPTM3	2,15	2,6	2,38	2,2	53	44,8	14,9	33	24	9	-1	SM-SC
	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
74	SPTM2	1	1,45	1,23	33,3	37,7	29	14,2	35	21	14	-0,5	SC
	SPTM3	1,7	2,15	1,93	2	72,6	25,4	8,6	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM4	2,3	2,75	2,53	6,9	50,1	43	15,8	38	23	15	-0,5	SC

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 3.2-184 Resultados de los ensayos de laboratorio de los sitios de torre 75 a la 82

TORRE	REFERENCIA	PROFUNDIDAD (m)			GRANULOMETRIA			w (%)	LIMITES			IL	CLASIFICACION USCS
		INICIO	FIN	PROMEDIO	G(%)	A(%)	F(%)		LL	LP	IP		
75	BOLSAM1	0,6	0,8	0,7								-	
	SPTM2	1	1,5	1,25	0	66,6	33,4	12,8	28	22	6	-1,5	SM-SC
	SPTM3	2	2,5	2,25	18,5	52,6	28,9	12,7	35	24	11	-1	SM-SC
	SPTM4	2,5	3	2,75	0	56,2	43,8	14,3	39	24	15	#REF!	SC
	SPTM5	3	3,05	3,03								-	
76	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43	12,7	29,3	58	23,8	47	22	25	0,1	CL
	SPTM3	2,3	2,75	2,53	12	58,5	29,5	9,2	NP	NP	NP	-	SM
77	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SHM2	1	1,6	1,3								-	
	SPTM3	1,95	2,4	2,18	0	67,6	32,3	9,2	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM4	2,6	3,05	2,83	3,6	66,3	30,1	9,9	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM5	3,2	3,65	3,43	20,6	57,7	21,7	7,5	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM6	4	4,45	4,23								-	
78-1	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SHM2	1,1	1,6	1,35								-	
	SPTM3	1,8	2,25	2,03	11	45,7	43,4	14,6	44	24	20	-0,5	SC
78-2	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SHM2	1,2	1,8	1,5	0	21,1	78,9	23,9	56	26	30	-0,1	CH
	SPTM3	1,8	2,1	1,95	6	48,2	45,7	12,3	45	25	20	-0,6	SC
79-1	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SHM2	1	1,45	1,23								-	
	SPTM3	2	2,3	2,15	2,4	40,5	57,1	15,8	32	20	12	-0,4	CL
79-2	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SHM2	1,35	1,8	1,58	0	26,1	73,9	22,3	40	24	16	-0,1	CL
	SPTM3	2,05	2,2	2,13	28,3	50,1	21,6	6,8	30	21	9	-1,6	SC
80	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43								-	
	SPTM3	2,2	2,65	2,43	53,3	40,6	6,1	6,8	NP	NP	NP	-	GM
	SPTM4	3	3,45	3,23	38,7	53,7	7,6	7,7	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM5	3,45	3,6	3,53	51	43,2	5,9	6,9	NP	NP	NP	-	GM
81	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1,2	1,65	1,43	40,6	51,3	8,1	3,4	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM3	2,45	2,9	2,68	18,3	54,6	27	8,7	32	20	12	-0,9	SC
82	BOLSAM1	0	1	0,5								-	
	SPTM2	1	1,45	1,23	1,1	59,1	39,8	12,6	41	22	19	-0,5	SC
	SPTM3	1,45	1,9	1,68	20,9	60,4	18,7	4,7	NP	NP	NP	-	SM
	SPTM4	2,25	2,7	2,48	14,9	64,3	20,8	5,1	NP	NP	NP	-	SM

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Adicionalmente, se realizaron ensayos químicos, tales como: pH, cloruros y sulfatos cuyos resultados se muestran en el **Anexo D.8 – Componente geotécnica**.

### 3.2.9.3.3 Análisis geotécnico

A continuación, se presentan los resultados de los análisis geotécnicos desarrollados para las obras relacionadas con la construcción de la línea de transmisión La Reforma – San Fernando. De manera general, se presenta el análisis de las cimentaciones tanto superficiales como profundas, teniendo en cuenta la condición seca y sumergida, y módulos de reacción del suelo, tanto vertical como horizontal según sea el caso. Se presentan las generalidades del análisis de capacidad portante para cada una de las torres, así como recomendación del tipo de cimentación de acuerdo a la geología, geomorfología, tipo de comportamiento y propiedades del material encontrado en cada una de las torres.

#### ➤ **Parámetros de diseño y tipo de cimentación**

Los parámetros de diseño tenidos en cuenta para cada una de las torres en el cálculo de capacidad portante del suelo, y su respectiva recomendación de tipo de cimentación que se seleccionó de acuerdo al punto de localización de la estructura, donde de acuerdo a las profundidades de exploración se realizan las siguientes aclaraciones:

**Torre 18:** El punto pertenece a la Formación Lutitas de Macanal (Klim) presentándose como una serie de pliegues y fuertemente fracturadas y en proceso de meteorización en superficie, puede llegar a tener entre 500m y 1000m de profundidad. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente la estructura quedara cimentada sobre material significativamente más resistente ya que en profundidad se reducen los efectos de la meteorización.

**Torres 22 y 23:** Los sitios de torre pertenecen geológicamente a la formación Fómeque, caracterizándose como un sitio donde se desarrolla un nivel de suelo residual de tipo limo-arenoso de comportamiento plástico en superficie y continuando con roca con índices de meteorización menores, lo cual indica una mayor resistencia y seguridad para las estructuras.

**Torres 26 y 27:** La formación Une está compuesta por bancos gruesos de areniscas separados por esquistos delgados endurecidos presentando buena resistencia en superficie estimándose un espesor de 500 m. Suelen presentarse generalmente revegetalizados y con una muy buena capacidad portante, muestran algún grado de afectación cuando las estructuras quedan sobre bordes escarpados. Dicho esto, en profundidad se encuentra material más resistente.

**Torre 33:** El Grupo Palmichal contiene una sucesión de areniscas cuarzosas, de grano medio, grueso a conglomerático fino e intercalaciones con lutitas y arcillolitas grises. Bastante resistente superficialmente con un espesor de 600m. Dicho esto en profundidad la estructura quedara cimentada sobre material significativamente más resistente en profundidad debido a que no se han presentado efectos de meteorización.

**Torre 38 y tramos comprendidos entre 46 -50, 57-60 y 69-82:** Se reconocen terrazas en varios pulsos y con génesis diferenciable, que conforman en general la parte de sabana de

los Llanos Orientales, con aportes de materiales propios del piedemonte llanero como las lutitas rojas y las areniscas friables.

De acuerdo a su origen aluvial es y de acuerdo a la localización de las estructuras que componen la línea de transmisión, el proyecto se desarrolla a lo largo del abanico superior y medio, encontrando estratificaciones laminadas compuestas arcillas o limos que subyacen a gravas finas (<10cm), lo cual indica que debido a la litología de la zona se encontraran estratos resistentes entre 2 y 4 m de profundidad, y que de acuerdo a la geología regional pueden tener espesores de hasta 50 m de profundidad hasta encontrar el contacto entre los abanicos aluviales y la Formación Arcilla del Limbo (Pgal).

De acuerdo a lo indicado anteriormente en la **Tabla 3.2-185** y **Tabla 3.2-186** se indican los parámetros de diseño tenidos en cuenta para cada una de las torres en el cálculo de capacidad portante del suelo, y su respectiva recomendación de tipo de cimentación que se seleccionó de acuerdo a capacidad portante y punto de localización de la estructura.

➤ **Capacidad portante – cimentaciones superficiales**

Los resultados obtenidos para el análisis de capacidad portante para cimentaciones con zapatas aisladas, suponiendo un ancho de zapata  $B = 2.0$  m, y tres diferentes niveles de desplante. Se presentan condiciones tanto secas como sumergidas, teniendo en cuenta que en los suelos cohesivos (condiciones no drenadas) la capacidad es la misma en los dos casos. Adicionalmente se calculan los asentamientos esperados (**Tabla 3.2-187**).

➤ **Capacidad de carga – cimentaciones profundas (pilotes)**

Se realizaron cálculos de capacidad de carga para las estructuras especiales del cruce del río Guayuriba, cinco tipos de suelo planteados, incluyendo un análisis sumergido.

Se presenta la capacidad de carga para los pilotes de acuerdo a cinco diferentes diámetros de pilotes, al tipo de suelo definido y a la condición sumergida. Dicha profundidad será la mínima de acuerdo a los cálculos de capacidad de carga de los pilotes, pero debe ser mayor teniendo en cuenta análisis de socavación y cargas hidráulicas (**Tabla 3.2-188**).

Tabla 3.2-185 Parametros de diseño de la torre 1 a la 40

TORRE	COMPORTAMIENTO	PROFUNDIDAD MINIMA DE CIMENTACION	COHESION	ANGULO DE FRICCION	TIPO DE CIMENTACION
1	Granular	2	0	28	Superficial
2	Granular	2	0	27	Superficial
3	Granular	2	0	34	Superficial
4	Cohesivo	2	124	0	Superficial
6	-				
7	-				
8	-				
9	-				
10	-				
12	Cohesivo	1,5	67	0	Superficial
13	Cohesivo	5	46	0	Profunda
14	Cohesivo	5	27	0	Profunda
15	Granular	5	0	32	Profunda
16	Granular	3	0	25	Profunda
17	Cohesivo	6	67	0	Profunda
18	Cohesivo	3	155	0	Profunda
19	Granular	2,5	0	29	superficial
20	Granular	4	0	30	Profunda
21	Granular	1,5	0	28	superficial
22	Cohesivo	4	75	0	Profunda
23	Granular	4	0	33	Profunda
24	Granular	5	0	27	Profunda
26	Granular	3,5	0	30	Profunda
27	Granular	3,5	0	32	Profunda
28	Granular	4,5	0	28	Profunda
29	Granular	2	0	28	superficial
30	Cohesivo	2,5	93	0	superficial
31	Granular	2	0	29	superficial
32	Cohesivo	2	95	0	superficial
33	Granular	2	0	36	superficial
34	Granular	2	0	25	superficial
35	-				
36	-				
37	Cohesivo	2,5	178	0	superficial
38	Cohesivo	1,5	212	0	superficial
39	Granular	5	0	38	Profunda
40	Granular	5	0	38	Profunda

Nota: Las casillas sombreadas representa los sitios de torres donde no fue posible acceder por permiso de predios.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 3.2-186 Parametros de diseño de la torre 41 a la 82

TORRE	COMPORTAMIENTO	PROFUNDIDAD MINIMA DE CIMENTACION	COHESION	ANGULO DE FRICCION	TIPO DE CIMENTACION
42	Granular	5	0	38	Profunda
43	Granular	6	0	38	Profunda
44	-				
45	-				
46	Granular	1,5	0	27	superficial
47	Cohesivo	2	159	0	superficial
48	Granular	2	0	35	superficial
49	Granular	1,5	0	29	superficial
50	Granular	2	0	37	superficial
51	-				
52	-				
53	-				
54	-				
56	-				
57	Granular	1,5	0	32	superficial
58	Granular	2	0	33	superficial
59	Granular	1,5	0	32	superficial
60	Cohesivo	1,5	41	0	superficial
61	Granular	5	0	0	Profunda
62	-				
63	-				
64	-				
65	-				
66	-				
67	-				
68	-				
69	Granular	2,5	0	34	superficial
70	-				
71	-				
72	Granular	2	0	34	superficial
73	Cohesivo	1,5	139	0	superficial
74	Cohesivo	1,5	158	0	superficial
75	Cohesivo	2	206	0	superficial
76	Cohesivo	1,5	78	0	superficial
77	Granular	2	0	25	superficial
78	Cohesivo	1,5	61	0	superficial
79	Cohesivo	2	182	0	superficial
80	Granular	3,5	0	27	superficial
81	Cohesivo	2,5	211	0	superficial
82	Granular	1,5	0	34	superficial

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 3.2-187 Capacidad portante - Cimentaciones superficiales

Torre	Comportamiento	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$S_u$ (kPa)	$\Phi'$ (°)	$q_{admin}$ (kPa)			$q_{admin}$			Asentamientos (mm)
								sum(kPa)			
					Df = 2	Df = 3	Df = 4	Df = 2	Df = 3	Df = 4	
1	Granular	16	0	28	208	303	398	113	160	208	20,18
2	Granular	16	0	27	185	270	354	100	143	185	20,86
3	Granular	16	0	34	482	699	916	265	373	482	3,64
4	Cohesivo	15	124	0	337	337	337	337	337	337	5,84
12	Cohesivo	16	67	0	167	168	168	167	168	168	22,6
13	Cohesivo	16	46	0	121	121	121	121	121	121	16,23
14	Cohesivo	15	27	0	57	57	57	57	57	57	
15	Granular	18	0	32	396	576	756	217	306	396	8,11
16	Granular	18	0	25	168	245	322	91	129	168	
17	Cohesivo	17	67	0	178	178	179	178	178	179	11,23
18	Cohesivo	17	155	0	423	423	423	423	423	423	3,77
19	Granular	17	0	29	264	385	505	144	204	264	14,6
20	Granular	15	0	30	267	388	509	145	206	267	9
21	Granular	15	0	28	204	298	391	111	158	204	19,58
22	Cohesivo	16	75	0	203	203	204	203	203	204	5,59
23	Granular	18	0	33	489	710	930	268	378	489	5,85
24	Granular	16	0	27	186	272	357	101	144	186	20,86
26	Granular	17	0	30	293	426	559	159	226	293	10,43
27	Granular	17	0	32	390	567	743	214	302	390	6,16
28	Granular	16	0	28	221	322	423	120	170	221	16,23
29	Granular	17	0	28	226	329	433	123	175	226	18,25
30	Cohesivo	17	93	0	251	251	251	251	251	251	7,69
31	Granular	16	0	29	248	360	473	135	191	248	6,98
32	Cohesivo	15	95	0	255	255	255	255	255	255	7,69
33	Granular	17	0	36	698	1012	1326	385	541	698	4,18
34	Granular	17	0	25	160	233	307	87	123	160	9,74
37	Cohesivo	15	178	0	489	489	489	489	489	489	3,25
38	Cohesivo	16	212	0	581	581	581	581	581	581	2,72
46	Granular	17	0	27	203	296	389	110	157	203	20,86
47	Cohesivo	17	159	0	437	437	437	437	437	437	2,62
48	Granular	17	0	35	613	889	1164	337	475	613	2,04
49	Granular	17	0	29	263	383	503	144	203	263	8,38
50	Granular	14	0	37	641	928	1215	354	497	641	2,7
57	Granular	16	0	32	361	524	688	197	279	361	7,34
58	Granular	17	0	33	452	656	860	248	350	452	3,99
59	Granular	17	0	32	403	586	769	221	312	403	4,68
60	Cohesivo	15	41	0	109	110	110	109	110	110	10,47
69	Granular	16	0	34	492	714	936	270	381	492	5,09
72	Granular	16	0	34	492	714	936	270	381	492	2,79
73	Cohesivo	17	139	0	379	379	379	379	379	379	4,18
74	Cohesivo	16	158	0	432	432	432	432	432	432	3,66
75	Cohesivo	16	206	0	567	567	567	567	567	567	2,04
76	Cohesivo	15	78	0	200	200	200	200	200	200	18,36
77	Granular	17	0	25	163	238	313	88	126	163	7,8
78	Cohesivo	15	61	0	163	163	163	163	163	163	9,75
79	Cohesivo	18	182	0	498	498	498	498	498	498	3,16
80	Granular	17	0	27	206	301	395	112	159	206	24,34
81	Cohesivo	17	211	0	576	576	576	576	576	576	3,48
82	Granular	18	0	34	532	773	1013	292	412	532	10,13

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 3.2-188 Capacidad portante - Cimentaciones profundas (pilotes)

TORRE		39, 40, 41, 42 Y 43					
DIAMETRO DE PILOTE (m)		0,8	1	1,2	1,4	1,5	1,6
TIPO DE SUELO		Depósito aluvial de alta resistencia					
s/ns		s	s	s	s	s	s
Profundidad (m)	0	0	0	0	0	0	0
	0,5	0,11	0,17	0,25	0,35	0,41	0,46
	1	0,21	0,34	0,51	0,7	0,81	0,93
	1,5	0,32	0,51	0,76	1,05	1,22	1,39
	2	0,42	0,68	1,01	1,4	1,62	1,86
	2,5	0,53	0,86	1,26	1,75	2,03	2,32
	3	0,63	1,03	1,52	2,1	2,43	2,78
	3,5	0,74	1,2	1,77	2,45	2,84	3,25
	4	0,84	1,37	2,02	2,8	3,24	3,71
	4,5	0,95	1,54	2,28	3,15	3,65	4,18
	5	1,05	1,71	2,53	3,51	4,05	4,64
	5,5	1,16	1,88	2,78	3,86	4,46	5,1
	6	1,26	2,05	3,03	4,21	4,86	5,57
	6,5	1,37	2,22	3,29	4,56	5,27	6,03
	7	1,47	2,4	3,54	4,91	5,67	6,5
	7,5	1,58	2,57	3,79	5,26	6,08	6,96
	8	1,68	2,74	4,05	5,61	6,49	7,42
	8,5	1,79	2,91	4,3	5,96	6,89	7,89
	9	1,89	3,08	4,55	6,31	7,3	8,35
	9,5	2	3,25	4,8	6,66	7,7	8,82
10	2,1	3,42	5,06	7,01	8,11	9,28	
10,5	2,21	3,59	5,31	7,36	8,51	9,75	
11	2,31	3,76	5,56	7,71	8,92	10,21	
11,5	2,42	3,94	5,82	8,06	9,32	10,67	
12	2,52	4,1	6,07	8,41	9,72	11,13	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

### 3.2.10 Paisaje

#### 3.2.10.1 Introducción

El paisaje puede definirse como un conjunto de fenómenos naturales y culturales percibidos por la población en un territorio específico, estos fenómenos componen un sistema de relaciones de procesos encadenados, y que está conformado por volúmenes, colores, olores, etc., (Santos, 1996).

De esta manera el paisaje se entiende como una porción del espacio geográfico, con características definidas, consecuencia de la interacción de variables como clima, geomorfología, hidrología, suelos, vegetación y por supuesto las actividades antrópicas (Etter, 1990). Así, una modificación en alguna de las variables que conforman el paisaje, modificaría las demás y por tanto el paisaje se vería afectado.

Para la caracterización del paisaje del área de influencia directa de la construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando se tomó como base la metodología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 1995)<sup>81</sup>.

La caracterización y valoración del paisaje se realizó a partir de unidades de paisaje geomorfológico, con base en las características de los elementos que lo constituyen como la cobertura y uso del suelo, la forma del relieve, factores hídricos y elementos culturales (calidad visual del paisaje). Esta valoración permitió la manera en la que se encuentran relacionados los elementos que componen cada una de las unidades evaluadas.

Así mismo se analizó el paisaje de acuerdo a escalas visuales a partir de las cuales se aprecian las áreas visibles desde diversas infraestructuras, lo cual favorece la determinación de la sensibilidad de determinadas unidades paisajísticas respecto a la localización de elementos discordantes.

De igual manera se evaluó la fragilidad visual en relación a la capacidad que tienen los paisajes de absorber cambios como consecuencia de la introducción de elementos extraños, de modo que se facilita la identificación de las áreas sensibles desde el aspecto visual (Montoya et al 1997). Así pues, la valoración de la fragilidad visual permitió establecer la incidencia del proyecto en las condiciones del paisaje.

Así mismo, se realizó la identificación de los sitios de interés paisajístico y su uso, lo que se relaciona con el sentimiento de arraigo y costumbres de los habitantes del área.

Para finalizar se presentan las conclusiones del componente paisajístico, enfocadas en el análisis del proyecto respecto a los análisis y resultados obtenidos.

#### 3.2.10.2 Carácter del paisaje

El área de influencia directa se encuentra a nivel regional dentro de cuatro grandes unidades de paisaje, que corresponden a montaña, piedemonte, planicie y valle; estas

---

<sup>81</sup> UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. (1995) Landscape aesthetics, a handbook for scenery management. Forest service. United States of America.

unidades están determinadas en gran parte por la dinámica fluvial que caracteriza el área, y que se enmarca en la transición entre relieves quebrados y escarpados a relieves inclinados y planos.

Específicamente el área de influencia directa presenta seis tipos de paisaje correspondientes a planicies montañas fluvio-gravitacionales, montañas plegadas, montañas plegadas fluvio-gravitacionales, piedemonte mixto, planicie aluvial y valle aluvial, a los cuales se encuentran asociados trece tipos de relieve, a partir de los cuales se realizó el análisis del componente paisajístico.

El paisaje del AID se caracteriza por ser la expresión visible de transformaciones especialmente de carácter natural y social, que configuran zonas en las que se encuentran relacionados diversos elementos que conceden al paisaje ciertas características que los diferencian.

Los procesos históricos asociados a la colonización de la zona, que fue poblada por habitantes de diferentes regiones del país, generaron una combinación de costumbres donde se desarrolló una cultura tanto agrícola como ganadera, que se reafirmó a lo largo del tiempo generando dinámicas socio-económicas que han configurado hasta el momento el paisaje.

La actividad ganadera caracteriza paisajes de pastos de amplia visibilidad, y junto a las actividades agrícolas componen zonas delimitadas de formas geométricas que homogenizan el paisaje, y que impiden la conectividad visual y ecológica de corredores vegetales, restringiendo además la percepción del paisaje en su conjunto, lo cual refleja las intervenciones que han existido en el paisaje.

El área de estudio cuenta con una infraestructura vial relativamente distribuida en la zona de acuerdo a las necesidades de la población y se constituye principalmente como un elemento que fragmenta el paisaje, y que a la vez facilita la observación de este, pues es la principal infraestructura por la que transitan los observadores.

Por otra parte, el AID cuenta con varios ríos y caños, que caracterizan el paisaje, dentro de los que se encuentra los ríos Guayuriba, Acacias y Orotoy, a los que se asocian áreas conservadas que aportan calidad al paisaje. La dinámica de estos ríos conforma paisajes singulares, los cuales se diferencian especialmente del paisaje típico de la zona.

Así mismo, el relieve es un factor determinante en la configuración del paisaje, ya que en la zona montañosa limita el desarrollo de actividades ganaderas y agrícolas debido a las altas pendientes que posee; es así, que estos relieves adquieren mayor importancia como áreas de condiciones escénicas singulares y desde las cuales se puede observar la llanura. Entre tanto, en las zonas de piedemonte y planicie se concentra el desarrollo de estas actividades, de manera que el paisaje presenta allí mayores intervenciones (**Fotografía 3.2-120**).





**Fotografía 3.2-120** Contraste entre el paisaje de montaña y planicie visto desde la vereda La Unión.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

El paisaje del área de influencia directa se caracteriza especialmente por el desarrollo de actividades ganaderas y en menor proporción agrícolas. Las actividades agrícolas que se desarrollan en pequeña escala comprenden principalmente cultivos de autoconsumo que se realizan generalmente en cercanía a las viviendas; se encuentran además extensos cultivos de palma que componen paisajes homogéneos que contrastan con las áreas dedicadas a la ganadería (**Fotografía 3.2-121**).



**Fotografía 3.2-121** Cultivos de palma en la vereda La Esmeralda  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Por su parte, la ganadería que se desarrolla tradicionalmente en la zona, se realiza en áreas especialmente de pastos, de manera que se encuentran áreas bien delimitadas en parcelas

definidas que puedan fraccionar el paisaje como resultado de la rotación del ganado (**Fotografía 3.2-122**).



**Fotografía 3.2-122 Actividad ganadera en la vereda La Unión**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Como se mencionó anteriormente, al interior del AID se encuentran numerosos ríos y caños a los cuales se asocian áreas boscosas y de vegetación en diferentes estados sucesionales, que conforman ejes o corredores de vegetación que estructuran paisajes de mayor calidad (**Fotografía 3.2-123**).



**Fotografía 3.2-123 Río Orotoy en la vereda Montebello**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Por otra parte, dentro del área de influencia directa se encuentran localizados algunas zonas urbanas que establecen áreas de contrastes cromáticos debido a la presencia de

elementos discordantes, y que componen áreas de alta visibilidad del paisaje (**Fotografía 3.2-124**).



**Fotografía 3.2-124 Zona urbana de la vereda La Concepción**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Así mismo, se pueden encontrar otras actividades relacionadas con la industria petrolera y redes eléctricas que al igual que las zonas urbanas establecen elementos discordantes en el paisaje que reducen la calidad visual de las unidades (**Fotografía 3.2-125**).



**Fotografía 3.2-125 Actividad petrolera en la vereda San Isidro de Chichimene**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

### 3.2.10.3 Calidad visual

Por medio de la calidad visual del paisaje se establecieron las condiciones escénicas de las unidades paisajísticas en relación a la percepción de los elementos que las conforman. De esta manera se determinó la calidad visual con base en las características intrínsecas de la cobertura vegetal, el grado de intervención, los cuerpos de agua, el relieve, los elementos culturales y la viveza.

De acuerdo con la evaluación de cada uno de los criterios (**Anexo D.9 – Componente paisaje**) se establecieron tres niveles de calidad visual. La **Tabla 3.2-190**, muestra la síntesis de la valoración de la calidad visual para cada unidad geomorfológica.

Así pues, se determinaron las unidades de paisaje que poseen mejor calidad visual, donde se estableció que el mayor porcentaje del área de influencia directa presenta una calidad media, como se muestra en la **Imagen 3.2-157** y en la **Tabla 3.2-189**.

**Tabla 3.2-189** Calidad visual del paisaje

<b>CALIDAD VISUAL</b>	<b>ÁREA AID (HA)</b>	<b>% ÁREA AID</b>
Alta	3936,78	39,68
Media	5948,54	59,96
Baja	35,62	0,36
<b>Total</b>	<b>9920,93</b>	<b>100</b>

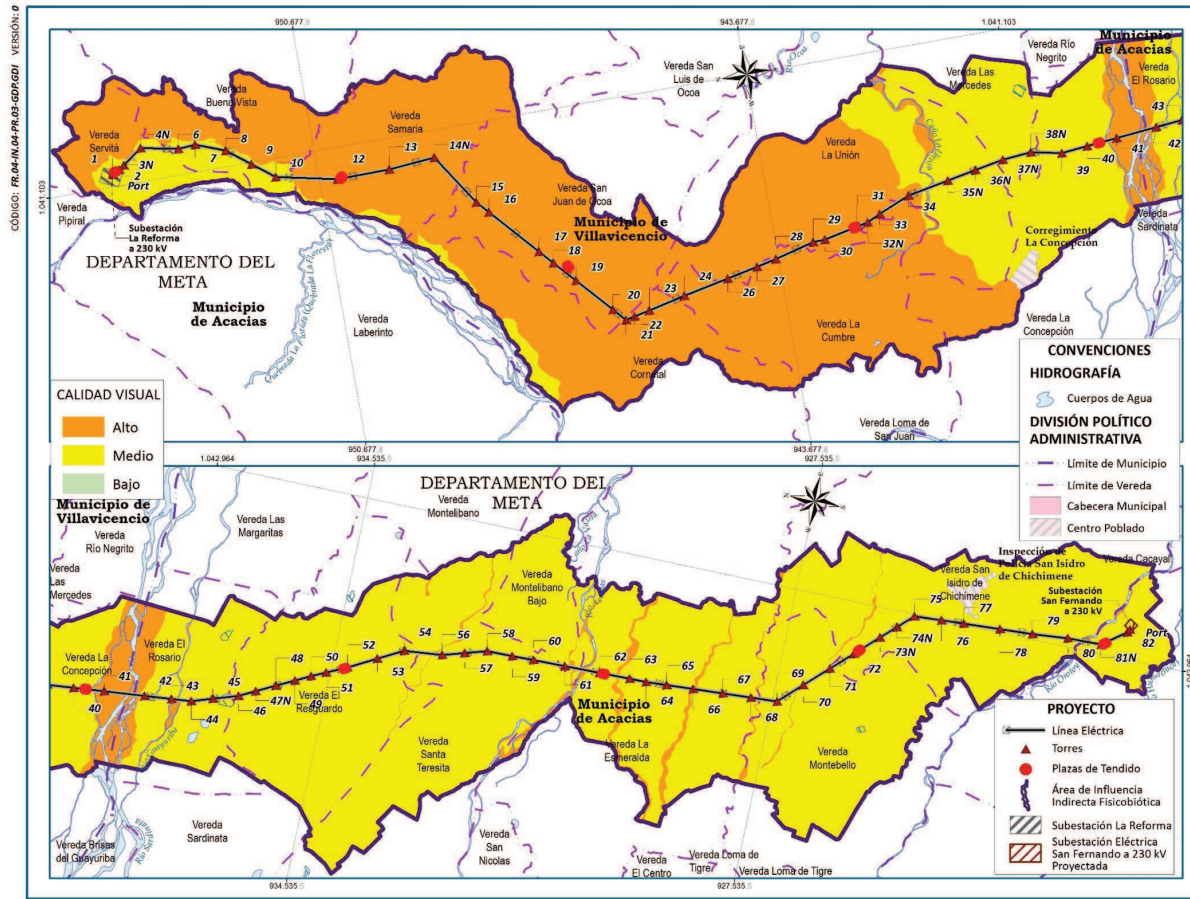
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

**Tabla 3.2-190 Valoración de la calidad visual del paisaje**

UNIDAD DE PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	COBERTURA VEGETAL	GRADO DE INTERVENCIÓN	CUERPOS DE AGUA	RELIEVE	ELEMENTOS CULTURALES	VIVEZA	CLASE	CALIDAD VISUAL
Montañas Fluvio-gravitacionales	Filas - vigas (MFfv)	Alta	Alta	Baja	Alta	Media	Alta	A	Alta
Montañas Plegadas	Crestas, crestones y espinazos (MPcc)	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	A	Alta
Montañas Plegadas Fluvio-gravitacionales	Filas – vigas, crestas y crestones (MPFfv)	Alta	Alta	Baja	Alta	Media	Alta	A	Alta
	Vallecitos Coluvio - aluviales (Mpva)	Media	Muy Alta	Alta	Media	Alta	Alta	A	Alta
Piedemonte Mixto	Terrazas (Pmt)	Media	Media	Media	Baja	Baja	Media	B	Media
	Abanicos Antiguos (Pmaa)	Media	Media	Media	Baja	Baja	Media	B	Media
	Vallecitos de piedemonte (PMv)	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Baja	Media	Alta	A	Alta
Planicie Aluvial	Terraza agradacional (PA <sub>t</sub> )	Media	Media	Baja	Baja	Baja	Media	B	Media
	Plano de inundación (Pai)	Media	Media	Alta	Baja	Media	Media	B	Media
	Vallecito Aluvial (Pav)	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Baja	Media	Media	A	Alta
Valle Aluvial	Plano de inundación (Vpi)	Media	Media	Alta	Baja	Media	Media	B	Media
	Vallecitos coluvio - aluviales (Vvca)	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Baja	Media	Media	A	Alta
Zonas urbanas (Zu)		Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	C	Baja

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Imagen 3.2-157 Calidad visual del paisaje



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

### 3.2.10.3.1 Paisajes clase A

Los paisajes clase A, corresponden a aquellas unidades que poseen características singulares en los elementos evaluados. Dentro de esta clase se localizan las unidades de filas - vigas (MFfv), crestas, crestones y espinazos (MPcc), filas – vigas, crestas y crestones (MPFfv), vallecitos Coluvio - aluviales (Mpva), vallecitos de piedemonte (PMv), vallecito Aluvial (Pav) y vallecitos coluvio - aluviales (Vvca).

Las unidades asociadas a paisajes de montaña de filas - vigas (MFfv), crestas, crestones y espinazos (MPcc), y filas – vigas, crestas y crestones (MPFfv), presentan alta calidad visual relacionada principalmente con el relieve, pues poseen formas quebradas y escarpadas que les conceden atributos singulares. Así mismo, dadas las pendientes que presentan dichas unidades, se favorece la conservación de las coberturas naturales (**Fotografía 3.2-126** y **Fotografía 3.2-127**), como son los bosques abiertos altos de tierra firme (Baaf), así como vegetación secundaria alta y baja (Vsa y Vsb), que les concede calificaciones altas en relación con las características de las coberturas y el uso del suelo.



**Fotografía 3.2-126 Configuración del paisaje de la unidad Filas – Vigas (MFfv) en la vereda La Cumbre**

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-127 Vista de la unidad filas – vigas, crestas y crestones (MPFfv) desde la vereda Pipiral.**

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En cuanto a la presencia de cuerpos de agua, para las unidades de filas - vigas (MFfv), crestas y filas – vigas, crestas y crestones (MPFfv) se calificó un valor bajo, puesto que las altas pendientes condicionan la localización de cuerpos de agua; entre tanto, la unidad de crestas, crestones y espinazos (MPcc) se evaluó con una calificación media, ya que en ella se localizan algunos cuerpos lénticos que representan el 0,07% de la unidad.

De otro lado, la calificación de elementos culturales consideró la importancia de estos paisajes con relación a la localización de lugares de importancia tanto para la comunidad como para visitantes. De esta manera, las unidades de filas - vigas (MFfv), crestas y filas – vigas, crestas y crestones (MPFfv) se calificaron con un valor bajo ya que no se ubican en ellas este tipo de sitios, mientras que en la unidad de crestas, crestones y espinazos (MPcc) se estableció un valor alto, debido a que al ser la unidad de transición entre la montaña y el piedemonte, se puede observar el paisaje característico de la llanura; si bien en esta no se localiza un sitio puntual de interés paisajístico, para la comunidad desde cualquier predio localizado en esta unidad se puede divisar el paisaje. (**Fotografía 3.2-128**).



**Fotografía 3.2-128 Paisaje de crestones y espinazos (MPcc) en la vereda La Unión.**

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Finalmente, la viveza de las tres unidades se determinó con una calificación alta debido a que el conjunto de elementos que las conforman configura paisajes de alta complejidad debido a su variedad y características individuales y en conjunto.

Por otra parte, las unidades de vallecitos coluvio-aluviales (Mpva), vallecitos de piedemonte (PMv), vallecito aluvial (Pav) y vallecitos coluvio - aluviales (Vvca), se encuentran asociados a los cauces que disectan los diferentes paisajes (**Fotografía 3.2-129** a la **Fotografía 3.2-132**). Estas unidades poseen características escénicas especiales en relación con la cobertura vegetal, pues en los paisajes de planicie y valle están compuestos principalmente por playas (Ply) y ríos (R), mientras que en los paisajes de montaña y piedemonte se localizan bosques tanto abiertos de tierra firme (Bfaa) como de galería y riparios (Bgr); cabe resaltar que los vallecitos coluvio-aluviales de la montaña (MPva) presentan extensas áreas de tierras desnudas y degradadas (Tdd) que le conceden una valoración media de la cobertura de la tierra en comparación con las demás unidades que presentan valores altos.





**Fotografía 3.2-129 Vallecitos coluvio – aluviales (Mpva) en la vereda Servita**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-130 Vallecitos de piedemonte (PMv) asociados el Caño La Unión**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-131 Paisaje asociado al río Guayuriba correspondiente a la unidad de vallecito aluvial (Pav)**

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-132 Vallecitos coluvio – aluviales (Vvca) asociados al río Orotoy.**

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En cuanto al uso del suelo, estas superficies son destinadas en su mayor parte a usos forestales y de conservación, por lo cual los grados de intervención en estos paisajes son altos, no obstante, respecto a estos paisajes cabe resaltar que en su entorno se encuentran intervenciones que pueden modificar como tal la calidad del recurso hídrico, igualmente, en épocas de pocas lluvias, estos cuerpos de agua pueden reducirse considerablemente, de manera que sus condiciones pueden variar de forma importante entre los periodos secos y de lluvia.

En términos de relieve la calidad de la unidad es baja, como consecuencia de las reducidas pendientes, excepto para la unidad de vallecitos coluvio-aluviales de la montaña (MPva) que presentan formas inclinadas y escarpadas por lo que su calificación es media. Entre tanto, la valoración de los cuerpos de agua tiene una calificación alta, dado que esta unidad se relaciona directamente a la presencia de este elemento.

Por su parte, los elementos culturales fueron calificados con valores medios y altos, ya que la comunidad se relaciona constantemente con estos paisajes, pues el recurso hídrico y la vegetación a la que se asocia son de alta importancia desde el punto de vista ambiental,

como en el desarrollo de sus actividades tradicionales, por lo cual se reconocen dentro de estos sitios de interés paisajístico relacionados principalmente con actividades recreativas.

### 3.2.10.3.2 Paisajes clase B

Los paisajes de calidad media (clase B) se diferencian por presentar características de alta calidad en algunos elementos y bajas en otros, o bien porque la interacción entre sus elementos no configura paisajes singulares o particulares en la región. Así pues, 5 de las 13 unidades presentes en el área poseen una calidad visual media, abarcando el 59,96% del AID.

Dentro de estos tipos de paisaje se encuentran las unidades de terrazas (PMT), abanicos antiguos (Pmaa), terraza agradacional (PAAt), plano de inundación (Pai) y plano de inundación (Vpi) (**Fotografía 3.2-133** a la **Fotografía 3.2-137**). Estas unidades se encuentran asociadas a coberturas vegetales de menor calidad, principalmente pastos tanto limpios como arbolados y enmalezados, así como plantaciones de palma de aceite. Dadas estas coberturas, el grado de intervención es medio debido a que dichas coberturas no componen paisajes netamente artificiales. Es importante señalar que en las unidades de terrazas (PMT), abanicos antiguos (Pmaa), y terraza agradacional (PAAt) se realizan actividades de extracción de materiales de construcción que modifican la calidad del paisaje puntual, pues representan una corta extensión de las unidades (0,16%, 1,66% y 0,64% respectivamente).



**Fotografía 3.2-133** Configuración del paisaje asociado a la unidad de terrazas (PMT) en la vereda El Rosario

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-134 Paisaje vinculado a la unidad de abanicos antiguos (Pmma) en la vereda Las Mercedes**

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-135 Unidad de terraza agradacional (Pat) en la vereda Betania**

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-136 Paisaje relacionado con la unidad de plano de inundación (Pai) en la vereda El Rosario**

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-137 Paisaje asociado a la unidad plano de inundación (Vpi) en la vereda Betania**  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Por su parte, el relieve, no es un factor determinante en la calidad de estas unidades debido a que sus bajas pendientes no aportan características escénicas de valor visual. En relación con los cuerpos de agua, las unidades de plano de inundación, tanto de la planicie como del valle (Pai y Vpi) se calificaron con un valor alto ya que se vinculan a las márgenes de los principales ríos que atraviesan el AID; entre tanto las unidades de terraza agradacional (PA<sub>t</sub>), terrazas (PM<sub>t</sub>) y abanicos antiguos (Pmaa) se evaluaron con un valor medio debido a que en estas se localizan algunos cuerpos lénticos.

En relación con la presencia de elementos culturales para las unidades de terraza agradacional (PA<sub>t</sub>), terrazas (PM<sub>t</sub>) y abanicos antiguos (Pmaa) se consideró un valor bajo ya que no se relacionan a este tipo de elementos, y por su parte, las unidades plano de inundación (Pai) y plano de inundación (Vpi) poseen valores medios como consecuencia de su localización respecto a los cuerpos de agua, relacionado al desarrollo de actividades turísticas y recreativas.

Para finalizar la viveza se calificó como media para estas cinco unidades pues presentan variedad de elementos, aunque se observan ciertas intervenciones y fraccionamiento, lo cual genera un desbalance entre sus elementos.

#### 3.2.10.3.3 Paisajes clase C

Dentro de los paisajes clase C se encuentran aquellos que poseen una calidad visual baja que contienen características de reducido valor escénico en varios de los elementos que los componen.

Dentro de esta categoría se clasifican los paisajes asociados a la unidad de zonas urbanas (ZU) que comprenden el 0,36% del área de influencia directa y que se relacionan con los centros poblados del Corregimiento La Concepción (**Fotografía 3.2-138**) y la Inspección de Policía de San Isidro de Chichimene (**Fotografía 3.2-139**).



**Fotografía 3.2-138 Paisaje en el corregimiento La Concepción vinculado a la unidad de zonas urbanas (Zu)**

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-139 Inspección de policía de San Isidro de Chichimene relacionado a la unidad de zonas urbanas (Zu)**

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Esta unidad está caracterizada por presentar bajas pendientes por lo que su valor en cuanto al relieve es bajo; así mismo, la cobertura de tejido urbano continuo (Tuc) que la representa le agrega un bajo valor, puesto que son elementos artificiales que se establecen como ajenos en el paisaje regional. En este mismo sentido, el uso del suelo se calificó como bajo pues el paisaje se encuentra alterado en la totalidad de la unidad.

Igualmente, dentro de esta unidad no se identificaron sitios de interés paisajístico, y tanto los elementos culturales como la viveza fueron calificadas con valores bajos dentro de la calidad visual, asociados a la predominancia de las coberturas intervenidas.

#### 3.2.10.4 Escalas visuales

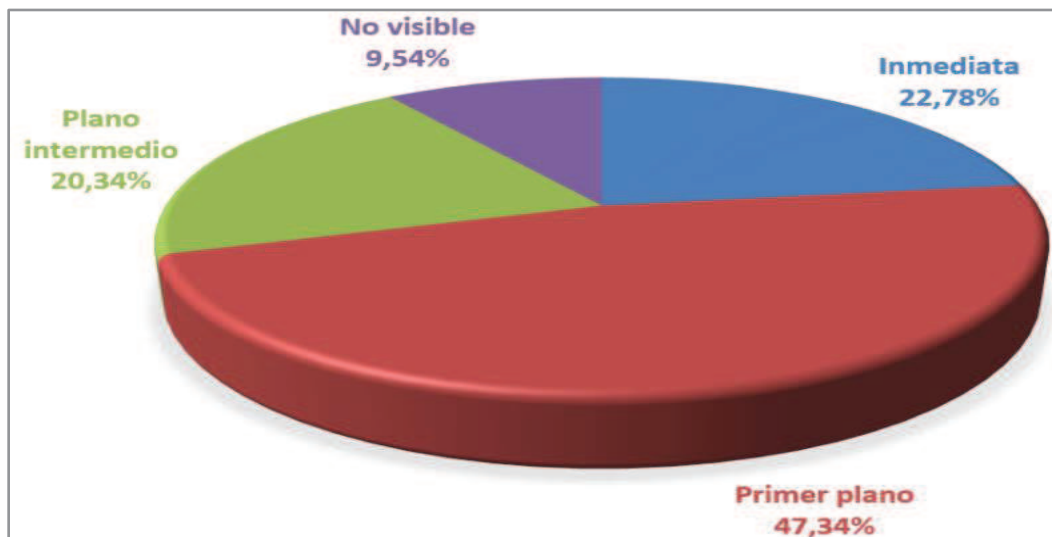
Para evaluar la susceptibilidad de las unidades paisajísticas respecto a su visibilidad se elaboraron escalas visuales, considerando la infraestructura vial como puntos de observación del paisaje.

De este modo fueron elaboradas tres (3) escalas visuales de acuerdo con los elementos y características que perciben los observadores a diversas distancias y se tuvo en cuenta la influencia del relieve como elemento determinante en la visibilidad.

El plano inmediato corresponde a las áreas visibles a partir del punto de observación y hasta los 90 metros, en este rango se localiza el 47,34% del AID. El primer plano, que se asocia al 22,78% del AID, corresponde al rango entre los 90 metros y los 800 metros,

mientras que el plano intermedio, con áreas visibles entre los 800 metros y los 1,6 km, abarca el 20,34% del área de influencia directa. Finalmente se encuentran áreas que, debido a la disposición de las vías y la forma del relieve, no son visibles en ninguno de los 3 planos y corresponden al 9,54% del AID (**Imagen 3.2-158**). Estos resultados permiten establecer que la relación entre el relieve y la localización de las vías hace que cerca del 91% del área de influencia directa tenga algún grado de visibilidad.

**Imagen 3.2-158** Porcentaje total de área en cada escala visual para el AID.



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

De acuerdo con la **Tabla 3.2-191**, el plano inmediato es predominante únicamente para la unidad de zonas urbanas (Zu), de la cual representa el 77,32%. El primer plano, es dominante para las unidades de filas - vigas (MFfv) (45,61%), terrazas (PMt) (54,5%), abanicos Antiguos (Pmaa) (57,32%), vallecitos de piedemonte (PMv) (67,64%), terraza agradacional (PAt) (52,45%), plano de inundación (Pai) (67,28), plano de inundación (Vpi) (87,54%) y vallecitos coluvio - aluviales (Vvca) (78,20%). Lo anterior indica de un lado, que en estas unidades se encuentra distribuida gran parte de la infraestructura vial, y de otro, que la localización de las vías y el relieve favorecen la visibilidad.

Por su parte, las unidades de crestas, crestones y espinazos (MPcc) y filas – vigas, crestas y crestones (MPFfv) presentan mayor visibilidad en el plano intermedio con un 42,32% y 37,55% respectivamente, debido a que las altas pendientes que dominan las unidades restringen la visibilidad.

Finalmente, las áreas no visibles predominan en la unidad de vallecitos coluvio - aluviales (Mpv), donde equivalen al 45,18% de su extensión y son resultado de la ubicación de la unidad y sus características geomorfológicas.

Tabla 3.2-191 Porcentaje de cada escala visual por unidad de paisaje.

UNIDAD DE PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	Área Plano inmediato	% Plano inmediato*	Área Primer plano	% Primer plano*	Área Plano intermedio	% Plano intermedio*	Área No visible	% No visible*	TOTAL
Montañas Fluvio-gravitacionales	Filas - vigas (MFfv)	94,42	19,45	221,46	45,61	88,44	18,21	81,23	16,73	485,56
Montañas Plegadas	Crestas, crestones y espinazos (MPcc)	121,20	17,22	260,19	36,96	297,93	42,32	24,68	3,51	704,00
Montañas Plegadas Fluvio-gravitacionales	Filas – vigas, crestas y crestones (MPFfv)	133,83	5,81	712,65	30,92	865,51	37,55	593,05	25,73	2305,05
	Vallecitos Coluvio - aluviales (Mpva)	0,54	0,78	5,46	7,90	31,87	46,14	31,21	45,18	69,08
Piedemonte Mixto	Terrazas (PMt)	1406,13	36,95	2074,23	54,50	153,80	4,04	171,76	4,51	3805,92
	Abanicos Antiguos (Pmaa)	158,90	23,43	388,83	57,32	124,02	18,28	6,58	0,97	678,34
	Vallecitos de piedemonte (PMv)	21,65	17,00	86,15	67,64	14,43	11,33	5,14	4,04	127,36
Planicie Aluvial	Terraza agradacional (PAT)	245,81	24,36	529,35	52,45	210,00	20,81	24,01	2,38	1009,16
	Plano de inundación (Pai)	16,77	6,75	167,12	67,28	64,51	25,97	-	-	248,40
	Vallecito Aluvial (Pav)	3,11	1,57	36,90	18,63	158,03	79,79	-	-	198,05
Valle Aluvial	Plano de inundación (Vpi)	23,95	11,59	168,55	81,54	6,85	3,31	7,36	3,56	206,71
	Vallecitos coluvio - aluviales (Vvca)	6,34	13,30	37,28	78,20	2,15	4,50	1,91	4,00	47,68
Zonas urbanas (Zu)		27,54	77,32	8,08	22,68	-	-	-	-	35,62
TOTAL		2260,20	22,78	4696,26	47,34	2017,54	20,34	946,93	9,54	9920,93
*Porcentaje sobre la totalidad del área de la unidad										

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



### 3.2.10.5 Fragilidad visual

La capacidad de absorción visual de elementos extraños en cada unidad de paisaje permite establecer la fragilidad de estas a través del análisis de las características del relieve, la vegetación, el grado de intervención, la fragmentación visual y visibilidad. La **Tabla 3.2-192** establece la valoración de la fragilidad para cada característica evaluada, y la **Tabla 3.2-193**, presenta las áreas frágiles para el AID.

**Tabla 3.2-192 Valoración de la fragilidad visual del paisaje**

UNIDAD DE PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	COBERTURA DE LA TIERRA	INTERVENCIÓN HUMANA	FRAGMENTACIÓN VISUAL	PENDIENTE	VISIBILIDAD	FRAGILIDAD
Montañas Fluvio-gravitacionales	Filas - vigas (MFfv)	Media	Alta	Baja	Alta	Alta	Moderada
Montañas Plegadas	Crestas, crestones y espinazos (MPcc)	Media	Alta	Media	Alta	Alta	Alta
Montañas Plegadas Fluvio-gravitacionales	Filas – vigas, crestas y crestones (MPFfv)	Media	Alta	Media	Alta	Media	Moderada
	Vallecitos Coluvio - aluviales (Mpva)	Muy alta	Muy alta	Baja	Alta	Baja	Moderada
Piedemonte Mixto	Terrazas (PMt)	Alta	Media	Baja	Baja	Muy alta	Moderada
	Abanicos Antiguos (Pmaa)	Muy alta	Media	Baja	Media	Muy alta	Moderada
	Vallecitos de piedemonte (PMv)	Media	Alta	Media	Media	Alta	Moderada
Planicie Aluvial	Terraza agradacional (PAat)	Media	Media	Media	Baja	Alta	Moderada
	Plano de inundación (Pai)	Alta	Media	Alta	Baja	Alta	Moderada
	Vallecito Aluvial (Pav)	Muy alta	Muy alta	Media	Baja	Alta	Moderada
Valle Aluvial	Plano de inundación (Vpi)	Alta	Media	Alta	Baja	Alta	Moderada
	Vallecitos coluvio - aluviales (Vvca)	Muy alta	Muy alta	Media	Baja	Alta	Moderada
Zonas urbanas (Zu)		Muy alta	Muy baja	Baja	Baja	Muy alta	Moderada

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

**Tabla 3.2-193 Fragilidad visual en el AID**

FRAGILIDAD VISUAL	ÁREA AID (HA)	% ÁREA AID
Alta	704,00	7,10
Moderada	9216,93	92,90
<b>Total</b>	<b>9920,93</b>	<b>100%</b>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

La unidad de Crestas, crestones y espinazos (MPcc) poseen una fragilidad visual alta, derivada de la baja capacidad de absorción de sus elementos, especialmente como resultado de la forma del relieve y de la alta visibilidad a la que están sujetas producto de la localización de las vías dentro del AID.

La fragilidad visual media o moderada se vincula a las restantes doce (12) unidades que debido a la variedad de coberturas vegetales no pueden absorber visualmente los elementos que sean introducidos al paisaje, así como por la visibilidad de estas unidades y su relieve. En las unidades asociadas a los paisajes de montaña, la fragilidad se vincula a la baja capacidad de absorción que les concede el relieve y le grado de intervención, mientras que en las unidades de piedemonte, planicie y valle se asocia con la capacidad de las coberturas y su exposición visual.

En este sentido, aproximadamente el 93% del área de influencia directa es sensible en el evento de la localización de elementos extraños o discordantes y tan solo el 7% es altamente vulnerable a dicha actividad.

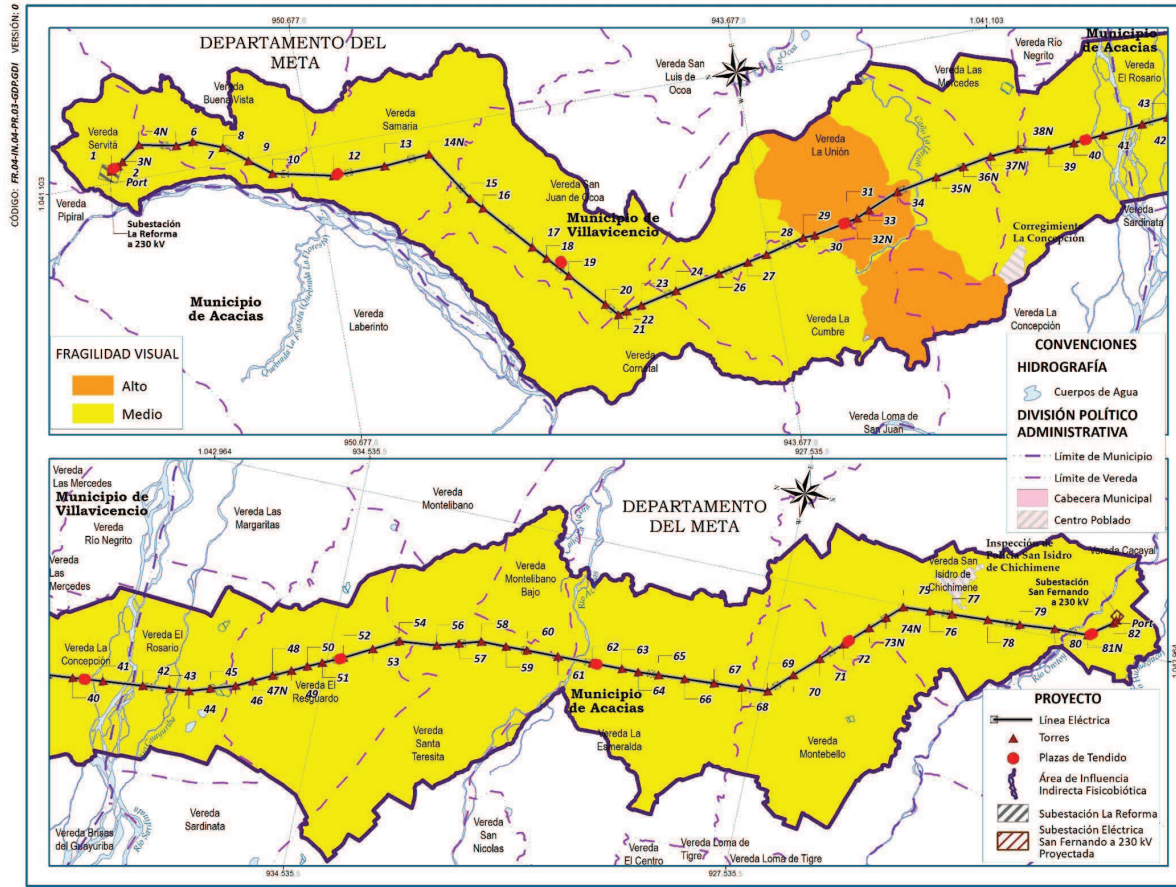
La **Imagen 3.2-159** enseña los resultados espaciales de la valoración de la fragilidad visual.

#### 3.2.10.6 Sitios de interés paisajístico

Para el área de influencia directa se identificaron tres (3) sitios de interés paisajístico, relacionados especialmente con la localización de cuerpos de agua, y que corresponden a los cauces de los ríos Guayuriba (**Fotografía 3.2-140**), Acacias (**Fotografía 3.2-141**) y Orotoy (**Fotografía 3.2-142**), donde se realizan actividades turísticas y recreativas, principalmente en épocas de poca lluvia. Estas actividades se llevan a cabo tanto por parte de los habitantes del AID como por visitantes, dado que el área atrae gran cantidad de actividad turística.

Acorde con la valoración de la calidad visual del paisaje, estos sitios de interés presentan características escénicas singulares derivadas en primer lugar de la presencia del cuerpo de agua, y en segundo lugar de las condiciones de las coberturas adyacentes.

Imagen 3.2-159 Fragilidad visual del paisaje



FragilidadVisual.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-140** Vista general de río Guayuriba  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-141** Paisaje asociado al río Acacias  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



**Fotografía 3.2-142** Paisaje asociado al río Orotoy  
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

### 3.2.10.7 Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico del AID

Conforme con la caracterización y evaluación del paisaje y las unidades presentes en el área de influencia directa del proyecto en relación con su calidad y fragilidad visual a continuación se enmarca el proyecto dentro de dicho análisis.

Para lo anterior es importante señalar que, de acuerdo con las actividades del proyecto, las modificaciones y/o alteraciones en la calidad visual se encuentran ligadas especialmente a la localización de las torres, puesto que se establecen como elementos ajenos, los cuales alteran la estructura tanto horizontal como vertical de las unidades paisajísticas; así mismo, estos elementos se consideran de alta la visibilidad dadas sus características en cuanto a tamaño y textura.

Así pues, para el análisis del proyecto en el componente paisajístico se consideraron las áreas de intervención de las torres, esto es un corredor de 30 metros, que representan 105,08 ha; en la **Tabla 3.2-194**, se muestran las unidades paisajísticas y las áreas de intervención presentes en cada una de estas, donde se observa que la mayor extensión se presenta en los paisajes de piedemonte y planicie.

**Tabla 3.2-194 Áreas de intervención en cada unidad de paisaje**

UNIDAD DE PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	ÁREA DE INTERVENCIÓN	% AREA DE INTERVENCIÓN
Montañas Fluvio-gravitacionales	Filas - vigas (MFfv)	2,90	2,71
Montañas Plegadas	Crestas, crestones y espinazos (MPcc)	5,64	5,29
Montañas Plegadas Fluvio-gravitacionales	Filas – vigas, crestas y crestones (MPFfv)	27,41	25,83
	Vallecitos Coluvio - aluviales (Mpva)	0,19	0,18
Piedemonte Mixto	Terrazas (Pmt)	38,35	35,95
	Abanicos Antiguos (Pmaa)	5,68	5,32
	Vallecitos de piedemonte (PMv)	0,87	0,80
Planicie Aluvial	Terraza agradacional (PAat)	17,94	16,82
	Plano de inundación (Pai)	1,75	1,64
	Vallecito Aluvial (Pav)	2,53	2,37
Valle Aluvial	Plano de inundación (Vpi)	2,31	2,31
	Vallecitos coluvio - aluviales (Vvca)	0,99	0,77
Zonas urbanas (Zu)		-	-
TOTAL		106,56	100

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En la **Imagen 3.2-160**, se presenta la extensión de las áreas de intervención de acuerdo con la calidad visual de las unidades paisajísticas en donde se localizan.

**Imagen 3.2-160** Porcentaje total de áreas de intervención de las torres de acuerdo a la calidad visual



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

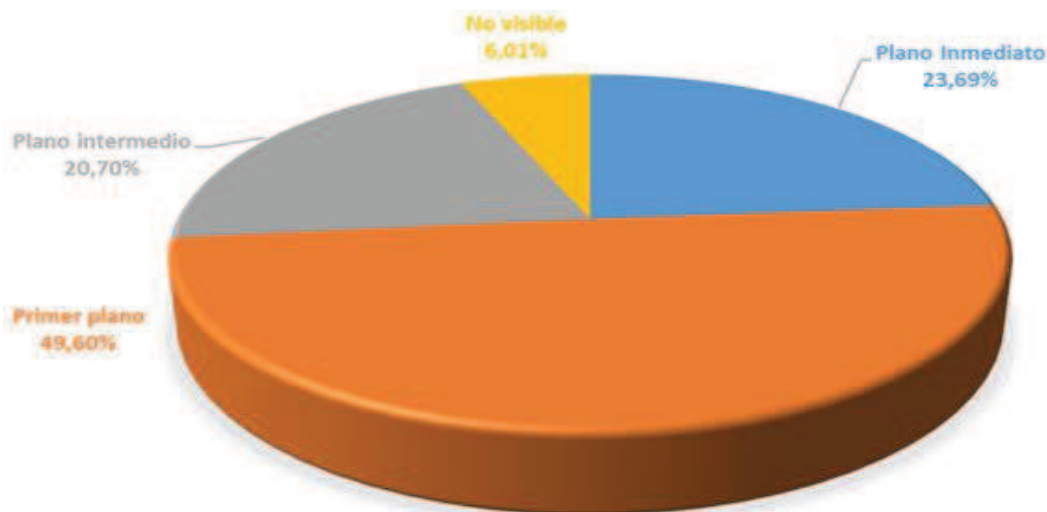
En relación con la calidad visual, el 37,1% de las áreas de intervención, es decir 38,98 Ha se localizan en paisajes clase A o de calidad visual alta, unidades cuyos elementos presentan características escénicas singulares; de forma que las actividades en estas áreas tendrán una importancia mayor considerando que las alteraciones presentes en estos lugares son reducidas y en consecuencia las torres se encontrarán más expuestas a los observadores.

Por su parte, en los paisajes catalogados como clase B o de calidad media se localiza el 62,9% de las áreas de intervención correspondientes a 66,10 Ha. Ya que estos representan la mayor parte del área de influencia directa, sobre estos se concentran las áreas de intervención, lo cual podrá representar un cambio moderado en las condiciones escénicas de estas unidades en presencia de las torres, pues en estos lugares ya se encuentran alteraciones antrópicas y elementos discordantes.

Finalmente, en los paisajes con calidad visual baja o clase C, no se localizan áreas de intervención, pues dichos paisajes se relacionan con la localización de zonas urbanas.

En lo relacionado con la visibilidad del paisaje en el AID, en la **Imagen 3.2-161**, se observa la distribución porcentual de las áreas de intervención de acuerdo con las escalas visuales establecidas, donde el 26,69% se localiza en el plano inmediato; el 49,60%, correspondientes a 52,12 Ha, se localizan en el primer plano; el 20,70% en el plano intermedio, y el 6,01% en áreas no visibles.

Imagen 3.2-161 Porcentaje total de áreas de intervención de las torres de acuerdo con su visibilidad



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En este sentido, las áreas de intervención que se ubican en el plano inmediato y en el primer plano se encuentran en mayor exposición a los observadores, lo que se traduce en mayor sensibilidad del componente paisajístico en estos lugares específicos, pues son zonas localizadas en cercanía a los puntos de observación.

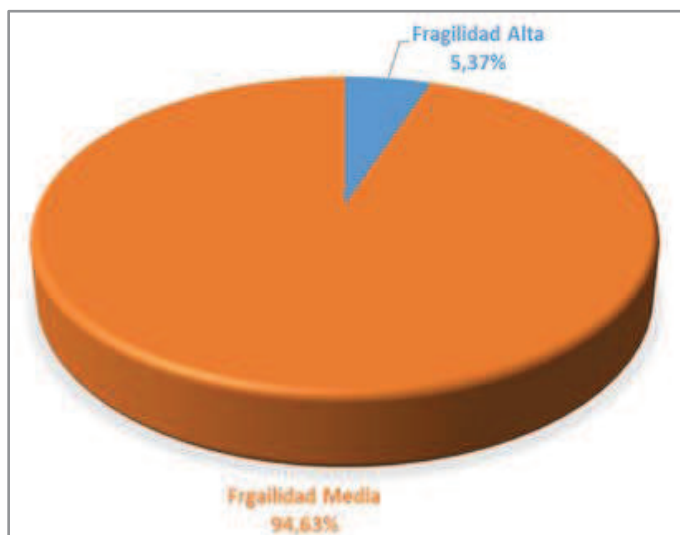
Por su parte, las áreas relacionadas con el plano intermedio, que se encuentran más alejadas de los puntos de observación tendrán una sensibilidad menor por la localización de las torres, pues se podrán integrar de mejor forma con el paisaje circundante, ya que, en estas distancias, aunque son visibles las discordancias su definición comienza a reducirse y el fondo escénico adquiere mayor relevancia.

En contraste, el 6,01% del área de intervención se localiza en áreas no visibles desde los puntos de observación, lo cual indica una baja sensibilidad en la localización de las torres en estas zonas.

Respecto a la fragilidad visual, en la **Imagen 3.2-162**, se puede observar que el mayor porcentaje de las áreas de intervención de las torres se localiza en unidades paisajísticas con fragilidad visual media o moderada. Esto quiere decir que en estas áreas se localizan elementos que poseen cierta capacidad de absorción visual, y en consecuencia, la ubicación de las torres no alterará significativamente las condiciones del paisaje.

Por otra parte, el 5,37% de las áreas de intervención se ubican en paisajes con una fragilidad visual alta, lo que indica que los elementos que conforman el paisaje en estos puntos presentan una reducida capacidad de absorción visual, como consecuencia principalmente de la pendiente pronunciada, de la alta visibilidad y de la ausencia de barreras visuales, lo que resulta en una alta sensibilidad a la localización de elementos ajenos o discordantes.

Imagen 3.2-162 Porcentaje total de áreas de intervención de las torres de acuerdo con fragilidad visual



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

### 3.2.10.8 Conclusiones

Con base en la caracterización del paisaje del área de influencia directa de la construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando, se puede establecer que las afectaciones a este componente están dadas por la localización de elementos discordantes que afectan la calidad paisajística. Esto, como resultado especialmente de la alta visibilidad que presenta el área, las altas pendientes que dominan la zona montañosa y la cobertura vegetal que predomina en el piedemonte, la planicie y el valle compuesta especialmente por pastos, que no conceden atributos favorables en la calidad de las unidades.

En este sentido, el proyecto se desarrollará especialmente sobre estas unidades dominantes, calificadas con calidad visual media (clase B), donde se podrá localizar infraestructura que transforme el paisaje puntual y linealmente, por efecto de la introducción de elementos extraños, que contrastan con las formas, colores y texturas de los elementos naturales del paisaje. En estas unidades la fragilidad visual es moderada ya que los elementos que las componen presentan una capacidad baja para absorber visualmente estas discordancias debido a que se encuentran más expuestas a los observadores puesto que allí se encuentra localizada gran parte de la infraestructura vial existente y de los centros poblados del área.

De forma puntual los elementos pueden presentar formas geométricas precisas, e involucran de un lado la transformación de las condiciones de relieve y de la cobertura vegetal, y de otro la inserción de colores diferentes productos del suelo descubierto o al cambio en las texturas. Por su parte los elementos con forma vertical, como las torres, se constituyen como elementos que distorsionan el paisaje restringiendo la continuidad de