

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.  
TESALIA – ALFÉREZ Y SUS MÓDULOS DE CONEXIÓN ASOCIADOS, OBRAS QUE  
HACEN PARTE DE LA CONVOCATORIA UPME 05 DE 2009**

**TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
4 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	1
4.1 AGUAS SUPERFICIALES	2
4.1.1 Actividades industriales	3
4.1.1.1 Construcción de torres de transmisión	3
4.1.1.2 Humectación de vías de acceso en afirmado	4
4.1.1.3 Caudal total	5
4.1.2 Consumo doméstico para operación de campamentos	5
4.1.3 Fuentes de obtención del Recurso Hídrico	8
4.1.3.1 Captación sobre el río Iquira	9
4.1.3.2 Captación sobre la Quebrada el Pedernal	12
4.1.3.3 Captación sobre la Quebrada Nilo	15
4.1.3.4 Captación sobre el Río Bache	19
4.1.3.5 Captación sobre el río Claro	22
4.1.3.6 Captación sobre la Quebrada Montalvo	25
4.1.3.7 Propuesta de captación sobre el Río Siquila	28
4.1.3.8 Captación sobre el Río Hereje	31
4.1.3.9 Captación sobre la quebrada El Bejuquero	34
4.1.3.10 Captación sobre la Quebrada El Triunfo	38
4.1.3.11 Captación sobre la Quebrada Oriente	41
4.1.4 Estimación del caudal medio, mínimo, ecológico y aprovechable para las corrientes de captación de agua superficial	43
4.1.4.1 Oferta Hídrica	43
4.1.5 Calidad de agua de las fuentes que serán utilizadas para el abastecimiento de agua: doméstico e industrial.	57
4.1.5.1 Temperatura	63
4.1.5.2 pH	64
4.1.5.3 Sólidos disueltos totales.	65
4.1.5.4 Conductividad	66
4.1.5.5 Turbiedad	67
4.1.5.6 Oxígeno Disuelto	68
4.1.5.7 Color verdadero	69
4.1.5.8 Acidez total	70
4.1.5.9 Alcalinidad	71
4.1.5.10 Coliformes totales y fecales	72
4.1.5.11 Fosfatos	74
4.1.5.12 Sólidos Totales	75
4.1.5.13 DBO5	76
4.1.5.14 Calcio, Magnesio	77
4.1.5.15 Sodio y potasio.	78

4.1.6	Dimensionamiento del sistema de impulsión desde sitios de captación a carrotanque de transporte	80
4.1.6.1	Escenario 1 – Caso Quebrada Nilo	82
4.1.6.2	Escenario 2 – Caso Quebrada Oriente	84
4.2	AGUAS SUBTERRANEAS	86
4.3	VERTIMIENTOS	86
4.3.1	Aguas residuales en la etapa de construcción	87
4.3.1.1	Caudal efluente en campamentos provisionales mayores	87
4.3.1.2	Caudal efluente en campamentos provisionales volantes	87
4.3.2	Descripción de los residuos líquidos generados por el Proyecto	88
4.3.3	Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas	89
4.3.3.1	Fase de Pre-Construcción, Construcción, Montaje y Pruebas de la infraestructura	89
4.3.3.2	Campamentos en la fase constructiva del proyecto.	91
4.3.3.3	Sistema de tratamiento de aguas residuales.	92
4.4	OCUPACIÓN DE CAUCES	104
4.5	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	104
4.6	APROVECHAMIENTO FORESTAL	119
4.6.1	Introducción	119
4.6.2	Objetivos	120
4.6.3	Localización	120
4.6.4	Metodología	123
4.6.4.1	Fase de pre-campo	123
4.6.4.2	Fase de campo	140
4.6.4.3	Fase Oficina	152
4.6.5	Resultados y análisis	154
4.6.5.1	Aprovechamiento forestal en sitios de torre	154
4.6.5.2	Aprovechamiento forestal en vanos	158
4.6.5.3	Aprovechamiento forestal en infraestructura asociada	161
4.6.5.4	Aprovechamiento forestal en accesos a adecuar	163
4.6.5.5	Aprovechamiento forestal en las franjas de captación	166
4.6.5.6	Resultado aprovechamiento forestal	168
4.6.5.7	Listado de especies	175
4.6.6	Identificación de especies en veda y amenaza	176
4.7	EMISIONES ATMOSFERICAS	177
4.8	RESIDUOS SÓLIDOS	178
4.8.1	Manejo de residuos sólidos – consideraciones generales	179
4.8.2	Clasificación y manejo de Residuos Sólidos	180
4.8.3	Manejo y disposición de residuos sólidos en frente de obra (sitios de torre y plazas de tendido)	181
4.8.4	Manejo y disposición de Residuos Sólidos en Campamentos Volantes (capacidad: 30 - 40 hab/día)	182
4.8.5	Manejo y disposición de Residuos Sólidos en Campamentos Mayores (capacidad: 60 - 80 hab/día)	183
4.8.6	Manejo de residuos industriales en la franja de servidumbre en etapa de construcción y operación	184
4.8.7	Manejo de residuos de excavación	184

---

4.8.8 Disposición del material vegetal residual y de troceo	185
4.8.9 Manejo de Residuos peligrosos y especiales en la franja de servidumbre en etapa de construcción y operación	185

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.  
TESALIA – ALFÉREZ Y SUS MÓDULOS DE CONEXIÓN ASOCIADOS, OBRAS QUE  
HACEN PARTE DE LA CONVOCATORIA UPME 05 DE 2009**

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Recursos Naturales para su Uso, Aprovechamiento y/o Afectación como parte del Proyecto .....	1
Tabla 2 Vías de movilización del proyecto .....	4
Tabla 3 Ubicación campamentos .....	6
Tabla 4 Características de la franja de captación sobre el río Iquira .....	9
Tabla 5 Características de la franja de captación sobre el Quebrada el Pedernal.....	12
Tabla 6 Características de la franja de captación sobre la Quebrada El Nilo .....	15
Tabla 7 Características de la franja de captación sobre el río Bache .....	19
Tabla 8 Características de la franja de captación sobre el Río Claro .....	22
Tabla 9 Características de la franja de captación sobre la quebrada Montalvo .....	25
Tabla 10 Características de la franja de captación sobre el Río Siquila .....	28
Tabla 11 Características de la franja de captación sobre el Río Hereje .....	31
Tabla 12 Características de la franja de captación sobre la Quebrada El Bejuquero .....	34
Tabla 13 Características de la franja de captación sobre la Quebrada El triunfo.....	38
Tabla 14 Características de la franja de captación sobre la Quebrada Oriente .....	41
Tabla 15 Listado de estaciones hidrométricas de la zona de estudio.....	45
Tabla 16 Listado de Localización de los Puntos de captación para el proyecto Tesalia - Alférez .....	49
Tabla 17 Características morfométricas de las cuencas objeto de aprovechamiento.....	49
Tabla 18 Resumen de oferta de agua superficial en las corrientes objeto de aprovechamiento hídrico.....	56
Tabla 19 Estándares de calidad del agua .....	57
Tabla 20 Valores aceptados según la legislación aplicada a uso y calidad de agua. ....	58
Tabla 21 Resultados del análisis físico químico realizado en las fuentes hídricas. ....	60
Tabla 22 Distancias y elevaciones a borde de carretera para los sistemas de conducción .....	81
Tabla 23 Generación de residuos líquidos y alternativas para la gestión ambiental.....	88
Tabla 24 Composición típica de las aguas residuales domésticas no tratadas .....	89
Tabla 25 Capacidad del sistema séptico integrado. ....	97
Tabla 26 Descripción de los sitios y localización de los campamentos para la construcción del proyecto .....	104
Tabla 27 Fuentes de materiales cercanas al proyecto .....	107
Tabla 28 Fuentes de materiales Municipio Palermo.....	113
Tabla 29 Autorizaciones de explotación de material de playa, municipio Santa María ...	114
Tabla 30 Explotaciones mineras reportadas en el municipio de Santa María.....	114
Tabla 31 Reporte de explotaciones de materiales y minerales no metálicos registrados por la Regional Minera de Ibagué (1992) .....	115
Tabla 32 Explotación de materiales de construcción, municipio Puerto Tejada.....	117
Tabla 33 Fuentes de materiales municipio Jamundí .....	119

---

Tabla 34	División político administrativa en el AID.....	120
Tabla 35	Tamaños de muestrasrealizados para la categoría latizal.....	128
Tabla 36	Tamaños de muestrasrealizados para la categoría fustal.....	129
Tabla 37	Resumen de estimaciones de muestreo .....	132
Tabla 38	Reglas de definición para los sectores tipo .....	135
Tabla 39	Comparación, AID Proyecto – área puntual de aprovechamiento forestal.....	139
Tabla 40	Relación periodos de trabajo en campo, cantidad de parcelas y de cuadrillas realizadas .....	143
Tabla 41	Jerarquización de los tipos de área que conforman el área puntual de aprovechamiento forestal.....	154
Tabla 42	Relación del volumen maderable, comercial y total y cantidad de individuos a aprovechar para la categoría fustal y latizal en los sitios de torres.....	156
Tabla 43	Relación del volumen maderable, comercial y total y cantidad de individuos a aprovechar para la categoría fustal y latizal en los vanos. ....	159
Tabla 44	Relación del volumen maderable, comercial y total y cantidad de individuos a aprovechar para la categoría fustal y latizal en las áreas de infraestructura asociada. ..	162
Tabla 45	Relación del volumen maderable, comercial y total y cantidad de individuos a aprovechar para la categoría fustal y latizal en los accesos.....	164
Tabla 46	Relación del volumen maderable, comercial y total y cantidad de individuos a aprovechar para la categoría fustal y latizal en las franjas de captación .....	167
Tabla 47	Aprovechamiento forestal total para el Proyecto .....	168
Tabla 48	Consolidado aprovechamiento forestal – División político administrativa .....	170
Tabla 49	Listado de especies .....	175
Tabla 50	Especies amenazadas o vedadas presentes en el AID y AII del proyecto.....	176
Tabla 51.	Especies en veda presentes en el Proyecto.....	177
Tabla 52	Clasificación de residuos sólidos.....	180

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.  
TESALIA – ALFÉREZ Y SUS MÓDULOS DE CONEXIÓN ASOCIADOS, OBRAS QUE  
HACEN PARTE DE LA CONVOCATORIA UPME 05 DE 2009**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Localización de polígono de captación de agua para el río Iquira .....	11
Figura 2 Localización de polígono de captación de agua para la Quebrada el Pedernal....	14
Figura 3 Localización de polígono de captación de agua para la Quebrada El Nilo .....	18
Figura 4 Localización de polígono de captación de agua para el río Bache .....	21
Figura 5 Localización de polígono de captación para el Río Claro .....	24
Figura 6 Localización de polígono de captación para la quebrada Montalvo.....	27
Figura 7 Localización de polígono de captación para el Río Siquila.....	30
Figura 8 Localización de polígono de captación para el Río Hereje.....	33
Figura 9 Localización de polígono de captación para la Quebrada El Bejuquero.....	37
Figura 10 Localización de polígono para aprovechamiento de agua de la Quebrada El Triunfo .....	40
Figura 11 Localización de polígono para aprovechamiento de agua de la Quebrada Oriente .....	43
Figura 12 Curva de duración de Caudales de corrientes .....	44
Figura 13 CDC estación Hacienda Venecia, Río Yaguará .....	45
Figura 14 CDC estación El Socorro, Río Baché.....	46
Figura 15 CDC estación Bocas, Río Blanco.....	46
Figura 16 CDC estación Hidroeléctrica, Río Pedernal.....	47
Figura 17 CDC estación Bocatoma, Río Iquira.....	47
Figura 18 CDC estación Los Minchos, Río Bolo .....	48
Figura 19 CDC estación Gaitania, Río Ata.....	48
Figura 20 CDC para la cuenca de captación, en el río Iquira .....	50
Figura 21 CDC para la cuenca de captación, en el río Pedernal.....	51
Figura 22 CDC para la cuenca de captación, en la quebrada Nilo .....	51
Figura 23 CDC para la cuenca de captación, en el río Bache .....	52
Figura 24 CDC para la cuenca de captación, en el río Claro.....	52
Figura 25 CDC para la cuenca de captación, en la quebrada Montalvo .....	53
Figura 26 CDC para la cuenca de captación, en el río Siquila .....	53
Figura 27 CDC para la cuenca de captación, en el río Hereje.....	54
Figura 28 CDC para la cuenca de captación, en la quebrada Bejuquero .....	54
Figura 29 CDC para la cuenca de captación, en la quebrada El Triunfo .....	55
Figura 30 CDC para la cuenca de captación, en la quebrada Oriente.....	55
Figura 31 Variación de Temperatura en las franjas de captación Tesalia-Alfárez. ....	64
Figura 32 Variación de pH en las franjas de captación Tesalia-Alfárez. ....	65
Figura 33 Variación de sólidos disueltos totales en las franjas de captación Tesalia-Alfárez. ....	66
Figura 34 Variación de Conductividad en las franjas de captación Tesalia-Alfárez. ....	67
Figura 35 Variación de turbiedad en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.....	68
Figura 36 Variación del oxígeno disuelto en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.....	69

Figura 37Variación del color verdadero en las franjas de captación Tesalia-Alfárez. ....	70
Figura 38Variación de la acidez total en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.....	71
Figura 39Variación de la alcalinidad en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.....	72
Figura 40Variación de Coliformes Totales en las franjas de captación Tesalia-Alferez. ....	73
Figura 41Variación de los Coliformes Fecales en las franjas de captación Tesalia-Alferez. .....	74
Figura 42Variación de los fosfatos en las franjas de captación Tesalia-Alferez.....	75
Figura 43Variación de los sólidos totales en las franjas de captación Tesalia-Alferez.....	76
Figura 44Variación de la DBO <sub>5</sub> en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.....	77
Figura 45Variación del calcio en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.....	78
Figura 46Variación del magnesio en las franjas de captación Tesalia-Alfárez. ....	78
Figura 47Variación del sodio en las franjas de captación Tesalia-Alfárez. ....	79
Figura 48Variación del potasio en las franjas de captación Tesalia-Alfárez. ....	80
Figura 49 Sistema de impulsión tipo .....	81
Figura 50esquema de tipo de letrina seca .....	90
Figura 51Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en Campamentos Mayores.....	94
Figura 52 El Rosetón Plástico ROTOPLAST .....	95
Figura 56Medidas y dimensiones del sistema séptico Cilíndrico Horizontal de 5000lt (vista longitudinal). ....	97
Figura 57Medidas y dimensiones del sistema séptico Cilíndrico Horizontal de 5000lt (Corte transversal).....	98
Figura 58Esquema sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (Corte longitudinal) .....	98
Figura 53Tipos de sistemas compactos de tratamientos de aguas residuales .....	100
Figura 54Esquema sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (Esquema salida y campo de infiltración).....	102
Figura 55Corte transversal y detalle campo de infiltración. ....	102
Figura 59 Fuentes de materiales de construcción, con títulos mineros vigentes .....	105
Figura 60 Ubicación título minero IJO-14121 .....	113
Figura 61 Proceso metodológico – determinación aprovechamiento forestal .....	123
Figura 62Secciones de análisis, vista de planta.....	134

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.  
TESALIA – ALFÉREZ Y SUS MÓDULOS DE CONEXIÓN ASOCIADOS, OBRAS QUE  
HACEN PARTE DE LA CONVOCATORIA UPME 05 DE 2009**

**ÍNDICE DE FOTOS**

	<b>Pág.</b>
Foto 1 localización punto de muestro.....	144
Foto 2 localización punto de muestro.....	144
Foto 3 demarcación de la parcela.....	144
Foto 4 demarcación de la parcela.....	144
Foto 5 marcación fustales.....	145
Foto 6 marcación fustales.....	145
Foto 7 marcación fustales.....	145
Foto 8 marcación fustales.....	145
Foto 9 marcación latizales.....	145
Foto 10 marcación latizales.....	145
Foto 11 Toma de datos.....	146
Foto 12 Toma de datos.....	146
Foto 13 Registro de datos.....	146
Foto 14 Registro de datos.....	146
Foto 15 Colecta botánica.....	147
Foto 16 Colecta botánica.....	147
Foto 17 Registro fotográfico de colectas botánicas.....	148
Foto 18 Registro fotográfico de colectas botánicas.....	148
Foto 19 Registro fotográfico de especies.....	148
Foto 20 Registro fotográfico de especies.....	148
Foto 21 Registro de características de muestras botánicas.....	149
Foto 22 Registro de características de muestras botánicas.....	149
Foto 23 Datos morfológicos, colectas botánicas.....	149
Foto 24 Realización etiquetas de campo.....	149
Foto 25 Material colectado.....	150
Foto 26 Prensado.....	150
Foto 27 Clasificación de especímenes por familia.....	151
Foto 28 Clasificación de especímenes por familia.....	151
Foto 29 Ingreso de etiquetas.....	152
Foto 30 Ingreso de etiquetas.....	152
Foto 31 Identificación de material.....	152
Foto 32 Identificación de material.....	152

#### 4 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

A continuación se presenta la caracterización y oferta de los recursos naturales que demandará el proyecto para la ejecución de las etapas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto “Línea de transmisión Tesalia - Alférez 230 kV y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 – 2009”.

Las necesidades del Uso, Aprovechamiento y/o Afectación de los Recursos Naturales demandados por el Proyecto, se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1 Recursos Naturales para su Uso, Aprovechamiento y/o Afectación como parte del Proyecto**

Recurso Natural	Descripción
<b>Aguas superficiales</b>	Las actividades a desarrollar en las etapas de construcción y operación del Proyecto requieren del recurso hídrico, tanto para el uso industrial como para el uso doméstico. El Proyecto contempla la obtención del recurso hídrico a través de la captación en franjas sobre fuentes hídricas superficiales, para la etapa de obras civiles, en un caudal de 0,57 L/s para las Líneas de Transmisión; que incluyen el caudal para humectación de vías de acceso en afirmado, a ser usadas por el Proyecto, actividades de construcción en las cimentación de torres y el uso doméstico en campamentos.  <b>El caudal solicitado para la concesión de agua en fuente superficial es de 0,57 L/s</b>
<b>Aguas subterráneas</b>	No se solicita permiso para aprovechamiento de aguas subterráneas, ya que el proyecto no lo demanda.
<b>Vertimiento</b>	El permiso para vertimientos en los campamentos se realizará estimando los volúmenes máximos a verter por aguas residuales domésticas, así: <b>Volumen de efluentes en campamento mayor 9,6 m<sup>3</sup></b> <b>Volumen de efluentes en campamento volante 4,8 m<sup>3</sup></b>
<b>Ocupación de cauces</b>	No se solicita permiso para la ocupación de cauces, dado que el Proyecto no lo demanda.
<b>Materiales de construcción</b>	Los materiales de construcción requeridos por el proyecto se obtendrán de fuentes de materiales pétreos que cuenten con título/registro minero, licencia ambiental y permisos ambientales vigentes otorgados por la Autoridad Ambiental Competente
<b>Aprovechamiento Forestal</b>	Los volúmenes maderables y cantidad de individuos consolidados para el área de influencia puntual de aprovechamiento forestal del Proyecto son: 22.350,68 m <sup>3</sup> de volumen total y 9.724,99 m <sup>3</sup> de volumen comercial, correspondientes a 170.489 individuos

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1 AGUAS SUPERFICIALES

Para el desarrollo del proyecto se realizará la utilización del recurso hídrico en las siguientes Fases, Etapas y Actividades transversales:

1. Construcción de las Líneas de Transmisión Eléctrica que componen el Proyecto (Elaboración de concretos, rellenos y empedradización de taludes).
2. Humectación de las vías de acceso en afirmado que serán empleadas por el Proyecto, durante la etapa de construcción, como actividad transversal y Medida de Manejo Ambiental para el control de emisión de partículas suspendidas.
3. Abastecimiento de Agua para la operación de los campamentos provisionales que se instalarán.

Para suplir la demanda del recurso hídrico para uso industrial y uso doméstico en las diferentes etapas de construcción de las líneas de transmisión, como en actividades de humectación de las vías de acceso al proyecto, y suministro en campamentos, el Proyecto contempla la provisión de agua, mediante las siguientes alternativas:

1. Captación de agua superficial en franjas autorizadas sobre las fuentes hídricas de los ríos y quebradas existentes en el área de influencia del proyecto. Los siguientes son los cuerpos hídricos contemplados para dicha captación: Río Iquira, Quebrada Pedernal, Río Bache, Quebrada Nilo, Río Claro, Quebrada Montalvo, Río Siquilá, Río Hereje, Quebrada el Bejuquero, Quebrada el Triunfo y Quebrada Oriente.
2. Compra de agua en bloque a la Sociedad de Acueductos y Alcantarillados del Valle -ACUAVALLE S.A E.S.P. El transporte a los diferentes sectores del proyecto se hace a través de carrotanques u otros medios de transporte.

En caso que, durante las actividades de construcción, se contacte con acueductos que certifiquen la disponibilidad de venta de agua en bloque y que además cuente con el permiso de concesión de aguas vigente, junto con las autorizaciones para la disponibilidad del recurso para uso doméstico e industrial, el contratista, previa autorización de la interventoría del Proyecto, podrá adelantar las gestiones pertinentes para la adquisición del recurso con dichas entidades. Los soportes de dicha gestión serán reportados y suministrados en los informes de cumplimiento ambiental que defina la Autoridad Ambiental Nacional.

El requerimiento del recurso hídrico destinado para uso industrial y uso doméstico en las actividades constructivas de las líneas de transmisión eléctrica, se describe continuación.

#### 4.1.1 Actividades industriales

##### 4.1.1.1 Construcción de torres de transmisión

Las actividades de tipo industrial tales como la preparación de mezclas, humectación de material para compactación de terraplenes y el riego de la empradización de taludes, requerirán de agua para la ejecución de la misma.

Para la producción de concretos de cimentaciones el volumen de agua que se estima en total es de 1,031.9 m<sup>3</sup> de agua a lo largo de los siete (7) meses de construcción.

El caudal para esta labor por lo tanto se estimaría así:

$$Q = 1,031.9 \text{ m}^3 / (210 \text{ días} * 86400) = 0.056 \text{ L/s}$$

El cálculo del volumen de agua necesario para la humectación de rellenos en el proceso de compactación se estima en el 2% del volumen total de rellenos, los cuales ascienden a 29,897.2 m<sup>3</sup>, lo que significa un volumen de agua de 597.9 m<sup>3</sup>

El caudal para los rellenos se estimaría así:

$$Q = 597,9 \text{ m}^3 / (210 \text{ días} * 86400) = 0.032 \text{ L/s}$$

Para las actividades de riego de empradización de los taludes de corte y de terraplén, se estima su valor en función del volumen de material de relleno (29,897.2 m<sup>3</sup>), teniendo en cuenta una altura media de terraplenes de 1.50 m, con lo cual el área a regar será de 19,931.5 m<sup>2</sup>. Ahora si se supone un riego en condiciones promedio de baja a media precipitación, 3 veces/semana, durante un período de 30 días, a una cuantía de 0,6 L/ m<sup>2</sup>, se tiene que:

Volumen de agua para riego = 19,931.53 m<sup>2</sup>\* 3 veces/semana \*0.6 L/m<sup>2</sup> \* 4 semanas  
Volumen de agua para riego = 143.5 m<sup>3</sup>

El caudal para el riego de vegetación se estimaría así:

$$Q = 143,5 \text{ m}^3 / (210 \text{ días} * 86400) = 0.008 \text{ L/s}$$

Otros (agua para vehículos y maquinaria etc.) = 20 m<sup>3</sup>/mes

Periodo promedio para cálculo: 7 meses

Volumen de agua necesario = 140 m<sup>3</sup>

El caudal para otros usos se estimaría así:

$$Q = 140 \text{ m}^3 / (210 \text{ días} * 86400) = 0.008 \text{ L/s}$$

#### 4.1.1.2 Humectación de vías de acceso en afirmado

Las actividades que hacen parte de la construcción de Líneas de Transmisión que se ejecuten durante el periodo climático de estiaje, requerirán adicionalmente del recurso hídrico para la humectación de vías de accesos en afirmado que serán usadas por el proyecto para la movilización de personal, insumos, equipos y materiales.

Las vías de acceso en afirmado a las cuales se les realizarán la humectación para el control de polvo y emisiones de partículas, se presentan en el Capítulo 2. Descripción del Proyecto, del presente estudio y se resumen en la Tabla 2

**Tabla 2 Vías de movilización del proyecto**

Tramo	Tipo de pavimento m	Longitud m
<b>Cruce – Tesalia</b>	Pavimento flexible	28,800
<b>Neiva - Tesalia</b>	Pavimento flexible	28,200
<b>Iquira - Teruel</b>	Afirmado	16,300
<b>Teruel - Palermo</b>	Pavimento flexible	26,900
<b>Palermo - Santa María</b>	Afirmado	28,400
<b>Santa María - Planadas</b>	Afirmado	57,200
<b>Planadas - Río Blanco</b>	Afirmado	72,000
<b>Pradera - Potrerito</b>	Pavimento flexible	36,000
<b>Potrerito - Bolo Azul</b>	Afirmado	30,000
<b>Longitud total</b>		323,800
<b>Longitud total en afirmado</b>		203,900

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

A partir de la características climatológicas de la zona y específicamente del Balance Hídrico de estaciones representativas a lo largo del trazado, tal como se presenta en el numeral 3.2.8.1 Clima, en donde se presenta la Clasificación Climática en el Área de Estudio, se obtiene que el valor de Déficit de agua es de 58.5 mm al año. El Volumen de agua requerido para la humectación se estima de la siguiente manera:

Déficit anual de agua en la superficie: 58.5 mm

Duración del proyecto: 7 meses

Déficit durante 7 meses:  $58.5 \text{ mm} * 7 / 12 = 34.1 \text{ mm}$

Longitud total de vías que requieren humectación (Pavimento en afirmado): 203,900 m

Porcentaje de utilización de vías /día: 50%

Longitud de vías a irrigar en cada día:  $0.5 * 203,900 \text{ m} = 101,950 \text{ m}$

Ancho de flauta aspersora: 2.5 m; Área de riego: 101,950 m x 2.50 m = 254,875 m<sup>2</sup>

Volumen total para humectación de vías: 254,875 \* 34,1 mm/1000 = 8691 m<sup>3</sup>

Volumen diario: 8691 m<sup>3</sup>/210 días = 41.38 m<sup>3</sup>/día

Caudal: 41.38 m<sup>3</sup>/día \* 1000/86400 = 0.479 L/s

Jornada laboral: 8 horas

**Caudal por jornada laboral: 0.479 L/s \* 8/24 = 0.159 L/s**

#### 4.1.1.3 Caudal total

El caudal total solicitado para las labores de construcción será por lo tanto:

Q<sub>total estimado</sub> = 0.056 L/s + 0.032 L/s + 0.008 L/s + 0.008 L/s + 0.159 L/s

Q<sub>total estimado</sub> = 0.263 L/s

Con el objeto de cubrir imprevistos se asume un valor adicional del 25%.

**Q<sub>total industrial</sub> = 0.263 \* 1.25 = 0.328 L/s,**

**para un período de construcción de 210 días (7 meses) y una jornada diaria laboral de 8 horas.**

#### 4.1.2 Consumo doméstico para operación de campamentos

Durante la etapa de diseño de la línea de transmisión se identificaron dieciséis (16) zonas en las que potencialmente se podrían establecer campamentos provisionales para adelantar las actividades del proceso constructivo, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera: uno (1) ubicado en el municipio de Teruel, departamento del Huila, cinco (5) entre los municipios de Río Blanco y Planadas en el departamento del Tolima, y diez (10) sitios potenciales en el municipio de Pradera del departamento del Valle del Cauca. En términos generales, estas instalaciones constituirán el centro de operaciones desde donde se coordinarán los trabajos de la construcción de las obras. La localización prevista para los campamentos es la que se indica en la Tabla 3 Ubicación campamentos

**Tabla 3 Ubicación campamentos**

Departamento	Municipio	Vereda	Área (ha)	Campamento	ID	Tipo Campamento
Huila	Teruel	Primavera	0,37	C1	InA7	Potencialmente Mayor
Tolima	Planadas	Siquila	1,00	C2	InA17	Potencialmente Mayor
	Rioblanco	Las Mercedes	0,36	C3	InA2	Potencialmente Mayor
			3,28	C4	InA18	Potencialmente Mayor
			1,81	C5	InA14	Potencialmente Mayor
			0,02	C6	InA11	Potencialmente Mayor
Valle del cauca	Pradera	Bolo Azul	1,50	C7	InA45	Potencialmente Mayor
			2,00	C8	InA46	Potencialmente Mayor
			1,50	C9	InA47	Potencialmente Mayor
			1,50	C10	InA48	Potencialmente Mayor
			1,50	C11	InA49	Volante
			0,50	C12	InA54	Volante
			0,50	C13	InA52	Potencialmente Mayor
			0,14	C14	InA53	Potencialmente Mayor
			0,50	C15	InA51	Potencialmente Mayor
0,36	C16	InA55	Potencialmente Mayor			

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los campamentos definidos para el Proyecto pueden ser de dos clases, según las necesidades y estrategias de construcción que se definan durante el desarrollo de la fase pre-constructiva, así: Campamento provisional mayor y Campamento provisional volante.

El primero contará con un máximo de 80 personas, con una permanencia que va entre 6 a 11 meses, mientras que en el segundo tipo el número de personas a alojar está entre 30 a 40. Estos campamentos contarían con dormitorios, casinos o zonas de comida, almacén y bodegas, área de duchas y sanitarios, oficinas, patio de maquinaria, talleres, corrales, etc. La permanencia se estima entre un (1) mes y once (11) meses en su estadía máxima.

La dotación que se prevé se rige por la establecida por la Norma RAS-2000, para localidades rurales (Nivel de Complejidad Bajo), la cual asciende a los 150 litros por cada habitante al día. De esta manera el volumen de agua requerido será:

Campamento mayor: Volumen=150 l/hab-día\*80 personas=12000 Litros por día (0,14 L/s)  
 Campamento menor: Volumen=150 l/hab-día\*40 personas=6000 Litros por día (0,069 L/s)

La solicitud de aprovechamiento se estima para la condición más crítica, es decir con los consumos requeridos para los campamentos mayores; de esta manera:

Caudal medio = 0,14 L/s

Corrección por clima para Nivel de Complejidad Bajo = 10%

Caudal medio con corrección por clima =  $0,14 \text{ L/s} * 1.10 = 0,154 \text{ L/s}$

Teniendo en cuenta que el sistema no contará con sistemas de aducción, conducción o sistema de tratamiento, ni tampoco pérdidas técnicas, se ha previsto asumir un valor de pérdidas del 20%, en el proceso de transporte por carrotanque. Por lo tanto el valor del caudal será:

Caudal medio con pérdidas =  $0,154 \text{ L/s} * 1.20 = 0,185 \text{ L/s}$

Ahora, dado que en los campamentos se prevé la instalación de tanques de almacenamiento, se ha considerado un factor de mayoración por simultaneidad de uso, que corresponde al factor K1 (Coeficiente de consumo del caudal máximo diario, Normas RAS-2000),

Factor de Mayoración K1 = 1.30 (Nivel de Complejidad Bajo)

Caudal máximo diario =  $0,185 \text{ L/s} * 1.30 = 0,24 \text{ L/s}$

Finalmente el calor de caudal para el que se solicitará el permiso de aprovechamiento del recurso hídrico superficial será:

**Caudal total = Q total industrial + Q total doméstico**

**Q total = 0,328 L/s + 0,24 L/s**

**Q total = 0.57 L/s**

En el caso de aguas para consumo humano en los campamentos, será suministrada por proveedores de la zona, mediante botellones y carro tanques, por tanto no se requerirá de permisos captación de aguas con destino doméstico.

Es posible que dada la cercanía del proyecto a acueductos y centros poblados el agua podrá adquirirse, mediante compra de agua en bloque a Entidades prestadoras del servicio de abastecimiento o ACUAVALLE en el caso de los municipios de La Florida y Pradera, que cuenten con el debido permiso de concesión de aguas y cuyo fin sea el de tipo doméstico e industrial.

Por otro lado, el aprovechamiento o uso de aguas de fuentes subterráneas como pozos profundos o aljibes no se considera como opción, razón por la cual no se presenta análisis alguno.

#### 4.1.3 Fuentes de obtención del Recurso Hídrico

El Proyecto propone la obtención del recurso hídrico mediante las siguientes alternativas:

- Captación del recurso sobre fuentes hídricas superficiales, a realizar en franjas de movilidad de aproximadamente 100 m a lado y lado de la coordenadas solicitada, ya sea sobre ambos márgenes o en una sola dependiendo la facilidad de acceso a cada una de las márgenes. Las fuentes propuestas para realizar la captación de agua en ríos y quebradas corresponden a corrientes seguras el 100% del tiempo, lo que significa que cuentan con la disponibilidad del recurso durante todas las épocas del año.
- Compra de agua en bloque a la Sociedad de Acueductos y Alcantarillados del Valle -ACUAVALLE S.A E.S.P. El transporte a los diferentes sectores del proyecto se hace a través de carrotanques u otros medios de transporte. En caso que, durante las actividades de construcción, se contacte con acueductos que certifiquen la disponibilidad de venta de agua en bloque y que además cuente con el permiso de concesión de aguas vigente, junto con las autorizaciones para la disponibilidad del recurso para uso doméstico e industrial, el contratista, previa autorización de la interventoría del Proyecto, podrá adelantar las gestiones pertinentes para la adquisición del recurso con dichas entidades. Los soportes de dicha gestión serán reportados y suministrados en los informes de cumplimiento ambiental que defina la Autoridad Ambiental Nacional.

A continuación se presentan cada una de las fuentes naturales de captación contempladas para suplir la demanda hídrica de las distintas actividades del proyecto.

#### 4.1.3.1 Captación sobre el río Iquira

La captación sobre el Río Iquira se propone sobre las dos márgenes del río, en la vereda Potreritos del Municipio de Iquira-Huila; el ingreso a este punto se hace a través de la vía terciaria que comunica las veredas Santa Barbara- Potreritos. El tramo caracterizado del cuerpo de agua superficial presenta lecho pedregoso, sin signos de erosión en sus márgenes, pendiente notoria y con vegetación arbórea en sus márgenes.

En la Tabla 4 se presentan las características de la franja de captación para el río Iquira.

**Tabla 4 Características de la franja de captación sobre el río Iquira**

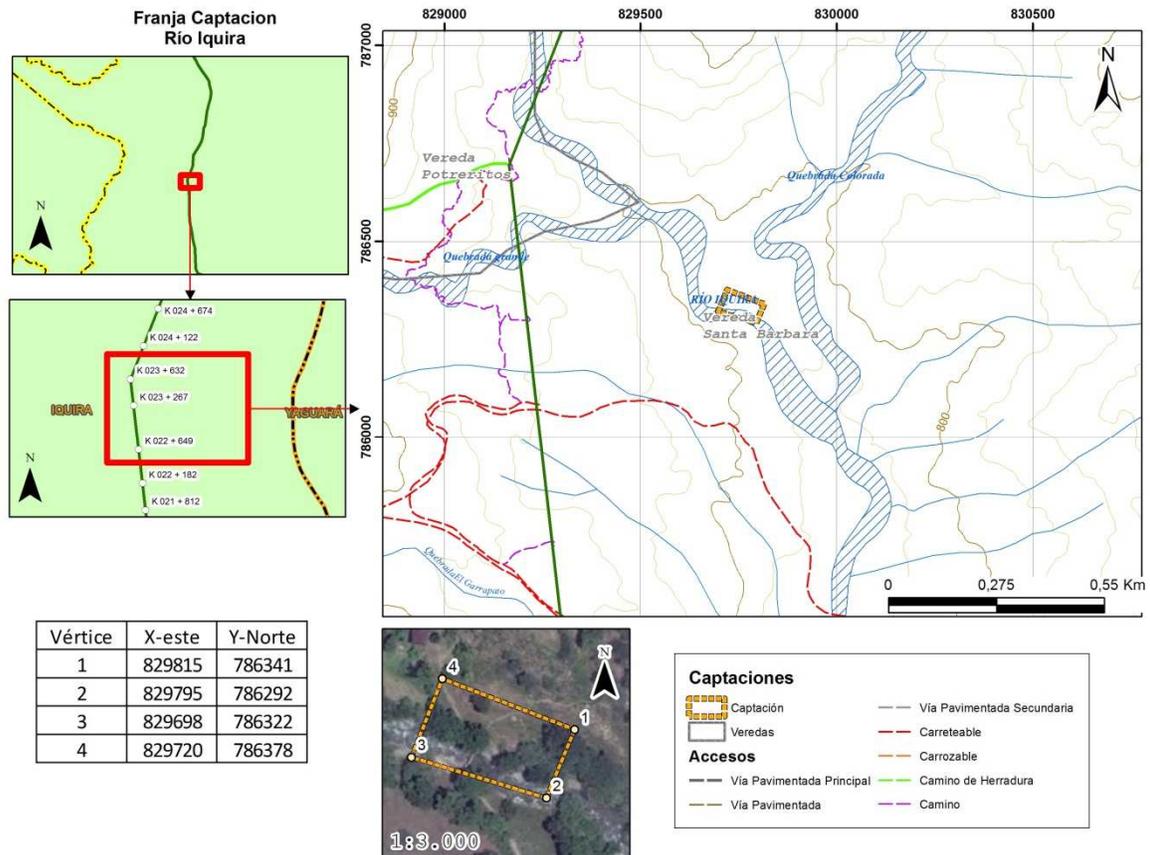
<b>Fuente</b>	Río Iquira			
<b>Municipio / departamento</b>	Iquira – Departamento del Huila			
<b>Vereda / predio</b>	Veredas Santa Bárbara y Potreritos.			
<b>Caudal a captar</b>	0,57 L/s			
<b>Periodo/actividades</b>	Periodo de captación: 365 días Actividades: 1) Construcción de Líneas de Transmisión 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto.			
<b>Descripción</b>	El polígono para captación sobre la margen derecha del Río Iquira en las veredas de Potreritos y Santa Bárbara del municipio de Iquira. A este sitio se puede acceder desde la margen izquierda, desde la localidad de Iquira por la vía que conduce hasta el municipio de Teruel, desviando hacia la vereda Valencia La Bodega por vía carretable que comunica las veredas Santa Bárbara-La bodega. La vía se encuentra en afirmado.			
<b>Coordenada de la franja</b>	<b>Origen</b>		<b>Magna Bogotá</b>	
	<b>tipo</b>	<b>Puntos</b>	<b>x_este</b>	<b>y_norte</b>
	Río Iquira	1	829815	786341
		2	829795	786292
		3	829698	786322
4		829720	786378	
La longitud de la franja solicitada para este punto de captación es de aproximadamente 100 metros. Se prevé que puede realizarse toma sobre la margen izquierda del río, en los límites de las veredas Santa Bárbara y Potreritos.				
<b>Posibles conflictos</b>	Sobre esta franja no se encuentran usos o usuarios actuales del recurso hídrico.			
<b>Uso actual</b>	No se evidencia uso antrópico del recurso. Los usuarios del Río Iquira toman sus aguas para uso doméstico, pecuario y para riego de los cultivos en el Municipio aguas abajo.			
<b>Sistema de captación propuesta</b>	La captación en este punto se podrá realizar mediante la instalación de una bomba electrosumergible y/o de superficie, con su respectivo sistema de flotación, la cual tendrá adherida los sistemas de succión y conducción del recurso captado. A partir de allí se debe instalar una manguera de succión de			

<b>Fuente</b>	<b>Río Iquira</b>
	15 m de longitud, hasta el tanque de almacenamiento del carrotanque. También se podrá captar por medio de una motobomba de succión adosada al carrotanque, el cual se ubicará en el área de parqueo localizada a una distancia de 15 m de la orilla, utilizando una manguera que se conecta al tanque de almacenamiento del vehículo.
<b>Sistema de conducción a los sitios de obra</b>	Se utilizará el sistema de carro cisterna (carrotanque) que cuente con sistema de salida apropiado para la distribución en los sitios de obra. Para los sitios de difícil acceso el agua será transportada en isotanques cargadas en vehículos 4X4, y/o llevados en recipientes sobre mula hasta el sitio que se requiera. Para la actividad de humectación de vías de acceso en afirmado que han de requerirse para la ejecución del proyecto, se utilizará un carrotanque que tenga adosada a su parte trasera, una tubería perforada o flauta (L=2.5 m) y sistema de control de salida, de tal manera que permita realizar las descargas de manera controlada y uniforme.
<b>Área de parqueo y maniobrabilidad</b>	<p>La vía de acceso carreteable se encuentra en afirmado, sobre la cual se puede transitar durante todas las épocas del año. El parqueo y maniobra del vehículo se puede hacer al margen de la misma vía de acceso.</p> <p><b>Zona de maniobra de vehículos para el transporte de agua.</b></p>  <p><b>Cauce principal del Río Iquira</b></p> 

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 1 se representa la ruta de movilización, así como la localización del polígono que se sugiere para la captación de agua en el río Iquira.

**Figura 1 Localización de polígono de captación de agua para el río Iquira**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.3.2 Captación sobre la Quebrada el Pedernal

La captación sobre la quebrada el Pedernal se propone sobre cada una de sus márgenes, dentro de predios que forman parte de la vereda Sinaí, en el municipio de Teruel - Huila. El ingreso a este punto de captación se deriva de la vía de la red terciaria que comunica a las veredas Sinaí- el Tablón. El punto de captación se localiza aproximadamente a 50 metros de la orilla de la vía.

En la Tabla 5 se presentan las características de la franja de captación para el Río Pedernal.

**Tabla 5 Características de la franja de captación sobre el Quebrada el Pedernal**

<b>Fuente</b>	<b>Quebrada el Pedernal</b>				
<b>Municipio / departamento</b>	Teruel – Huila				
<b>Vereda / predio</b>	Vereda Sinaí				
<b>Caudal a captar/periodo/actividades</b>	0,57 L/s Periodo de toma: Total (365 días) Actividades: 1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto.				
<b>Descripción</b>	El punto de toma se encuentra en la vereda Sinaí del municipio de Teruel, al cual se accede a través de la vía que comunica las veredas de Sinaí, Pedernal, mediante una vía en afirmado que conduce sobre un puente al Río Pedernal				
<b>Coordenada de la franja</b>	<b>Origen</b>	<b>Magna Bogotá</b>			
	<b>Tipo</b>	<b>Puntos</b>	<b>x_este</b>	<b>y_norte</b>	
	Quebrada Pedernal	1,	10	833174	801355
		2		833188	801410
		3		833204	801392
		4		833227	801380
		5		833284	801380
		6		833271	801329
		7		833248	801320
		8		833229	801322
9			833196	801335	
La longitud de la franja solicitada para este punto de captación es de aproximadamente 100 metros a lado y lado de la coordenada descrita, sobre la margen izquierda y derecha del Río Pedernal. Se prevé que puede realizarse toma sobre cada una de las márgenes del Río.					
<b>Posibles conflictos</b>	Sobre esta franja no se encuentran usos o usuarios actuales del recurso hídrico.				
<b>Uso actual</b>	No se evidencia uso antrópico del recurso, en este punto				
<b>Sistema de captación propuesta</b>	La captación en este punto se podrá realizar mediante la instalación de una bomba electro sumergible y/o de superficie, con su respectivo sistema de flotación, la cual tendrá adherida los sistemas de succión y conducción del				

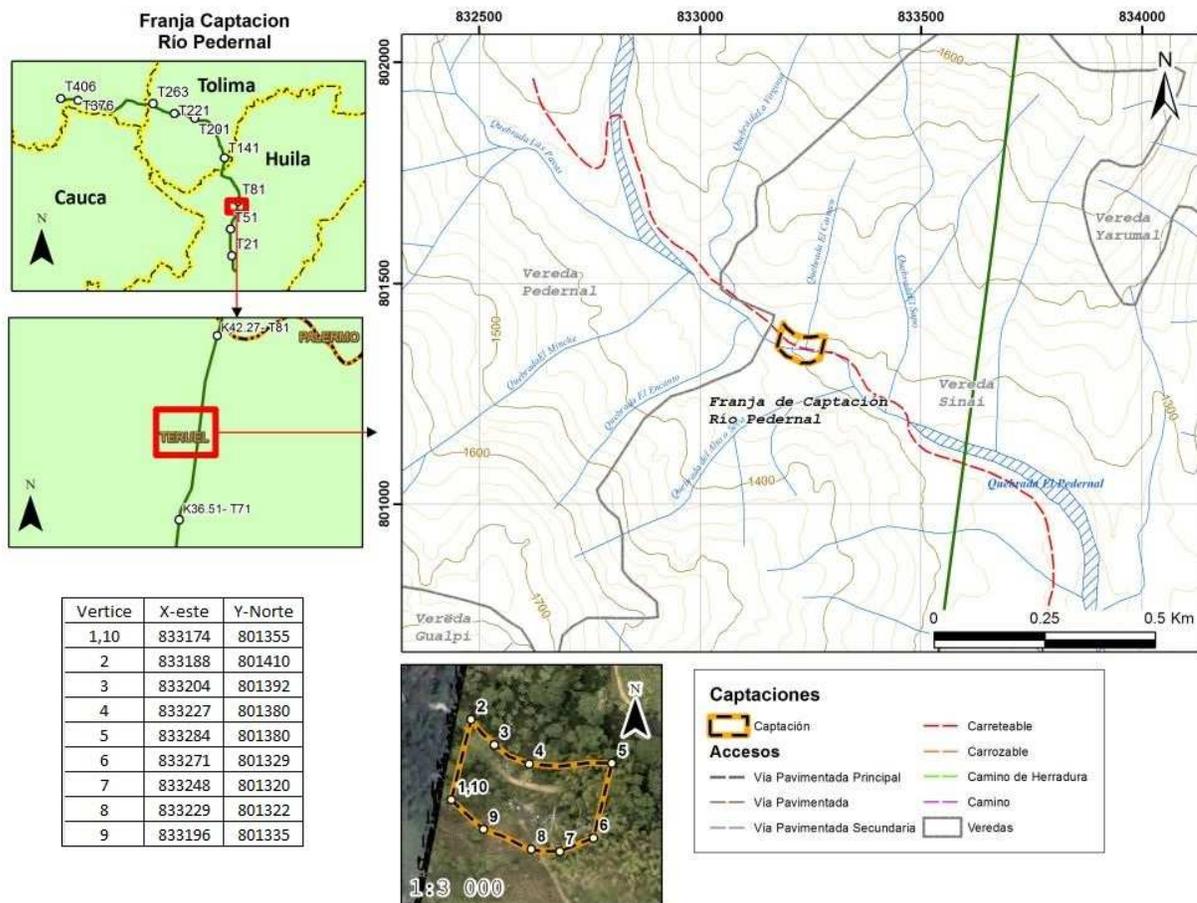
<b>Fuente</b>	<b>Quebrada el Pedernal</b>
	recurso captad. A partir de allí se debe instalar una manguera de succión de 50 m de longitud, hasta el tanque de almacenamiento del carrotanque. También se podrá captar por medio de una motobomba de succión adosada al carrotanque, el cual se ubicará en el área de parqueo (50 m).
<b>Sistema de conducción a los sitios de obra</b>	<p>Se utilizará el sistema de carro cisterna (carrotanque) que cuente con sistema de salida apropiado para la distribución en los sitios de obra.</p> <p>Para los sitios de difícil acceso el agua será transportada en isotanques cargadas en vehículos 4X4, y/o llevados en recipientes sobre mula hasta el sitio que se requiera</p> <p>Para la actividad de humectación de vías de acceso en afirmado que han de requerirse para la ejecución del proyecto, se utilizará un carrotanque que tenga adosada a su parte trasera, una tubería perforada (2.5 m) y sistema de control de salida, de tal manera que permita realizar las descargas de manera controlada y uniforme.</p>
<b>Área de parqueo y maniobrabilidad</b>	<p>La vía de acceso carreteable se encuentra en afirmado la cual es factible utilizar durante todas las épocas del año. Se podrá adecuar un área de maniobra al lado de la vía, en caso de requerirse.</p> <p><b>Zona de maniobra de vehículos para transporte de agua.</b></p>  <p><b>Cauce principal de la Quebrada el Pedernal.</b></p> 

<b>Fuente</b>	<b>Quebrada el Pedernal</b>
---------------	-----------------------------

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 2 se representa la ruta de movilización localización del polígono que se sugiere para la captación de agua en el río Pedernal. El área solicitada para concesión incluye las dos márgenes del río Pedernal, con el objeto de permitir el abastecimiento de agua hacia varios frentes de obra en el proyecto.

**Figura 2 Localización de polígono de captación de agua para la Quebrada el Pedernal.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.3.3 Captación sobre la Quebrada Nilo

La captación sobre la Quebrada El Nilo se propone sobre los costados de cada margen de esta, dentro de predios que forman parte de la vereda El Nilo, en el municipio de Palermo - Huila. El ingreso a este punto de captación se deriva de la vía de la red terciaria que comunica a las veredas El Nilo y El viso. El punto se localiza a una distancia de aproximadamente 50 m, hasta el costado de la quebrada.

En la Tabla 6 se presentan las características de la franja de captación para la Quebrada El Nilo

**Tabla 6 Características de la franja de captación sobre la Quebrada El Nilo**

<b>Fuente</b>	<b>Quebrada El Nilo</b>				
<b>Municipio / departamento</b>	Palermo – Huila				
<b>Vereda / predio</b>	Vereda El Nilo				
<b>Caudal captar/periodo/actividades</b>	0,57 L/s Periodo de toma: Total (365 días) Actividades: 1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto.				
<b>Descripción</b>	El polígono para captación sobre la quebrada El Nilo se localiza a 75 m de la vía que comunica a las veredas El Nilo y El viso.				
<b>Coordenada de la franja</b>	<b>Origen</b>	<b>Quebrada El Nilo</b>	<b>Magna Bogotá</b>		
	<b>Tipo</b>		<b>Puntos</b>	<b>x_este</b>	<b>y_norte</b>
			1,14	834291	808897
			2	834309	808894
			3	834328	808882
			4	834361	808855
			5	834352	808840
			6	834338	808837
			7	834313	808829
			8	834300	808831
			9	834282	808844
			10	834275	808859
			11	834278	808883
			12	834267	808892
	13	834276	808907		
	La longitud de la franja solicitada para este punto de captación es de aproximadamente 100 metros a lado derecho de la quebrada, desde el eje de la misma.				
<b>Posibles conflictos</b>	Sobre esta franja no se encuentran usos o usuarios actuales del recurso hídrico sobre la franja				

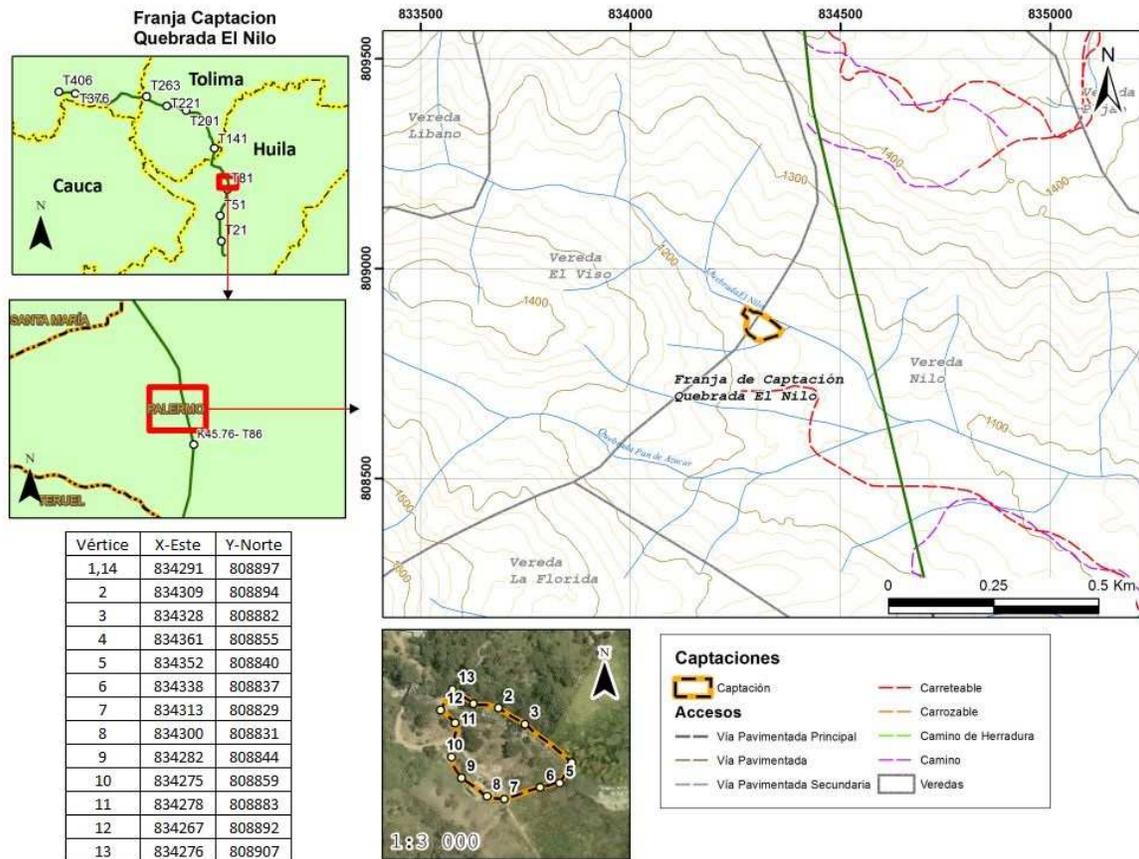
<b>Fuente</b>	<b>Quebrada El Nilo</b>
<b>Uso actual</b>	No se evidencia uso antrópico del recurso, en este sitio.
<b>Sistema de captación propuesta</b>	La captación en este punto se podrá realizar mediante la instalación de una bomba electrosomergible, con su respectivo sistema de flotación, la cual tendrá adherida los sistemas de succión y conducción del recurso captado. A partir de allí se debe instalar una manguera de succión de 50 m de longitud, hasta el tanque de almacenamiento del carrotanque. También se podrá captar por medio de una motobomba de succión adosada al carrotanque, el cual se ubicará en el área de maniobra localizada a una distancia de 50 m de la orilla, utilizando una manguera que se conecta al tanque de almacenamiento del vehículo.
<b>Sistema de conducción a los sitios de obra</b>	Se utilizará el sistema de carro cisterna (carrotanque) que cuente con sistema de salida apropiado para la distribución en los sitios de obra. Para los sitios de difícil acceso el agua será transportada en isotanques cargadas en vehículos 4X4, y/o llevados en recipientes sobre mula hasta el sitio que se requiera Para la actividad de humectación de vías de acceso en afirmado que han de requerirse para la ejecución del proyecto, se utilizará un carrotanque que tenga adosada a su parte trasera, una tubería perforada (L=2.5 m) y sistema de control de salida, de tal manera que permita realizar las descargas de manera controlada y uniforme.
<b>Área de parqueo y maniobrabilidad</b>	En el sitio definido para realizar la captación, aproximadamente 100 m, sobre el eje de la quebrada existe un área que puede ser destinada para la maniobra del vehículo, en un costado de la vía. Este sitio cuenta con una vía de acceso (carreteable) que permite el tránsito en cualquier época del año.  <b>Zona de maniobra de vehículos para transporte de agua.</b>  <b>Cauce principal de la Quebrada El Nilo</b>

Fuente	Quebrada El Nilo
	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2013

En la Figura 3 se representa la ruta de movilización localización del polígono que se sugiere para la captación de agua en la Quebrada El Nilo (Margen derecha).

**Figura 3 Localización de polígono de captación de agua para la Quebrada El Nilo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.3.4 Captación sobre el Río Bache

La captación sobre el Río Bache se propone sobre las dos orillas del río, en la vereda El Vergel del Municipio de Santa María-Huila, el ingreso a este punto se hace a través de la vía que comunica a Santamaría con Corregimiento de Puerto Tolima

En la Tabla 7 se presentan las características de la franja de captación para el río Bache.

**Tabla 7 Características de la franja de captación sobre el río Bache**

<b>Fuente</b>	<b>Río Bache</b>			
<b>Municipio / departamento</b>	Santa María – Departamento del Huila			
<b>Vereda / predio</b>	Vereda El Vergel			
<b>Caudal captar/periodo/actividades</b>	0,57 L/s Periodo de toma: Total (365 días) Actividades: 1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto.			
<b>Descripción</b>	El punto de toma se encuentra en la vereda El Vergel del municipio de Santamaría, al cual se accede a través de la vía que comunica los Municipios de Santamaría en el Huila y el corregimiento de puerto Tolima en el Departamento del Tolima, el punto se encuentra aproximadamente a 50 metros de la vía que está en afirmado.			
<b>Coordenada de la franja</b>	<b>Origen</b>	<b>Puntos</b>	<b>Magna Bogotá</b>	
	<b>Tipo</b>		<b>x_este</b>	<b>y_norte</b>
	Río Bache	1,5	829960	817057
		2	829866	817091
		3	829900	817185
4	829994	817151		
La longitud de la franja solicitada para este punto de captación es de aproximadamente 100 metros sobre la quebrada y de 50 m a cada lado del eje del Río. Se prevé que puede realizarse toma sobre la margen izquierda y derecha del río.				
<b>Posibles conflictos</b>	Sobre esta franja no se encuentran usos o usuarios actuales del recurso hídrico.			
<b>Uso actual</b>	No se evidencia uso antrópico del recurso. Aguas abajo del punto recibe efluentes de aguas residuales de las viviendas cercanas al río.			
<b>Sistema de captación propuesta</b>	La captación en este punto se podrá realizar mediante la instalación de una bomba electrosomergible, con su respectivo sistema de flotación, la cual tendrá adherida los sistemas de succión y conducción del recurso captado. A partir de allí se debe instalar una manguera de succión de 50 m de longitud, hasta el tanque de almacenamiento del carro tanque. También se podrá captar por medio de una motobomba de succión adosada al carro tanque, el cual se ubicará en el área de parqueo localizada a una distancia de 50 m de la orilla, utilizando una manguera que se conecta al tanque de almacenamiento del vehículo.			
<b>Sistema de conducción a los</b>	Se utilizará el sistema de carro cisterna (carro tanque) que cuente con			

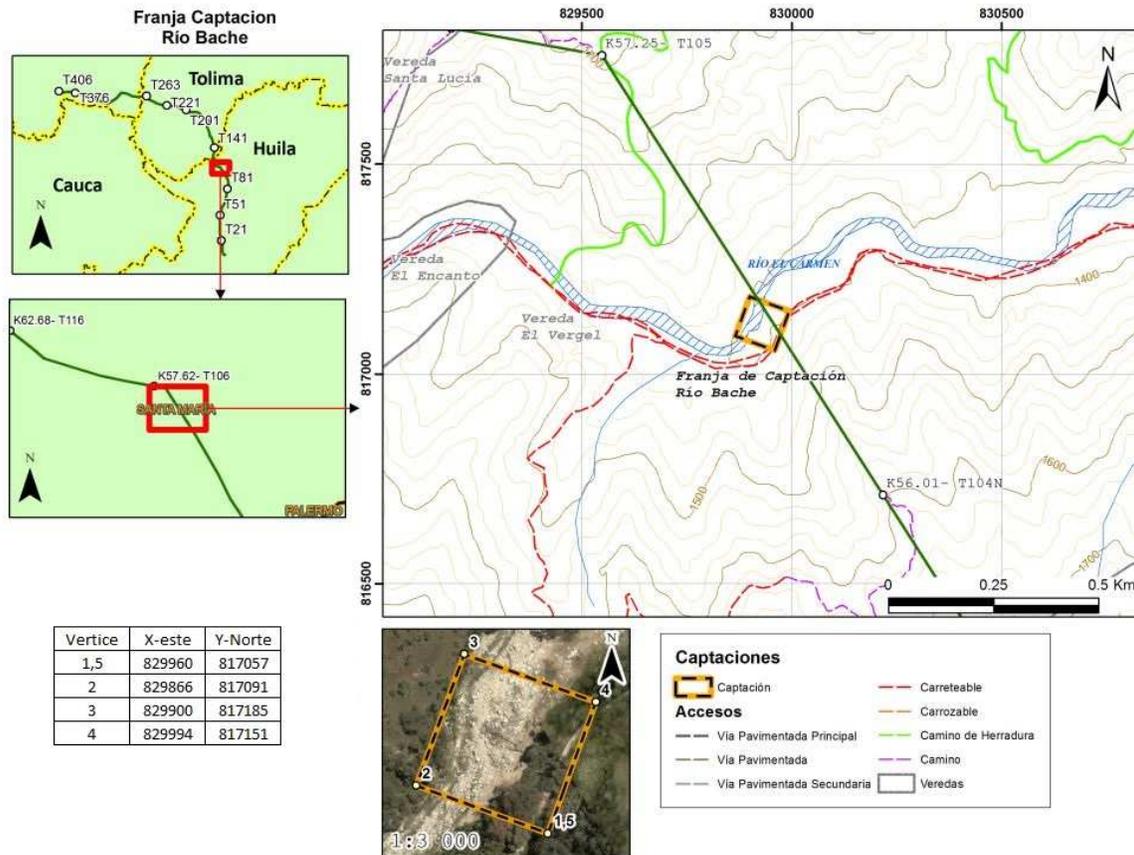
Fuente	Río Bache
<p><b>sitios de obra</b></p>	<p>sistema de salida apropiado para la distribución en los sitios de obra. Para los sitios de difícil acceso el agua será transportada en isotanques cargadas en vehículos 4X4, y/o llevados en recipientes sobre mula hasta el sitio que se requiera</p> <p>Para la actividad de humectación de vías de acceso en afirmado que han de requerirse para la ejecución del proyecto, se utilizará un carrotanque que tenga adosada a su parte trasera, una tubería perforada o flauta (L=2.5 m) y sistema de control de salida, de tal manera que permita realizar las descargas de manera controlada y uniforme.</p>
<p><b>Área de parqueo y maniobrabilidad</b></p>	<p>En el sitio definido para realizar la captación, se podrá adecuar un área para maniobra del vehículo, al margen de la vía. La vía de acceso es un carreteable, que permite el tránsito vehicular en cualquier época del año.</p> <p><b>Zona de maniobra de vehículos para transporte de agua.</b></p>  <p><b>Cauce principal del Río Bache.</b></p> 

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2013

En la Figura 4 se representa la ruta de movilización localización del polígono que se sugiere para la captación de agua en el río Bache. El área solicitada para concesión

incluye las dos márgenes del río, con el objeto de permitir el abastecimiento de agua hacia varios frentes de obra en el proyecto.

**Figura 4 Localización de polígono de captación de agua para el río Bache**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.3.5 Captación sobre el río Claro

La captación sobre El Río Claro se propone sobre el derecha, en el municipio de Planadas - Tolima. El ingreso a este punto de captación se deriva de la vía de la red terciaria que comunica Puerto Tolima y Planadas. Contiguo al punto de captación la vía carretable cruza zonas de rastrojo y estructura en afirmado, es transitable durante todas las épocas del año.

En la Tabla 8 se presentan las características de la franja de captación para el Río Claro

**Tabla 8 Características de la franja de captación sobre el Río Claro**

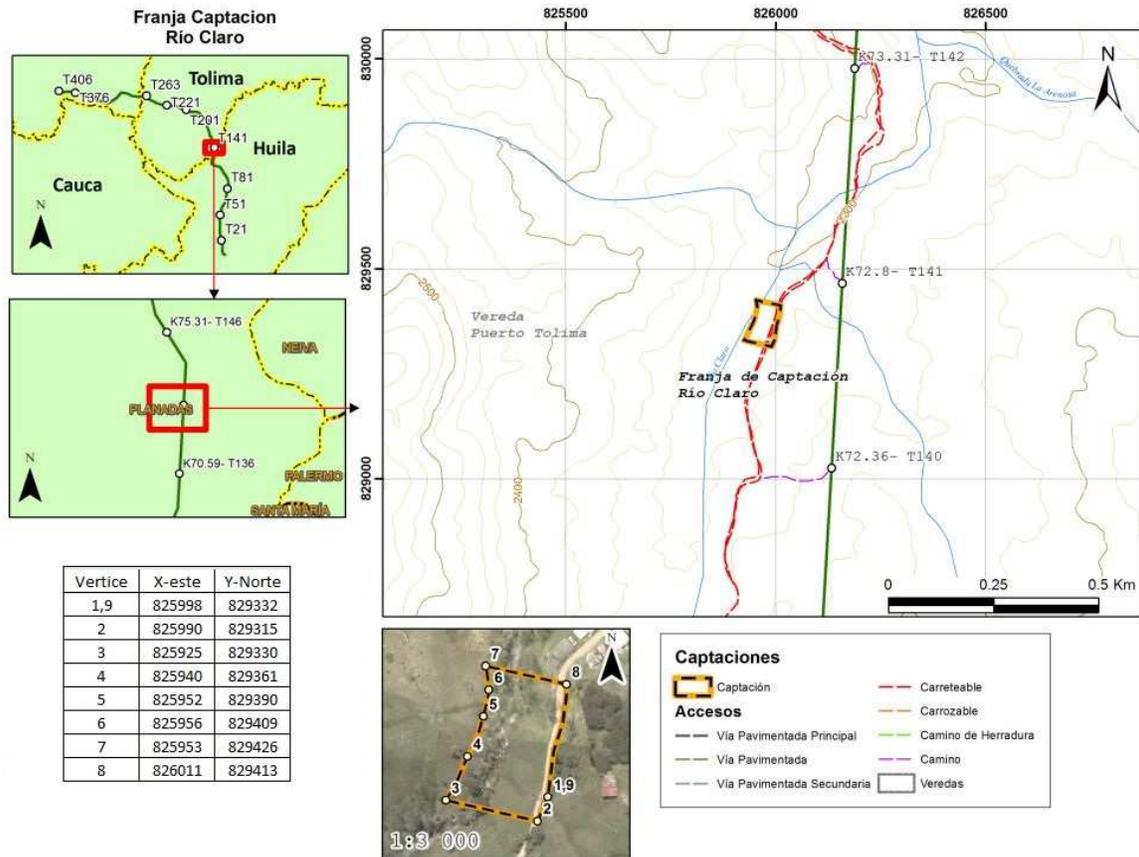
<b>Fuente</b>	<b>Río Claro</b>			
<b>Municipio / departamento</b>	Planadas –Tolima			
<b>Vereda / predio</b>	Vereda Sin Nombre			
<b>Caudal captar/periodo/actividades</b>	0,57 L/s Período de toma: Total (365 días) Actividades: 1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto.			
<b>Descripción</b>	El polígono para captación sobre el Río claro se propone dentro de la vereda Sin Información, a través de la vía que conduce al municipio de planadas y pasa por el río Claro, siendo el punto de toma a 35 metros de la orilla de la vía carretable y con un desnivel de 25 entre esta vía y el cauce del Río.			
<b>Coordenada de la franja</b>	<b>Origen</b>		<b>Magna Bogotá</b>	
	<b>tipo</b>	<b>Puntos</b>	<b>x_este</b>	<b>y_norte</b>
	Río Claro	1,9	825998	829332
		2	825990	829315
		3	825925	829330
		4	825940	829361
		5	825952	829390
		6	825956	829409
7		825953	829426	
8	826011	829413		
	La longitud de la franja solicitada para este punto de captación es de 100 metros sobre el eje de la quebrada y de 50 metros a partir de la margen derecha del río.			
<b>Posibles conflictos</b>	Sobre esta franja no se encuentran usos o usuarios actuales del recurso hídrico sobre la franja			
<b>Uso actual</b>	No se evidencia uso antrópico del recurso, en este sitio.			
<b>Sistema de captación propuesta</b>	La captación en este punto se podrá realizar mediante la instalación de una bomba electro sumergible, con su respectivo sistema de flotación, la cual tendrá adherida los sistemas de succión y conducción del recurso captado. A partir de allí se debe instalar una manguera de succión de 35 m de longitud, hasta el tanque de almacenamiento del carro tanque y que además salve una diferencia de altura de 25 m. También se podrá captar por medio de una motobomba de succión			

Fuente	Río Claro
	<p>adosada al carrotanque, el cual se ubicará a un costado de la vía, utilizando una manguera que se conecta al tanque de almacenamiento del vehículo (L=35 m).</p>
<p><b>Sistema de conducción a los sitios de obra</b></p>	<p>Se utilizará el sistema de carro cisterna (carrotanque) que cuente con sistema de salida apropiado para la distribución en los sitios de obra. Para los sitios de difícil acceso el agua será transportada en isotanques cargadas en vehículos 4X4, y/o llevados en recipientes sobre mula hasta el sitio que se requiera</p> <p>Para la actividad de humectación de vías de acceso en afirmado que han de requerirse para la ejecución del proyecto, se utilizará un carrotanque que tenga adosada a su parte trasera, una tubería perforada (L=2.5 m) y sistema de control de salida, de tal manera que permita realizar las descargas de manera controlada y uniforme.</p>
<p><b>Área de parqueo y maniobrabilidad</b></p>	<p>En el sitio definido para realizar la captación, se podrá adecuar un área para maniobra del vehículo, al margen de la vía. La vía de acceso es un carreteable, que permite el tránsito vehicular en cualquier época del año.</p> <p><b>Zona de maniobra de vehículos para transporte de agua.</b></p>  <p><b>Cauce principal del Río Claro</b></p> 

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 5 se representa la ruta de movilización localización del polígono que se sugiere para la captación de agua en el río Claro. El área solicitada para concesión incluye la derecha, por la limitación de cualquier acceso sobre la margen opuesta.

**Figura 5 Localización de polígono de captación para el Río Claro**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.3.6 Captación sobre la Quebrada Montalvo

La captación sobre La Quebrada Montalvo se propone sobre la margen derecha de esta, en la vereda el Paraíso en el municipio de Planadas - Tolima. El ingreso a este punto de captación se deriva de la vía de la red terciaria que comunica a Planadas con la vereda El Paraíso. Contiguo al punto de captación pasa la vía carretable que esta afirmado y que es transitable durante todas las épocas del año.

En la Tabla 9 se presentan las características de la franja de captación para la Quebrada Montalvo.

**Tabla 9 Características de la franja de captación sobre la quebrada Montalvo**

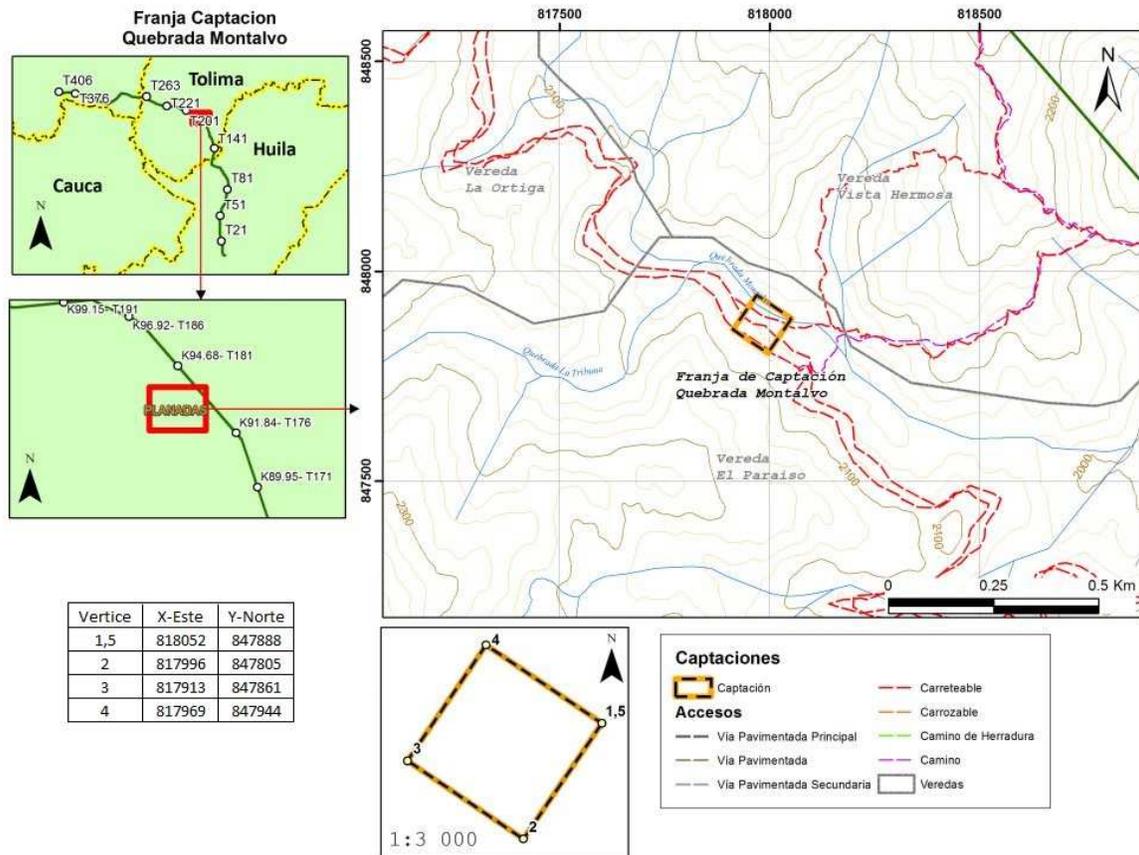
Fuente	Quebrada Montalvo				
Municipio / departamento	Planadas –Tolima				
Vereda / predio	Vereda El Paraíso				
Caudal captar/periodo/actividades	0,57 L/s Periodo de toma: Total (365 días) Actividades: 1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto				
Descripción	El polígono para captación sobre la quebrada Montalvo se propone dentro de la vereda El Paraíso, a través de la vía que conduce a la vereda del Paraíso y pasa contigua a la quebrada Montalvo, siendo el punto de toma a 125 metros de la orilla de la vía carretable que se encuentra en afirmado.				
Coordenada de la franja		<b>Origen</b>	<b>Puntos</b>	<b>Magna Bogotá</b>	
		<b>Tipo</b>		<b>x_este</b>	<b>y_norte</b>
		Quebrada Montalvo	1,5	818052	847888
			2	817996	847805
			3	817913	847861
		4	817969	847944	
	La longitud de la franja solicitada para este punto de captación es de 100 metros sobre el eje de la quebrada y de 100 metros a partir de la margen derecha del río.				
Posibles conflictos	Sobre esta franja no se encuentran usos o usuarios actuales del recurso hídrico sobre la franja				
Uso actual	No se evidencia uso antrópico del recurso, en este sitio.				
Sistema de captación propuesta	La captación en este punto se podrá realizar mediante la instalación de una bomba electrosumergible, con su respectivo sistema de flotación, la cual tendrá adherida los sistemas de succión y conducción del recurso captado. A partir de allí se debe instalar una manguera de succión de 125 m de longitud, hasta el tanque de almacenamiento del carrotanque. También se podrá captar por medio de una motobomba de succión adosada al carrotanque, el cual se ubicará en el a un costado de la vía, utilizando una manguera que se conecta al tanque de almacenamiento del vehículo.				
Sistema de conducción a los sitios de obra	Se utilizará el sistema de carro cisterna (carrotanque) que cuente con sistema de salida apropiado para la distribución en los sitios de obra. Para los sitios de difícil acceso el agua será transportada en isotanques				

Fuente	<b>Quebrada Montalvo</b>
	<p>cargadas en vehículos 4X4, y/o llevados en recipientes sobre mula hasta el sitio que se requiera. Para la actividad de humectación de vías de acceso en afirmado que han de requerirse para la ejecución del proyecto, se utilizará un carrotanque que tenga adosada a su parte trasera, una tubería perforada (L=2.5 m) y sistema de control de salida, de tal manera que permita realizar las descargas de manera controlada y uniforme.</p>
<p>Área de parqueo y maniobrabilidad</p>	<p>En el sitio definido para realizar la captación, sobre la vía de acceso, existe un área que puede ser destinada para la maniobra del vehículo. Es importante mencionar que la vía de acceso (carreteable) permite el tránsito vehicular en cualquier época del año.</p> <p><b>Zona de maniobra de vehículos para transporte de agua.</b></p>  <p><b>Cauce principal de la quebrada Montalvo</b></p> 

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2013

En la Figura 6 se representa la ruta de movilización y localización del polígono que se sugiere para la captación de agua en la Quebrada Montalvo. El área solicitada para concesión incluye solamente la margen derecha de la Quebrada Montalvo, debido a la limitación en acceso sobre la margen opuesta.

**Figura 6 Localización de polígono de captación para la quebrada Montalvo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.3.7 Propuesta de captación sobre el Río Siquila

La captación sobre El Río Siquila se propone sobre la margen izquierda de este, en la vereda La Libertad en el municipio de Planadas - Tolima. El ingreso a este punto de captación se deriva de la vía de la red terciaria que comunica a Bilbao con la vereda El Paraíso. En este punto a aproximadamente 40 m pasa la vía carretable que se encuentra en afirmado y que es transitable durante cualquier época del año.

En la Tabla 10 se presentan las características de la franja de captación para el Río Siquila

**Tabla 10 Características de la franja de captación sobre el Río Siquila**

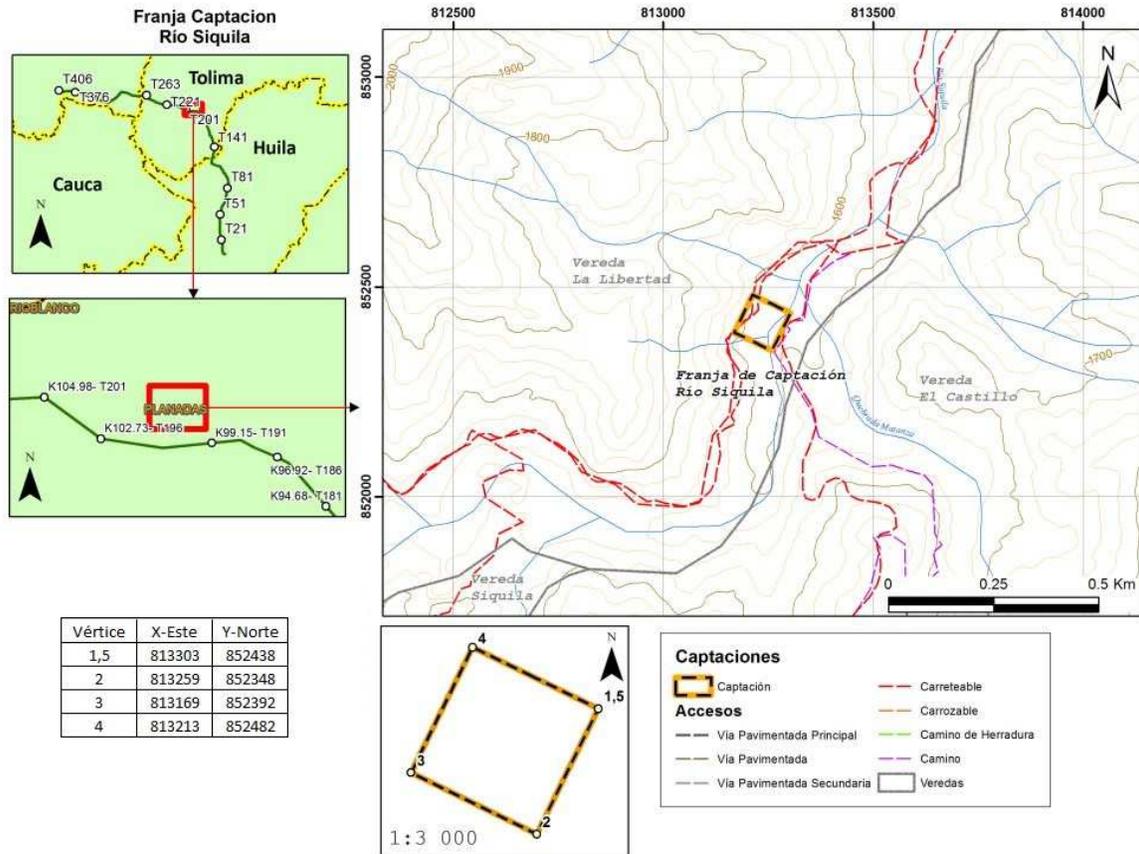
<b>Fuente</b>	<b>Río Siquila</b>			
<b>Municipio / departamento</b>	Planadas –Tolima			
<b>Vereda / predio</b>	Vereda La Libertad			
<b>Caudal captar/periodo/actividades</b>	0,57 L/s Periodo de toma: Total (365 días) Actividades: 1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto			
<b>Descripción</b>	El polígono para captación sobre el Río Siquila se propone dentro de la vereda La Libertad, a través de la vía carretable que conduce a la vereda La Libertad, siendo el punto de toma a 40 metros desde la orilla de la margen izquierda hasta la vía carretable que se encuentra en afirmado y que se puede transitar durante todas las épocas del año.			
<b>Coordenada de la franja</b>	<b>Origen</b>	<b>Magna Bogotá</b>		
	<b>Tipo</b>	<b>Puntos</b>	<b>x_este</b>	<b>y_norte</b>
	Río Siquila	1,5	813303	852438
		2	813259	852348
		3	813169	852392
4		813213	852482	
La longitud de la franja solicitada para este punto de captación es de 100 metros sobre el eje de la quebrada y de 100 metros a partir de la margen izquierda del río.				
<b>Posibles conflictos</b>	Sobre esta franja no se encuentran usos o usuarios actuales del recurso hídrico sobre la franja.			
<b>Uso actual</b>	No se evidencia uso antrópico del recurso, en este sitio.			
<b>Sistema de captación propuesta</b>	La captación en este punto se podrá realizar mediante la instalación de una bomba electrosumergible, con su respectivo sistema de flotación, la cual tendrá adherida los sistemas de succión y conducción del recurso captado. A partir de allí se debe instalar una manguera de succión de 40 m de longitud, hasta el tanque de almacenamiento del carro tanque. También se podrá captar por medio de una motobomba de succión adosada al carro tanque, el cual se ubicará a un costado de la vía localizada a una distancia de 40 m de la orilla, utilizando una manguera que se conecta al tanque de almacenamiento del vehículo.			
<b>Sistema de conducción a los sitios de obra</b>	Se utilizará el sistema de carro cisterna (carro tanque) que cuente con sistema de salida apropiado para la distribución en los sitios de obra.			

<b>Fuente</b>	<b>Río Siquila</b>
	<p>Para los sitios de difícil acceso el agua será transportada en isotanques cargadas en vehículos 4X4, y/o llevados en recipientes sobre mula hasta el sitio que se requiera.</p> <p>Para la actividad de humectación de vías de acceso en afirmado que han de requerirse para la ejecución del proyecto, se utilizará un carrotanque que tenga adosada a su parte trasera, una tubería perforada (L=2.5 m) y sistema de control de salida, de tal manera que permita realizar las descargas de manera controlada y uniforme.</p>
<b>Área de parqueo y maniobrabilidad</b>	<p>En el sitio definido para realizar la captación, la vía cuenta con una zona para maniobra de vehículos. Es importante mencionar que la vía de acceso (carreteable) permite el tránsito vehicular en cualquier época del año.</p> <p><b>Zona de maniobra de vehiculos para transporte de agua.</b></p>  <p><b>Cauce principal del Río Siquila</b></p> 

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 7 se representa la ruta de movilización localización del polígono que se sugiere para la captación de agua en el Río Siquila. El área solicitada para concesión incluye solamente la cada margen izquierda del Río, debido a la limitación de acceso sobre la margen opuesta.

**Figura 7 Localización de polígono de captación para el Río Siquila**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.3.8 Captación sobre el Río Hereje

La captación sobre El Río Hereje se propone sobre la margen izquierda de este, en la vereda Los Cristales en el municipio de Río Blanco - Tolima. El ingreso a este punto de captación se deriva de la vía de la red terciaria que comunica a Herrera con la vereda Los cristales. En este punto contiguo pasa la vía carretable que se encuentra en afirmado y que es transitable durante cualquier época del año.

En Tabla 11 se presentan las características de la franja de captación para el Río Hereje

**Tabla 11 Características de la franja de captación sobre el Río Hereje**

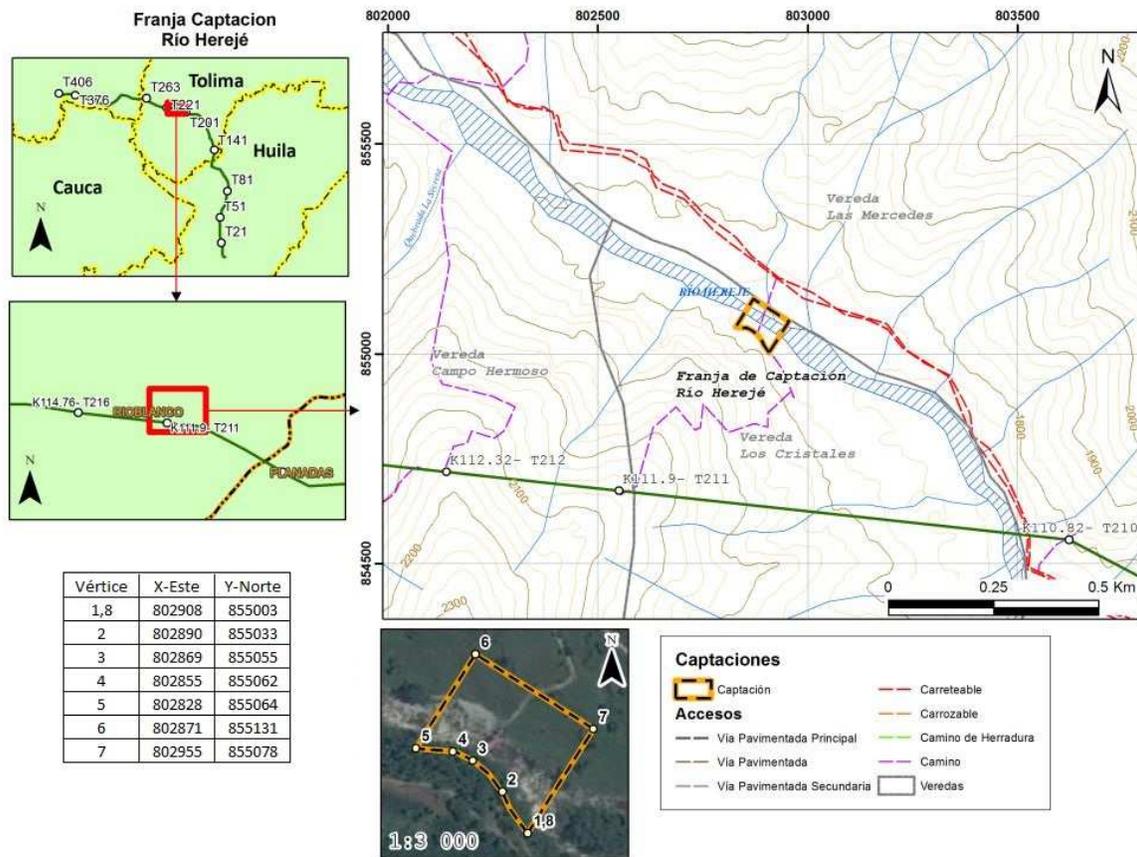
<b>Fuente</b>	<b>Río Hereje</b>				
<b>Municipio / departamento</b>	Río Blanco – Tolima				
<b>Vereda / predio</b>	Vereda Los cristales				
<b>Caudal captar/periodo/actividades</b>	0,57 L/s Periodo de toma: Total (365 días) Actividades: 1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto				
<b>Descripción</b>	El polígono para captación sobre el Río Hereje se propone dentro de la vereda Los Cristales, a través de la vía carretable que conduce de Herrera a la vereda Los Cristales, siendo el punto de toma a 10 metros de la orilla de la vía que se encuentra en afirmado y es transitable durante todas las épocas del año.				
<b>Coordenada de la franja</b>		<b>Origen</b>		<b>Magna Bogotá</b>	
		<b>Tipo</b>	<b>Puntos</b>	<b>x_este</b>	<b>y_norte</b>
		Río Hereje	1,8	802908	855003
			2	802890	855033
			3	802869	855055
			4	802855	855062
			5	802828	855064
			6	802871	855131
	7	802955	855078		
	La longitud de la franja solicitada para este punto de captación es de 100 metros sobre el eje de la quebrada y de 80 metros a partir de la margen izquierda del río.				
<b>Posibles conflictos</b>	Sobre esta franja no se encuentran usos o usuarios actuales del recurso hídrico sobre la franja				
<b>Uso actual</b>	No se evidencia uso antrópico del recurso, en este sitio.				
<b>Sistema de captación propuesta</b>	La captación en este punto se podrá realizar mediante la instalación de una bomba electrosumergible, con su respectivo sistema de flotación, la cual tendrá adherida los sistemas de succión y conducción del recurso captado. A partir de allí se debe instalar una manguera de succión de 10 m de longitud, hasta el tanque de almacenamiento del carrotanque. La diferencia de nivel entre la quebrada y la vía de acceso es de 3 m. También se podrá captar por medio de una motobomba de succión adosada al carrotanque, el cual se ubicará en el área de parqueo localizada a una distancia de 10 m de la orilla, utilizando una manguera que se conecta al tanque de almacenamiento del vehículo.				

Fuente	Río Hereje
<p><b>Sistema de conducción a los sitios de obra</b></p>	<p>Se utilizará el sistema de carro cisterna (carrotanque) que cuente con sistema de salida apropiado para la distribución en los sitios de obra. Para los sitios de difícil acceso el agua será transportada en isotanques cargadas en vehículos 4X4, y/o llevados en recipientes sobre mula hasta el sitio que se requiera.</p> <p>Para la actividad de humectación de vías de acceso en afirmado que han de requerirse para la ejecución del proyecto, se utilizará un carrotanque que tenga adosada a su parte trasera, una tubería perforada (L=2.5 m) y sistema de control de salida, de tal manera que permita realizar las descargas de manera controlada y uniforme.</p>
<p><b>Área de parqueo y maniobrabilidad</b></p>	<p>Al sitio definido para realizar la captación, el vehículo debe ingresar en reversa desde una distancia de 50 m, donde es posible la maniobra del vehículo y apostarse al lado de la vía, antes del puente existente, el cual no debe ocuparse como estacionamiento. Es importante mencionar que la vía de acceso (carreteable) permite el ingreso vehicular en cualquier época del año.</p> <p><b>Zona de maniobra de vehículos para transporte de agua.</b></p>  <p><b>Cauce principal del Río Hereje</b></p> 

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 8 se representa la ruta de movilización y localización del polígono que se sugiere para la captación de agua en el Río Hereje. El área solicitada para concesión incluye solamente la margen izquierda del Río, debido a la limitación de acceso al proyecto desde la margen opuesta.

**Figura 8 Localización de polígono de captación para el Río Hereje**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.3.9 Captación sobre la quebrada El Bejuquero

La captación sobre La Quebrada El Bejuquero se propone sobre las márgenes de lado y lado de este, en la vereda Territorios Nacionales en el predio de Omar Henao en el municipio de Río Blanco - Tolima. El ingreso a este punto de captación se deriva de la vía que comunica a La Herrera con la Reserva forestal y el Departamento del Valle del Cauca. La vía pasa contigua al punto de captación es una vía de la red terciaria carretable en afirmado y que es transitable durante todas las épocas del año.

En la Tabla 12 se presentan las características de la franja de captación para la quebrada El Bejuquero.

**Tabla 12 Características de la franja de captación sobre la Quebrada El Bejuquero**

<b>Fuente</b>	<b>Quebrada El Bejuquero</b>				
<b>Municipio / departamento</b>	Río Blanco –Tolima				
<b>Vereda / predio</b>	Vereda Territorios Nacionales				
<b>Caudal captar/periodo/actividades</b>	0,57 L/s Periodo de toma: Total (365 días) Actividades: 1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto				
<b>Descripción</b>	El punto de toma se localiza en la vereda Territorios Nacionales del municipio de Río Blanco, al cual se accede a través de la vía que conduce de Herrera- Reserva forestal. El punto se localiza sobre la quebrada El Bejuquero la vía de acceso se encuentra a diez metros del punto de captación				
<b>Coordenada de la franja</b>	<b>Origen</b>	<b>Puntos</b>	<b>Magna Bogotá</b>		
	<b>Tipo</b>		<b>x_este</b>	<b>y_norte</b>	
	Quebrada El Bejuquero		1,5	790774	856499
			2	790697	856563
			3	790737	856604
4		790809	856535		
La longitud de la franja solicitada para este punto de captación es de aproximadamente 100 metros a lado y lado del borde de la quebrada El Bejuquero y en una longitud igual sobre el eje de la misma.					
<b>Posibles conflictos</b>	Sobre esta franja no se encuentran usos o usuarios actuales del recurso hídrico sobre la franja				
<b>Uso actual</b>	No se evidencia uso antrópico del recurso, en este sitio.				
<b>Sistema de captación propuesta</b>	La captación en este punto se podrá realizar mediante la instalación de una bomba electrosumergible, con su respectivo sistema de flotación, la cual tendrá adherida los sistemas de succión y conducción del recurso captado. A partir de allí se debe instalar una manguera de succión de 15 m de longitud, hasta el tanque de almacenamiento del carro tanque. También se podrá captar por medio de una motobomba de succión adosada al carro tanque, el cual se ubicará en el área de parqueo localizada a una distancia de 15 m de la orilla, utilizando una manguera que se conecta al tanque de almacenamiento del vehículo.				
<b>Sistema de conducción a los</b>	Se utilizará el sistema de carro cisterna (carro tanque) que cuente con				

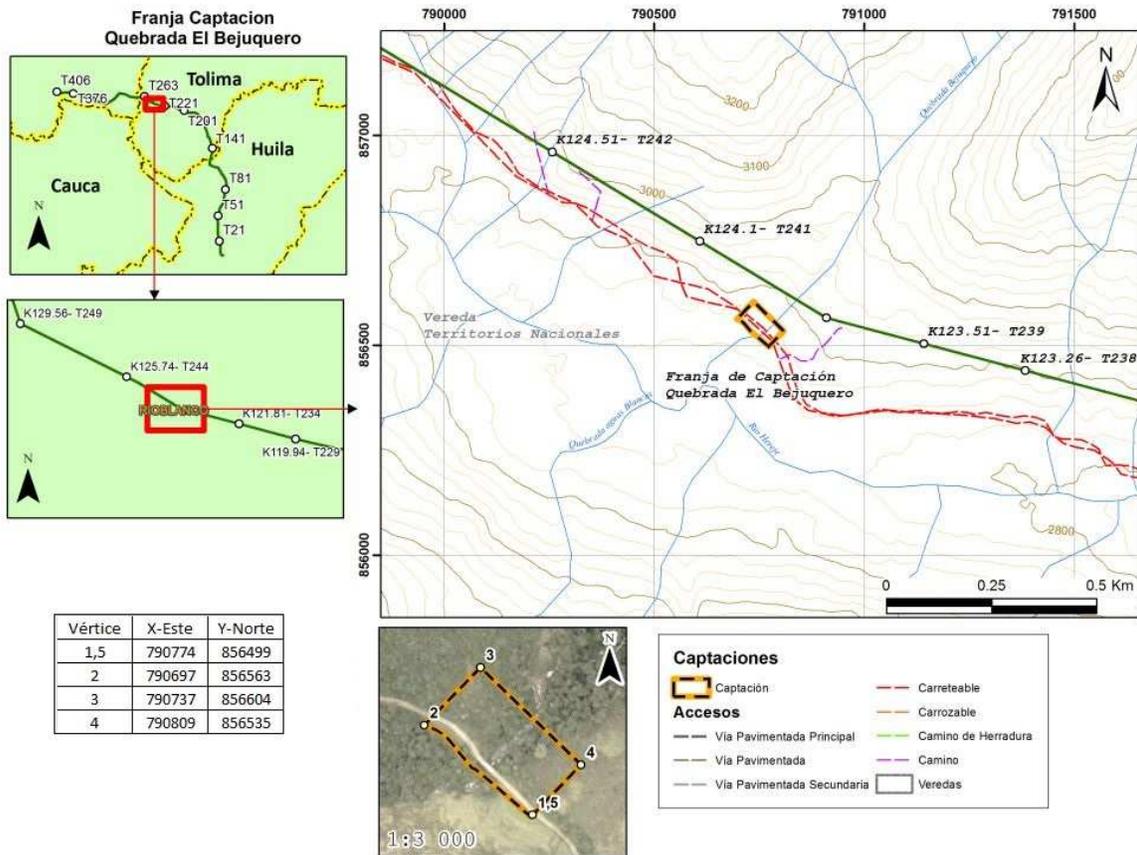
<p><b>Fuente</b></p>	<p><b>Quebrada El Bejuquero</b></p>
<p><b>sitios de obra</b></p>	<p>sistema de salida apropiado para la distribución en los sitios de obra.</p> <p>Para los sitios de difícil acceso el agua será transportada en isotanques cargadas en vehículos 4X4, y/o llevados en recipientes sobre mula hasta el sitio que se requiera.</p> <p>Para la actividad de humectación de vías de acceso en afirmado que han de requerirse para la ejecución del proyecto, se utilizará un carrotanque que tenga adosada a su parte trasera, una tubería perforada (L=2.5 m) y sistema de control de salida, de tal manera que permita realizar las descargas de manera controlada y uniforme.</p>
<p><b>Área de parqueo y maniobrabilidad</b></p>	<p>Al sitio definido para realizar la captación, el vehículo debe parquera a una distancia de 15 m, donde es posible la maniobra del vehículo y apostarse al lado de la vía, antes del puente existente, el cual no debe ocuparse como estacionamiento, mientras se realiza esta labor. Es importante mencionar que la vía de acceso (carreteable) permite el ingreso vehicular en cualquier época del año.</p> <p><b>Vista del carreteable para transporte de agua.</b></p>  <p>La fotografía muestra un cauce de agua rodeado por vegetación densa. Una vía de acceso de tierra y grava se extiende desde el primer plano hacia el fondo. Una flecha blanca apunta hacia la izquierda, indicando el 'Sitio de captación'. Otra flecha blanca apunta hacia abajo, indicando la 'Vía de acceso'.</p> <p><b>Cauce principal de la Quebrada El Bejuquero</b></p>

Fuente	Quebrada El Bejuquero
	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 9 se representa la ruta de movilización localización del polígono que se sugiere para la captación de agua en la quebrada El Bejuquero. El área solicitada para concesión incluye la margen al lado y lado de la quebrada, con el objeto de permitir el abastecimiento de agua hacia varios frentes de obra en el proyecto.

**Figura 9 Localización de polígono de captación para la Quebrada El Bejuquero**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.3.10 Captación sobre la Quebrada El Triunfo

La captación sobre La Quebrada El Triunfo se propone sobre las márgenes de lado y lado de este, en la vereda Territorios Nacionales ascenso al Paramo en el municipio de Río Blanco - Tolima. El ingreso a este punto de captación se deriva de la vía que comunica a Herrera con la Reserva forestal y el Departamento del Valle del Cauca. La vía pasa contigua al punto de captación es una vía de la red terciaria carretable en afirmado y que es transitable durante todas las épocas del año.

En Tabla 13 se presentan las características de la franja de captación para la quebrada El Triunfo.

**Tabla 13 Características de la franja de captación sobre la Quebrada El triunfo**

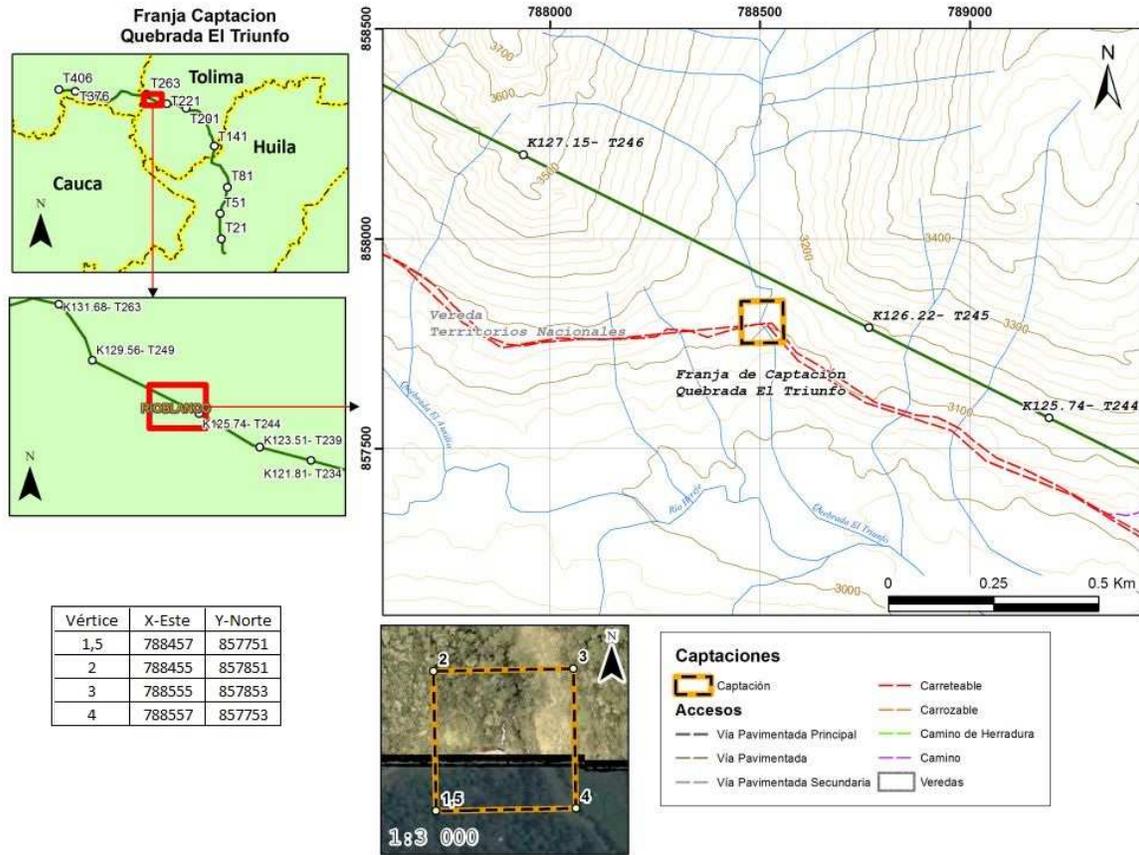
Fuente	Quebrada El Triunfo			
Municipio / departamento	Río Blanco –Tolima			
Vereda / predio	Vereda Territorios Nacionales			
Caudal captar/periodo/actividades	0,57 L/s Periodo de toma: Total (365 días) Actividades: 1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto			
Descripción	El punto de toma se localiza en la vereda Territorios Nacionales del municipio de Río Blanco, al cual se accede a través de la vía que conduce de Herrera-Paramo Meridiano. El punto se localiza sobre la quebrada El Triunfo la vía de acceso se encuentra a diez metros del punto de captación			
Coordenada de la franja	Origen	Puntos	Magna Bogotá	
	Tipo		x_este	y_norte
	Quebrada El Triunfo	1,5	788457	857751
		2	788455	857851
		3	788555	857853
4	788557	857753		
	La longitud de la franja solicitada para este punto de captación es de aproximadamente 100 metros a lado y lado del borde la quebrada y de 100 m sobre el eje de la misma.			
Posibles conflictos	Sobre esta franja no se encuentran usos o usuarios actuales del recurso hídrico sobre la franja			
Uso actual	No se evidencia uso antrópico del recurso, en este sitio.			
Sistema de captación propuesta	La captación en este punto se podrá realizar mediante la instalación de una bomba electrosumergible, con su respetivo sistema de flotación, la cual tendrá adherida los sistemas de succión y conducción del recurso captado. A partir de allí se debe instalar una manguera de succión de 10 a 15 m de longitud, hasta el tanque de almacenamiento del carrotanque. También se podrá captar por medio de una motobomba de succión adosada al carrotanque, el cual se ubicará en el área de parqueo localizada a una distancia entre 10 a 15 m de la orilla, utilizando una manguera que se conecta al tanque de almacenamiento del vehículo.			
Sistema de conducción a	Se utilizará el sistema de carro cisterna (carrotanque) que cuente con sistema			

<b>Fuente</b>	<b>Quebrada El Triunfo</b>
<b>los sitios de obra</b>	<p>de salida apropiado para la distribución en los sitios de obra. Para la actividad de humectación de vías de acceso en afirmado que han de requerirse para la ejecución del proyecto, se utilizará un carrotanque que tenga adosada a su parte trasera, una tubería perforada y sistema de control de salida, de tal manera que permita realizar las descargas de manera controlada y uniforme.</p>
<b>Área de parqueo y maniobrabilidad</b>	<p>Al sitio definido para realizar la captación, el vehículo debe parquera a una distancia de 15 m, donde es posible la maniobra del vehículo y apostarse al lado de la vía, antes del puente existente, el cual no debe ocuparse como estacionamiento, mientras se realiza esta labor. Es importante mencionar que la vía de acceso (carreteable) permite el ingreso vehicular en cualquier época del año.</p> <p><b>Zona de maniobra de vehiculos para transporte de agua.</b></p>  <p><b>Cauce principal de la Quebrada El Triunfo</b></p> 

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 10 se representa la ruta de movilización localización del polígono que se sugiere para la captación de agua en la quebrada El Triunfo. El área solicitada para concesión incluye las dos orillas de la quebrada, con el objeto de permitir el abastecimiento de agua hacia varios frentes de obra en el proyecto.

**Figura 10 Localización de polígono para aprovechamiento de agua de la Quebrada El Triunfo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.3.11 Captación sobre la Quebrada Oriente

La captación sobre la Quebrada Oriente se propone sobre las márgenes de lado y lado de este, en la vereda Bolo Azul ascenso al Páramo en el municipio de Pradera – Valle del Cauca. El ingreso a este punto de captación se deriva del camino que comunica a Bolo Azul con la Reserva Forestal Central de Ley 2da de 1959 presente en el Valle del Cauca. La vía que pasa contiguo al punto de captación es un camino de herradura transitable durante todas las épocas del año.

En Tabla 14 se presentan las características de la franja de captación para la quebrada Oriente.

**Tabla 14 Características de la franja de captación sobre la Quebrada Oriente**

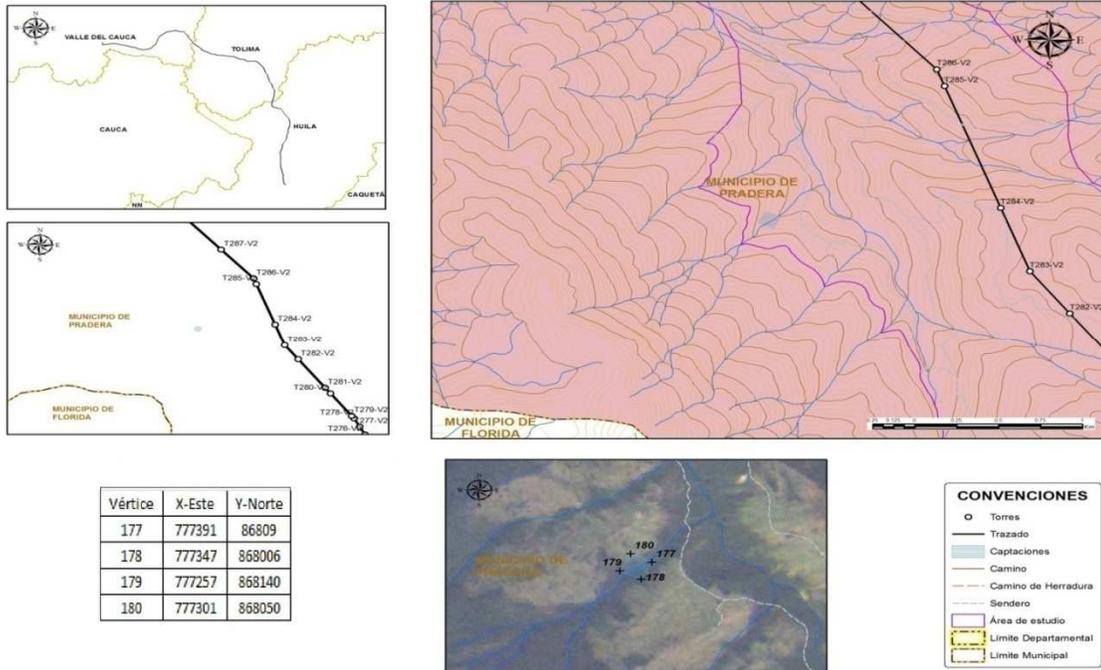
Fuente	Quebrada Oriente			
Municipio / departamento	Pradera –Valle del Cauca			
Vereda / predio	Vereda Bolo Azul			
Caudal captar/periodo/actividades	0,57 L/s Periodo de toma: Total (365 días) Actividades: 1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto			
Descripción	El punto de toma se localiza en la vereda Bolo azul del municipio de Pradera, al cual se accede a través del camino que conduce de Bolo Azul a la Reserva Forestal de la Cordillera Central. El punto se localiza sobre la quebrada Oriente y el camino de acceso se encuentra sobre el punto de captación			
Coordenada de la franja	Origen	Puntos	Magna Bogotá	
	Tipo		x_este	y_norte
	Quebrada Oriente	177	777391	86809
		178	777347	868006
		179	777257	868140
180	777301	868050		
	La longitud de la franja solicitada para este punto de captación es de aproximadamente 100 metros a lado y lado del borde la quebrada y de 100 m sobre el eje de la misma.			
Posibles conflictos	Sobre esta franja no se encuentran usos o usuarios actuales del recurso hídrico sobre la franja			
Uso actual	No se evidencia uso antrópico del recurso, en este sitio.			
Sistema de captación propuesta	La captación en este punto se podrá realizar mediante la instalación de una bomba electrosumergible, con su respectivo sistema de flotación, la cual tendrá adherida los sistemas de succión y conducción del recurso captado. A partir de allí se debe instalar una manguera de 190 m de longitud, hasta el tanque de almacenamiento del campamento. y/o al sitio establecido para la distribución del agua a los frentes de obra donde se requiera.			
Sistema de conducción a los sitios de obra	Se utilizará el transporte mular, para la distribución en los sitios de obra.			

Fuente	Quebrada Oriente
<p>Área de parqueo y maniobrabilidad</p>	 <p>SITIO DE CAPTACION</p> <p>VIA DE ACCESO</p> <p>Cauce principal de la Quebrada Oriente</p>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

En la Figura 11 se representa la ruta de movilización localización del polígono que se sugiere para la captación de agua en la quebrada Oriente. El área solicitada para concesión incluye las dos orillas de la quebrada, con el objeto de permitir el abastecimiento de agua hacia varios frentes de obra en el proyecto.

**Figura 11 Localización de polígono para aprovechamiento de agua de la Quebrada Oriente**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.4 Estimación del caudal medio, mínimo, ecológico y aprovechable para las corrientes de captación de agua superficial

##### 4.1.4.1 Oferta Hídrica

La oferta hídrica de una cuenca, es el volumen disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Alcuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma.

El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial. Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca.

Para los efectos de calcular la oferta hídrica en una cuenca hidrográfica, se puede aplicar según cada caso las metodologías del Balance Hídrico y la Curva de Duración de Caudales (CDC).

- **Método de la Curva de Duración de Caudales**

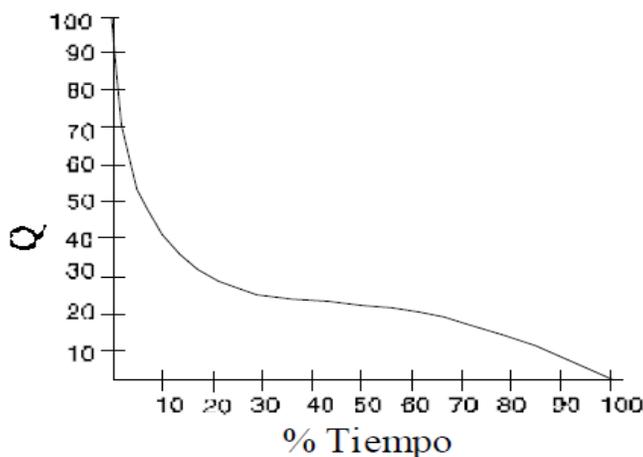
La curva de duración de caudales CDC resulta del análisis de frecuencias de la serie histórica de caudales medios diarios en un sitio determinado de una cuenca. La curva de duración (CDC) es un procedimiento gráfico para el análisis de la frecuencia de los datos de caudales y representa la frecuencia acumulada de ocurrencia de un caudal determinado. Es una gráfica que tiene el caudal, Q, como ordenada y el número de días del año (generalmente expresados en % de tiempo) en que ese caudal, Q, es excedido o igualado, como abscisa. La ordenada Q para cualquier porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que espera que sea excedido o igualado un porcentaje, P, del tiempo.

Los datos de caudal medio anual, mensual o diario se pueden usar para construir la curva. Los caudales se disponen en orden descendente, usando intervalos de clase si el número de valores es muy grande. Si N es el número de datos, la probabilidad de excedencia, P, de cualquier descarga(o valor de clase), Q, es:

$$P = \frac{m}{N} \times 100$$

siendo m el número de veces que se presenta en ese tiempo el caudal. Si se dibuja el caudal contra el porcentaje de tiempo en que éste es excedido o igualado se tiene una gráfica como la mostrada en la figura siguiente.

**Figura 12 Curva de duración de Caudales de corrientes**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

A lo largo del trazado de la línea se identificaron siete (7) estaciones de hidrometría, que reportan registros de caudales medios a lo largo de un período mayor a los 25 años para todas las estaciones.

Las estaciones empleadas para el análisis son las que se indican en la Tabla 15.

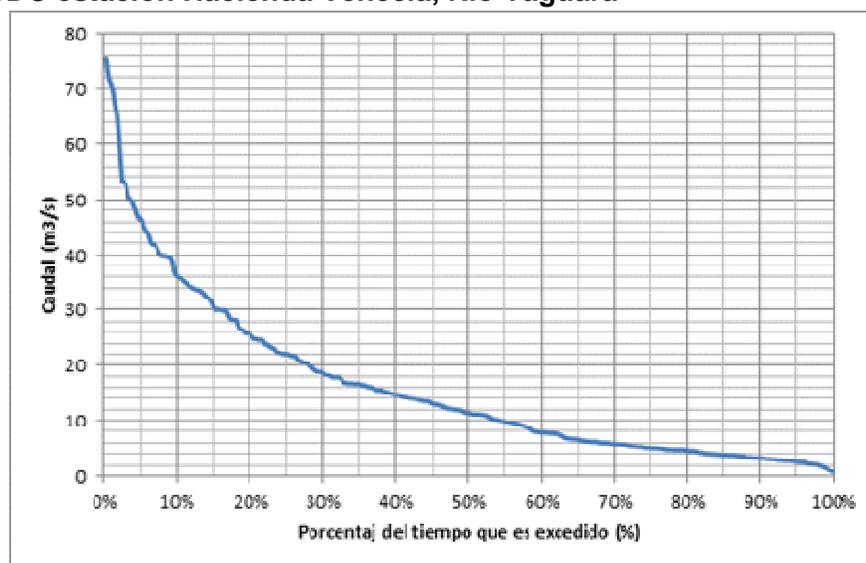
**Tabla 15** Listado de estaciones hidrométricas de la zona de estudio

Código	Tipo	Nombre	Corriente	Municipio	Cota (msnm)	Área Km2
2112702	LG	El Socorro	Río Baché	Santa María	1580	91.88
2201703	LG	Bocas	Río Blanco	Rioblanco	1175	104.68
2108704	LG	Hidroeléctrica	Río Pedernal	Teruel	740	108.61
2202702	LG	Gaitania	Río Ata	Planadas	1667	906
2108705	LG	Bocatoma	Río Íquira	Íquira	1250	122.82
2108708	LG	Hacienda Venecia	Río Jaguará	Yaguará	575	674.33
2612720403	LM	Los Minchos	Río Bolo	Pradera	1370	154.37

Fuente. IDEAM, CVC

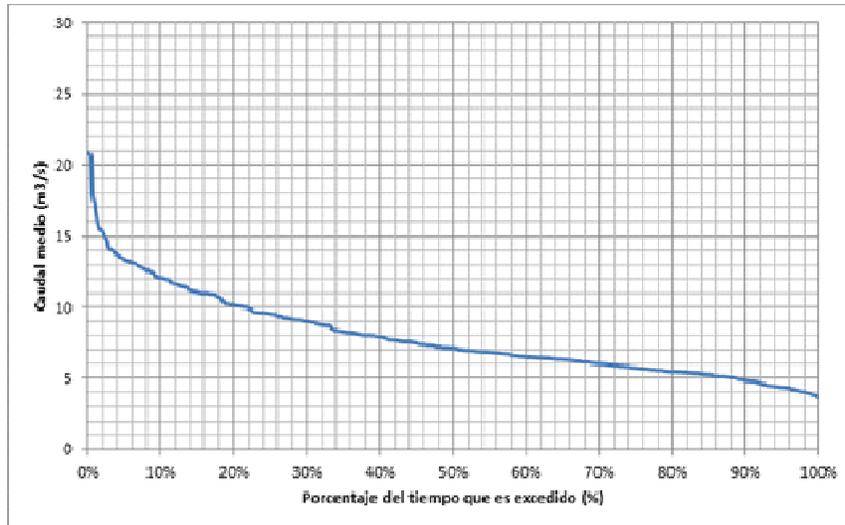
A partir de los registros de esta estación se elaboró la Curva de Duración de Caudales medios mensuales, como se ilustra en las figuras siguientes, así como también la variación temporal de los caudales de la corriente en cada estación reportada.

**Figura 13** CDC estación Hacienda Venecia, Río Jaguará



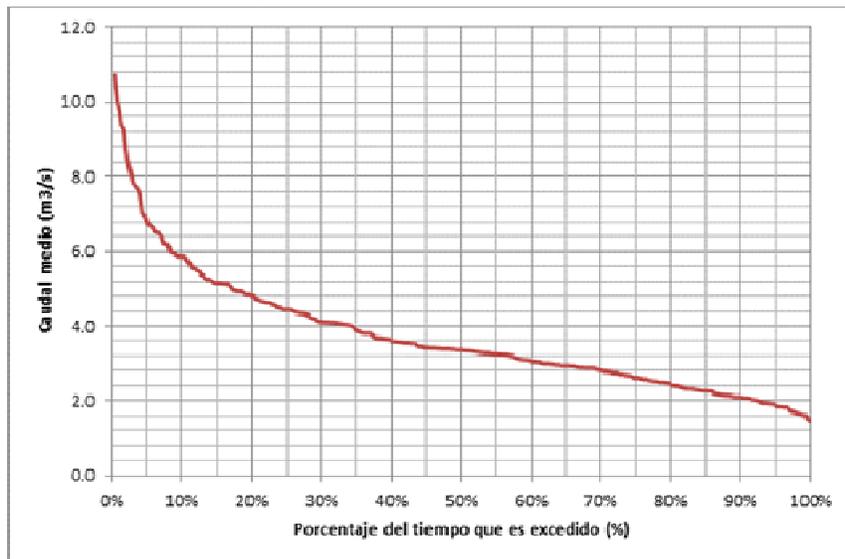
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 14** CDC estación El Socorro, Río Baché



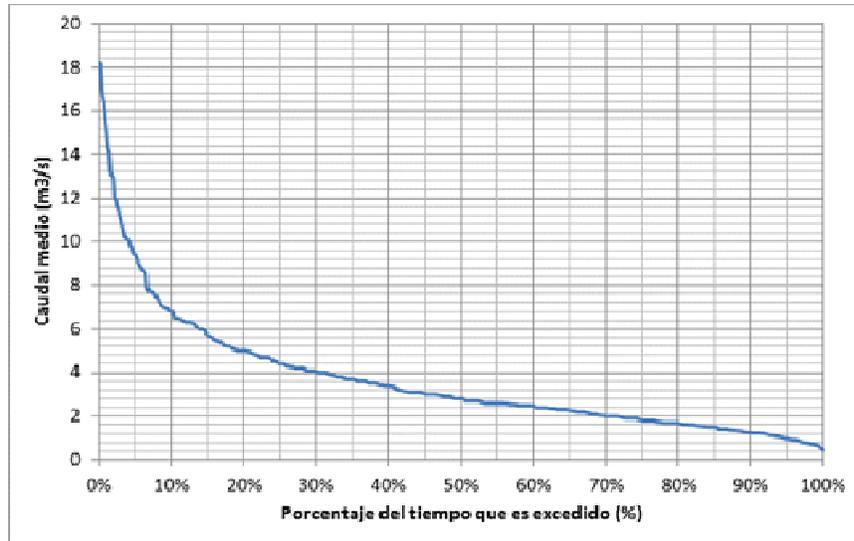
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 15** CDC estación Bocas, Río Blanco



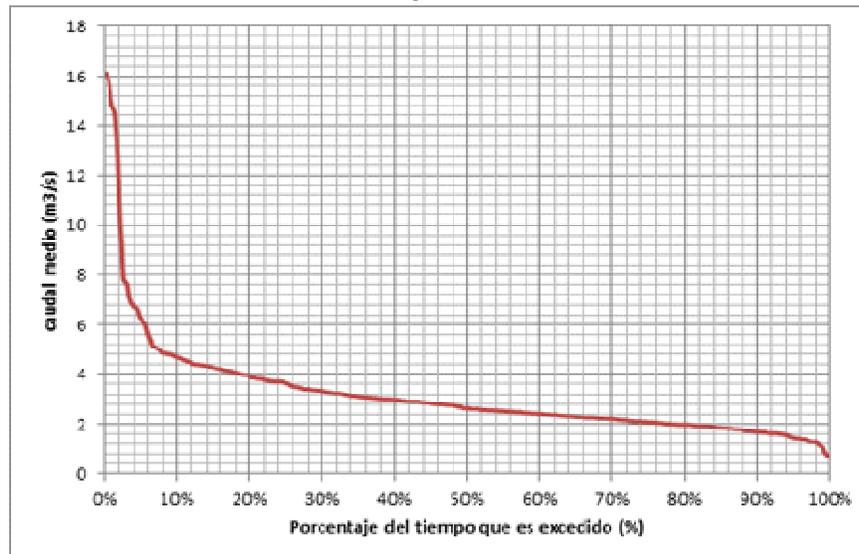
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 16** CDC estación Hidroeléctrica, Río Pedernal



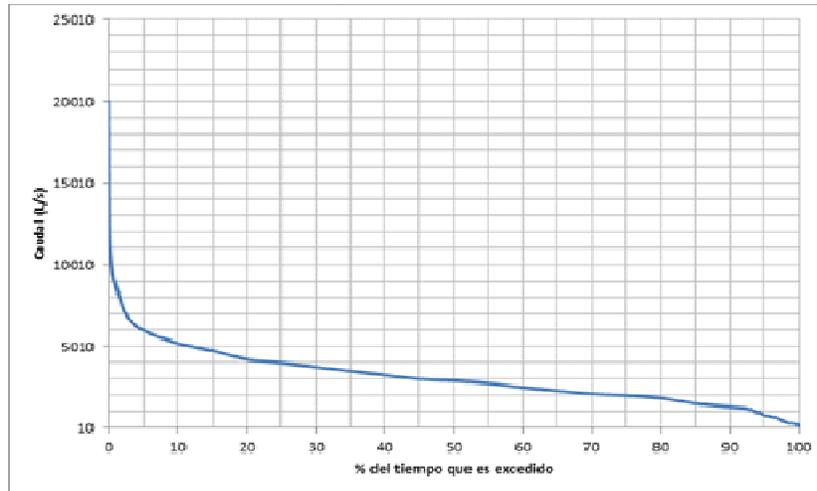
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 17** CDC estación Bocatoma, Río Iquira



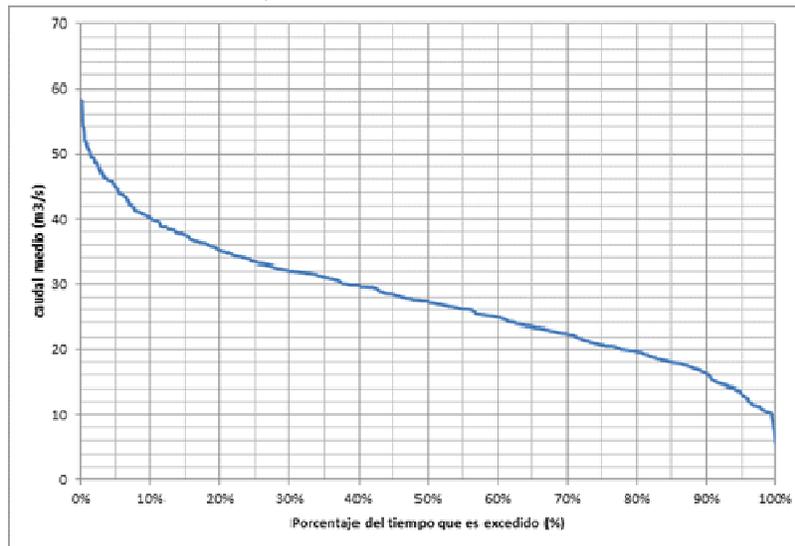
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 18** CDC estación Los Minchos, Río Bolo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 19** CDC estación Gaitania, Río Ata



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los puntos de captación son los que se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16** Listado de Localización de los Puntos de captación para el proyecto Tesalia - Alférez

Corriente de toma	Vereda	Municipio	Depto	Coordenada		Cota Alta msnm
				Este	Norte	
Río Pedernal	Sinai	Teruel	Huila	833227	801357	1296.32
Quebrada El Nilo	Nilo	Palermo	Huila	834309	808863	1154.25
Río Herejé	Las Mercedes, Los Cristales	Rioblanco	Tolima	802894	855072	1772.86
Quebrada El Bejuquero	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	790753	856550	2867.62
Río Bache	El Vergel	Santa María	Huila	829930	817120	1389.90
Río Claro	Puerto Tolima	Planadas	Tolima	825973	829368	2301.74
Quebrada El Triunfo	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	788505	857802	3102.31
Río Siquila	La Libertad	Planadas	Tolima	813236	852415	1584.52
Quebrada Montalvo	El Paraiso	Planadas	Tolima	817982	847874	2042.80
Río Iquira	Potreritos, Santa Barbara	Íquira	Huila	829743	786304	784.92
Quebrada Oriente	Bolo Azul	Pradera	Valle del Cauca	777323	868073	2816.56

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

A partir la información de los registros de las estaciones de limnimetría de las estaciones, se procedió a realizar un proceso de extensión de la curva de duración de caudales (CDC), en función del área de drenaje de cada cuenca hasta el sitio de toma de agua para el proyecto.

En la Tabla 17 se indican las características morfométricas de cada una de las cuencas de las cuencas que serán objeto de aprovechamiento del recurso.

**Tabla 17** Características morfométricas de las cuencas objeto de aprovechamiento

Nombre Captación	Área (Ha)	Perímetro Km	Longitud	Cota alta (msnm)	Cota Baja (msnm)
Río Iquira	15370.4	153.70	23.0	2000	800
Río Pedernal	2621.4	26.21	8.2	2800	1300
Quebrada El Nilo	2121.5	21.22	8.9	2800	1150
Río Bache	19694.6	196.95	24.1	2500	1400
Río Claro	3066.6	30.67	11.1	2750	2300
Quebrada Montalvo	1228.9	12.29	4.8	3000	2050
Río Siquila	11678.7	116.79	26.6	2500	1550
Río Hereje	19439.4	194.39	21.2	1775	3875
Quebrada El Bejuquero	874.8	8.75	5.8	2000	2875
Quebrada El Triunfo	791.1	7.91	5.0	2500	3100

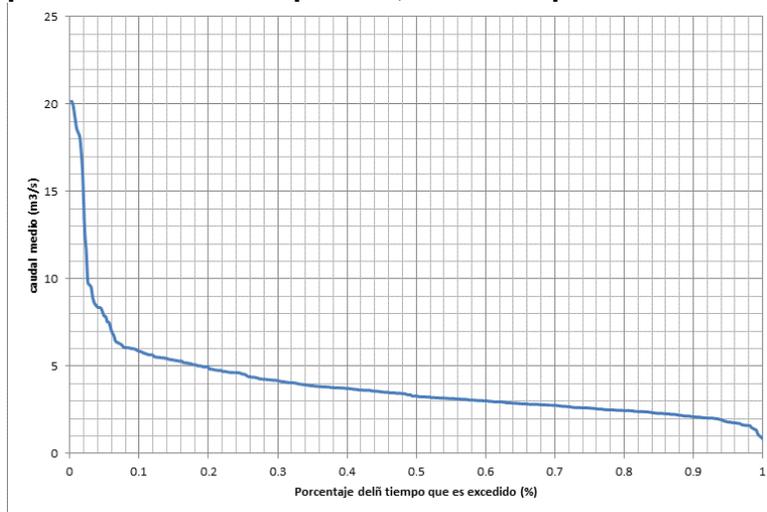
Nombre Captación	Área (Ha)	Perímetro Km	Longitud	Cota alta (msnm)	Cota Baja (msnm)
Quebrada Oriente	119.6	1.20	1.1	3575	2850

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

A partir de las estimaciones hidrológicas anteriores y mediante técnicas de regionalización de caudales máximos se obtuvieron los datos de caudal en los sitios requeridos, como se presenta en las Figuras siguientes. Para obtener el caudal regionalizado multianual, se halló una ecuación de la forma  $Q=f(A)$  donde A es el área de la cuenca en Km<sup>2</sup> referida.

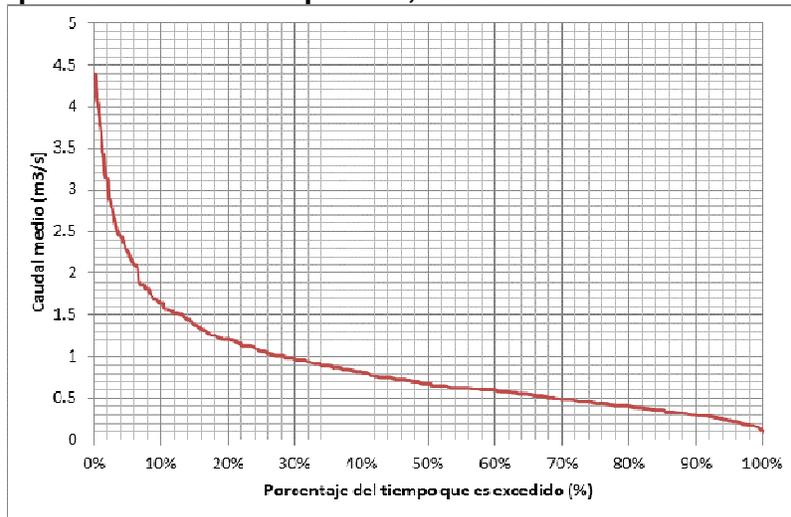
Es así como se obtienen curvas de duración de caudales (CDC) extendidas para cada corriente en el sitio de captación.

**Figura 20** CDC para la cuenca de captación, en el río Iquira



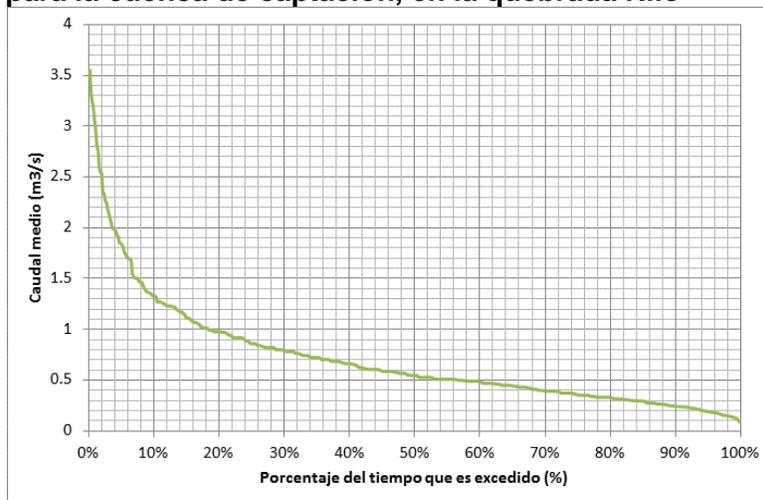
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 21CDC para la cuenca de captación, en el río Pedernal**



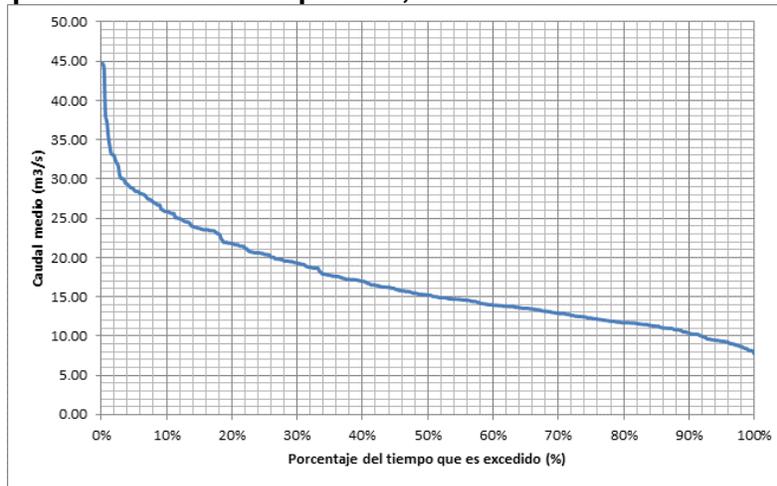
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 22CDC para la cuenca de captación, en la quebrada Nilo**



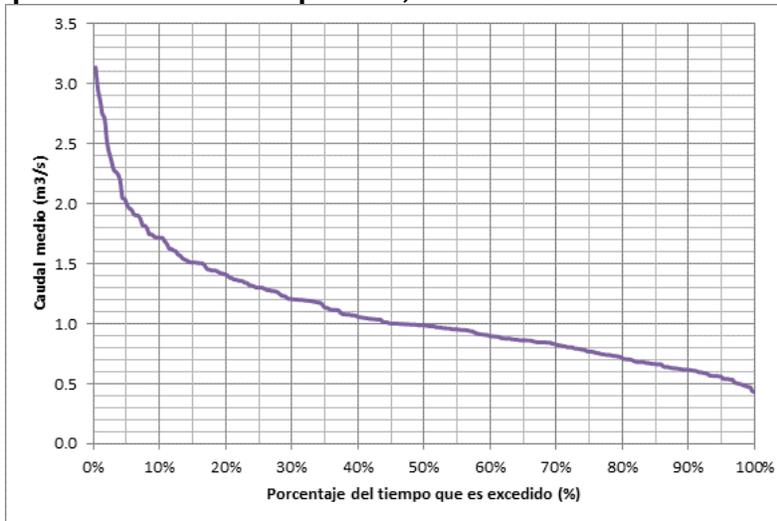
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 23CDC para la cuenca de captación, en el río Bache**



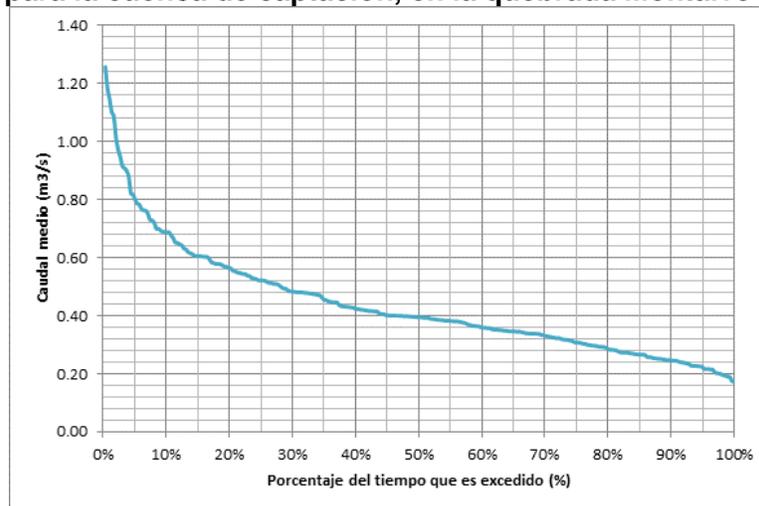
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 24CDC para la cuenca de captación, en el río Claro**



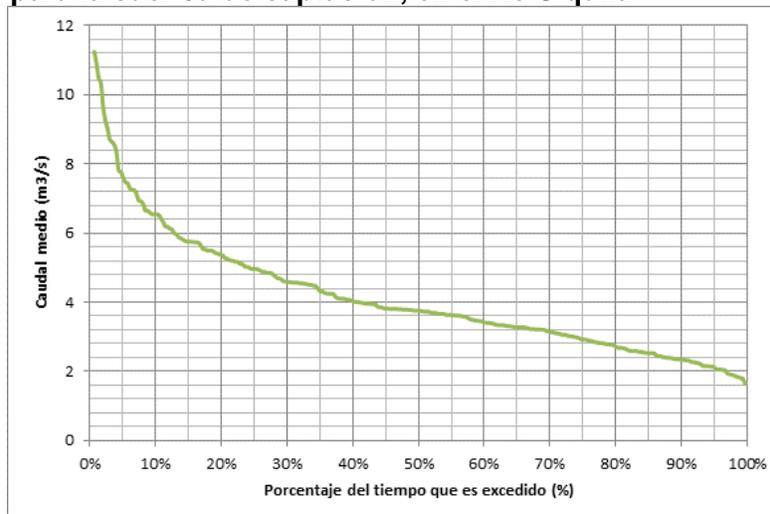
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 25CDC para la cuenca de captación, en la quebrada Montalvo**



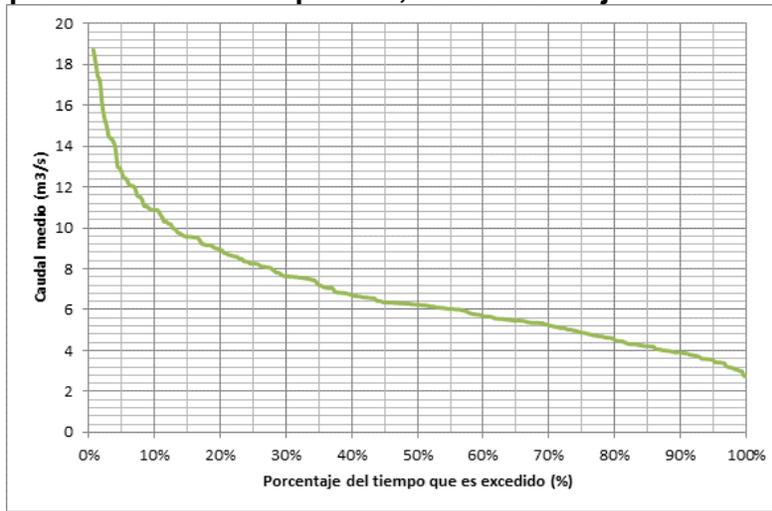
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 26CDC para la cuenca de captación, en el río Síquila**



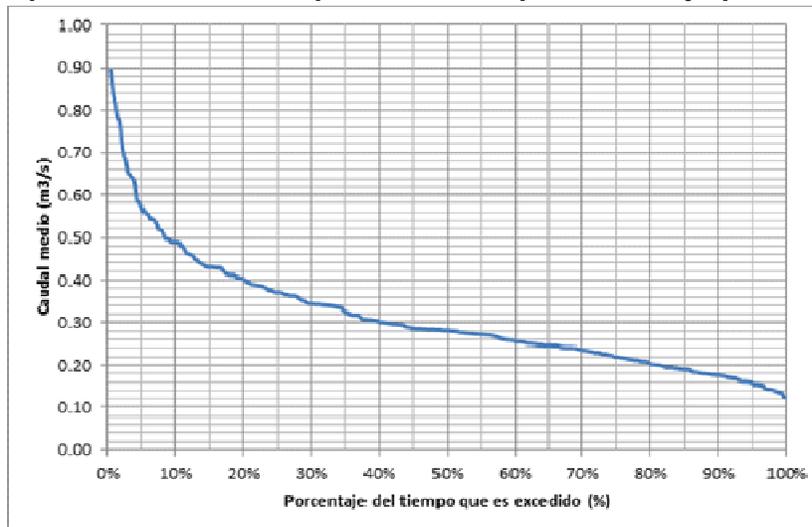
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 27CDC para la cuenca de captación, en el río Hereje**



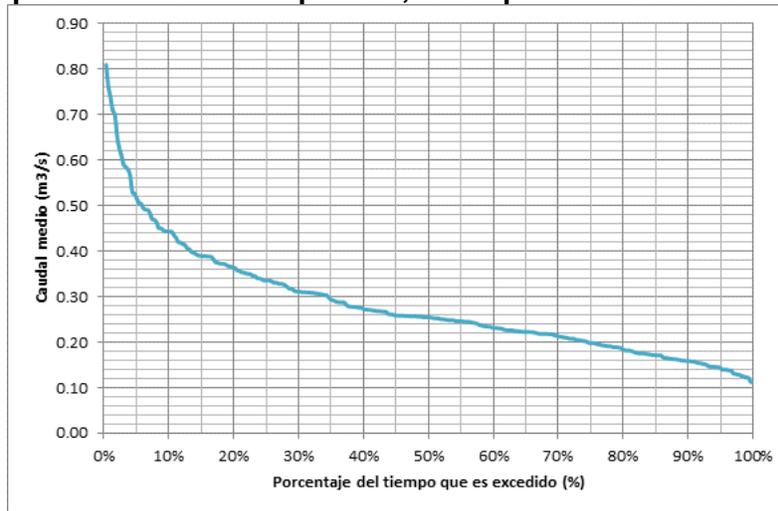
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 28CDC para la cuenca de captación, en la quebrada Bejuquero**



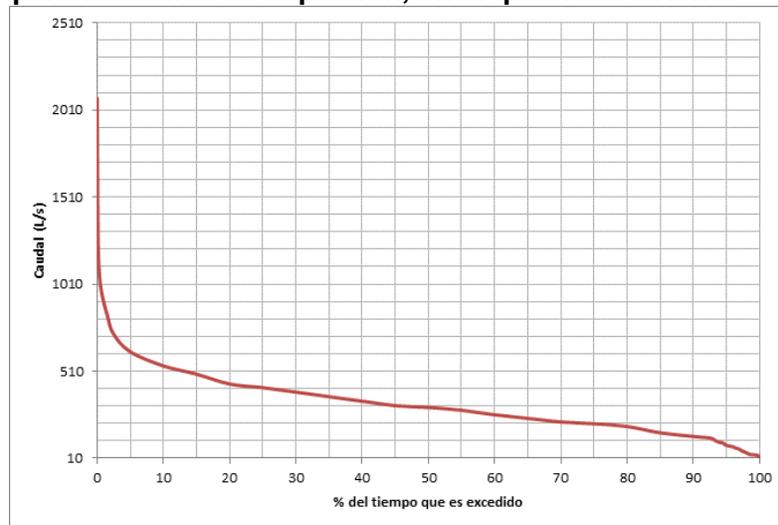
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 29CDC para la cuenca de captación, en la quebrada El Triunfo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 30CDC para la cuenca de captación, en la quebrada Oriente**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Estimación de caudales ecológicos**

En Colombia, la metodología para la estimación del caudal ecológico de cuencas se encuentra definida en la Resolución No. 0865 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el cual el caudal mínimo, ecológico o caudal mínimo remanente es el caudal requerido para el sostenimiento del ecosistema, la flora y la fauna de una corriente de agua. Este método fue desarrollado por el IDEAM y acogido por el

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, como procedimiento general en el territorio nacional.

Existen diversas metodologías para conocer los caudales ecológicos:

- Hidrológicas: Se basan en el comportamiento de los caudales en los sitios de interés, para lo cual es necesario el conocimiento de series históricas de caudales.
- Hidráulicas: Consideran la conservación del funcionamiento o dinámica del ecosistema fluvial a lo largo de la distribución longitudinal del río, es decir que el caudal de reserva que se deje en los distintos tramos permita que el río siga comportándose como tal.
- Simulación de los hábitats: Estiman el caudal necesario para la supervivencia de una especie en cierto estado de desarrollo.
- Mínimo histórico: El Estudio Nacional del Agua (2000) a partir de curvas de duración de caudales medios diarios, propone como caudal mínimo ecológico el caudal promedio multianual de mínimo 5 a máximo 10 años que permanece el **97,5%** del tiempo y cuyo periodo de recurrencia es de 2,33 años.
- Método de Descuento del IDEAM. El caudal mínimo ecológico estimado mediante este procedimiento corresponde al caudal medio mínimo mensual multianual.

### Oferta hídrica disponible

La oferta de agua disponible o susceptible de ser aprovechada por la autoridad ambiental para el otorgamiento de licencias o concesiones, se obtiene de la diferencia entre el caudal medio y el caudal ecológico, valorada a través de la serie mensual multianual.

Para efectos de establecer un margen adecuado de conservación en la microcuenca de las corrientes objeto de captación y observando las condiciones de la Microcuenca y los usos económicos predominantes de tipo agrícola y pecuario que tiene en la actualidad, esta consultoría recomienda considerar como caudal aprovechable el establecido por la metodología del Estudio Nacional de Agua, que es procedimiento que ofrece la menor cuantía de disponibilidad.

En la Tabla 18 se presenta el resumen de la estimación de la oferta de agua para cada una de las corrientes que serán empleadas como fuentes de abastecimiento para el proyecto y de las cuales se solicita permiso de aprovechamiento.

**Tabla 18 Resumen de oferta de agua superficial en las corrientes objeto de aprovechamiento hídrico**

Captación	Oferta de agua (m <sup>3</sup> /s)		
	Caudal	Caudal	Caudal ecológico
			Caudal disponible

Captación	Oferta de agua (m <sup>3</sup> /s)					
	medio	Mínimo	Método ENA	Método IDEAM	Método ENA	Método IDEAM
Río Pedernal	0.872	0.105	0.189	0.026	0.684	0.846
Quebrada El Nilo	0.706	0.085	0.153	0.021	0.553	0.685
Río Herejé	6.909	3.080	2.756	0.770	4.153	6.139
Quebrada El Bejuquero	0.311	0.124	0.139	0.031	0.172	0.280
Río Bache	16.882	7.738	8.794	1.935	8.088	14.948
Río Claro	1.090	0.435	0.486	0.109	0.604	0.981
Quebrada El Triunfo	0.281	0.112	0.125	0.028	0.156	0.253
Río Siquila	4.151	1.656	1.850	0.414	2.300	3.737
Quebrada Montalvo	0.437	0.174	0.195	0.044	0.242	0.393
Río Iquira	3.950	0.856	1.620	0.214	2.330	3.736
Quebrada Oriente	0.325	0.015	0.050	0.004	0.274	0.321

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.5 Calidad de agua de las fuentes que serán utilizadas para el abastecimiento de agua: doméstico e industrial.

La Tabla 19 presenta los valores admisibles establecidos por las autoridades ambientales en cuanto a la calidad del agua para uso doméstico. De esta manera en el Decreto 475 del 2008 y la Resolución 2115 de 2007, se resumen los límites para los diferentes parámetros:

**Tabla 19 Estándares de calidad del agua**

Características	Expresadas en	Decreto 475 de 2008		Resolución 2115 de 2007
		Valor admisible		Agua para consumo humano
		Agua potable	Agua segura	
Color Verdadero	UPC	<15	<25	15
Olor y sabor		Aceptable	Aceptable	Aceptable
Turbiedad	UNT	<5	<5	2
Sólidos Totales	mg/L	<500	<1000	
Conductividad	microohms/cm	50-1000	<1500	<1000
Sustancias Flotantes	-	Ausentes	Aceptable	
Aluminio	Al	0,2	2	0,2
Antimonio	Sb		0,02	0,02
Arsénico	As	0,01	0,05	0,01
Bario	Ba	0,5	1	0,7
Boro	B	0,3	1	
Cadmio	Cd	0,003	0,005	0,003
Cianuro libre y disociable	CN-	0,05	0,1	0,05

Características	Expresadas en	Decreto 475 de 2008		Resolución
Cianuro Total	CN-	0,1	0,2	
Cloroformo	CHCl3	0,03	0,7	
Cobre	Cu	1	2	1,0
Cromo Hexavalente	Cr+6	0,01	0,025	0,05
Fenoles Totales	Fenol		0,001	0,01
Mercurio	Hg	0,001	0,002	0,001
Molibdeno	Mo	0,07	0,2	0,07
Níquel	Ni	0,02	0,1	0,02
Nitritos	NO2	0,1	1,0	0,1
Nitratos	NO3	10	10	10
Plata	Ag	0,01	0,05	
Plomo	Pb	0,01	0,02	0,01
Selenio	Se	0,01	0,015	0,01
Alcalinidad Total	CaCO	100	120	200
Cloruros	Cl	250	300	250
Dureza Total	CaCO3	160	180	300
Hierro Total	Fe	0.3	0.5	0.3
Magnesio	Mg	36	60	36
Manganeso	Mn	0.1	0.15	0.1
Sulfatos	SO4-2	250	350	250
Zinc	Zn	5	10	3
pH	Unidades	6.5-9.0	6.5-9.0	6.5-9.0
Cloro residual	mg/L	0.2-1.0	0.3-1.3	0.3-2.0
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	0	0
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	0	0

Fuente: Compilación Consultoría Colombiana S.A, 2014

El suministro del agua para consumo humano e hidratación se proveerá de la compra de agua envasada (botellones o bolsas plásticas), que serán distribuidos y almacenados en los respectivos campamentos transitorios, para el correspondiente suministro en los distintos frentes de obra.

Los valores admisibles de los parámetros de calidad del agua analizados en cada una de las franjas de captación muestreadas, son fijadas por el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura, dichos valores se atribuyen, según su uso potencial ya sea en consumo humano y doméstico, actividad agrícola, pecuaria, recreación, industria, transporte y preservación de fauna y flora, en la Tabla 20 se presentan los valores establecidos por la respectiva autoridad ambiental.

**Tabla 20 Valores aceptados según la legislación aplicada a uso y calidad de agua.**

Parámetros	Unidades	Decreto 1594/84					
		Uso Doméstico		Uso Agrícola	Uso Pecuario	Preservación de Fauna y Flora	Normas de vertimiento
		Tratamiento Convencional	Desinfección				
Temperatura	°C						<40
pH	Unidades	5 - 9	6,5 – 8,5	4,5 - 9,0	--	6,5-9,0	5,0-9,0
Conductividad	µS/cm	--	--	--	--	--	--
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	--	--	--	--	5,0	--

Parámetros	Unidades	Decreto 1594/84					
Turbiedad	NTU	--	--	--	--	--	--
Color	mgPt/Co	75	20	--	--	--	--
Nitritos	mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L	10	10	--	100	--	--
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	10	10	--	--	--	--
Sólidos Totales	mg /L	--	--	--	--	--	50-80% en carga
Sólidos Suspendidos	mg /L	--	--	--	--	--	--
Sólidos Disueltos	mg /L	--	--	--	--	--	--
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /L	--	--	--	--	--	--
Cloruros	mg Cl/L	250	250	--	--	--	--
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /L	400	400	--	--	--	--
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	--	--	--	--	--	50-80% en carga
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	--	--	--	--	--	--
Grasas y Aceites	mg G&A /L	--	--	--	--	0,01	80% en carga
Cadmio	mg Cd/L	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,1
Plomo	mg Pb/L	0,05	0,05	5,0	0,1	0,01	0,5
Plata	mg Ag/L	0,05	0,05	--	--	0,01	0,5
Arsénico	mg As/L	0,05	0,05	0,1	0,2	0,1	0,5
Selenio	mg Se/L	0,01	0,01	0,02	--	0,01	0,5
Hierro	mg Fe/L	--	--	5,0	--	0,1	--
Cobre	mg Cu/L	1,0	1,0	0,2	0,5	0,1	3,0
Zinc	mg Zn/L	15,0	15,0	2,0	25,0	0,01	--
Níquel	mg Ni/L	--	--	0,2	--	0,01	2,0
Vanadio	mg V/L	--	--	0,1	--	--	--
Calcio	mg Ca/L	--	--	--	--	--	--
Mercurio	mg Hg/L	0,002	0,002	--	0,01	0,01	0,02
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	2000	--	≤1000	--	--	--
Coliformes Totales	UFC/100 ml	20000	1000	≤5000	--	--	--

Fuente: Decreto 1594/1984

Con respecto a las corrientes de agua superficial que serán objeto de la captación del proyecto, en la Tabla 21 presentan los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos de la campaña de monitoreo de calidad de agua en dichas corrientes, teniendo en cuenta la medición de puntos aguas arriba y aguas abajo del sitio de la captación, con miras al uso doméstico e industrial en el marco de la ejecución del proyecto de la línea de Transmisión Tesalia – Alférez.

**Tabla 21 Resultados del análisis físico químico realizado en las fuentes hídricas.**

Parámetro	Unidades	Punto de muestreo									
		Río Iquira (Aguas arriba)	Río Iquira (Aguas abajo)	Quebrada el Pedernal (Aguas arriba)	Quebrada el Pedernal (Aguas abajo)	Río Bache (Aguas arriba)	Río Bache (Aguas abajo)	Quebrada el Nilo (Aguas arriba)	Quebrada el Nilo (Aguas abajo)	Río Claro (Aguas arriba)	Río Claro (Aguas abajo)
Temperatura de la Muestra	°C	21,8	21,8	20,7	21,0	18,8	18,1	21,3	22,3	15,4	15,3
pH	unidades	7,33	7,99	7,20	7,15	8,59	8,20	7,50	7,30	8,23	8,23
Conductividad	uS/cm	131,3	173,9	121,9	122,4	146,6	140,0	78,6	115,9	51,6	50,8
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	63,7	87,3	60,9	61,2	73,3	70,1	39,3	7,9	25,8	25,9
Oxígeno Disuelto	mg/L	6,2	7,3	5,8	5,2	8,0	7,8	8,3	7,9	7,8	7,8
Caudal	L/s	2017,1		118,2		10491,8		126,2		873,3	
Turbiedad	NTU	40,2	46,5	2,12	1,39	24,7	19,7	4,92	10,3	4,31	5,99
Color Verdadero	UPC	102	94	<3	<3	18	17	10	20	7	9
Acidez Total	mg/L CaCO3	1,8	1,7	2,4	2,5	1,7	2,3	2,7	3	1,7	1,7
Alcalinidad Total	mg/L CaCO3	26,6	27,1	34,6	35,2	60,2	61,0	62,0	55,2	20,1	20,2
Bicarbonatos	mg/L CaCO3	26,6	27,1	34,6	35,2	60,2	61,0	62,0	55,2	20,1	20,2
Cloruros	mg/L Cl-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sulfatos	mg/L SO4-2	21,9	22,7	<4	<4	<4	<4	<4	11,3	<4	<4
Fosfatos	mg/L PO4-3	0,017	0,025	0,014	0,039	0,050	0,047	0,044	0,039	0,035	0,031
Nitratos	mg/L NO3	0,105	0,13	0,393	0,36	0,418	0,364	0,289	0,347	0,213	0,042
Nitritos	mg/L NO2	0,024	0,02	0,068	0,037	0,011	0,009	0,009	0,009	0,008	0,010
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Fósforo Total	mg/L P	0,039	0,06	0,036	0,09	<1	<1	0,096	0,094	<1	<1
Fósforo orgánico	mg/L P	< 0,010	0,014	< 0,011	0,022	0,080	0,079	0,025	0,025	0,057	0,050
Fósforo inorgánico	mg/L P	0,030	0,046	0,025	0,068	0,024	0,025	0,071	0,069	0,015	0,016
Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	<1	<1	0,104	0,104	<1	<1	0,072	0,066
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	47	59	<3	<3	< 0,1	< 0,1	<3	15	< 0,1	< 0,1
Sólidos Totales	mg/L	118	130	50	50	35	38	80	92	14	24
Sólidos Sedimentables	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	106	110	< 0,1	< 0,1	38	48
DBO-5	mg/L O2	3	3	4	2	2	4	2	4	3	2
DQO	mg/L O2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Calcio	mg/L	9,35	10,60	6,90	8,45	8,48	6,88	14,90	15,40	1,78	1,82
Cadmio	mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Hierro total	mg/L	0,974	0,611	0,336	0,412	0,639	0,956	0,365	0,326	0,359	0,563
Plomo	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Parámetro	Punto de muestreo										
Potasio	mg/L	1,3	1,31	1,77	1,78	1,02	1,03	1,42	1,51	0,906	0,974
Sodio	mg/L	2,33	2,25	1,57	1,79	3,45	2,80	2,86	2,52	2,19	2,94
Selenio	mg/L	0,00017	0,00015	0,00014	0,00014	0,00015	0,00015	0,00015	0,00016	0,00014	0,00015
Cobre	mg/L	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046
Magnesio	mg/L	3,12	3,20	2,16	2,64	2,65	2,22	4,67	4,82	0,485	0,478
Mercurio	mg/L	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0002	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0002
Zinc	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Niquel	mg/L	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054
Plata	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Vanadio	mg/L	<0,02	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082
Arsenico	mg/L	0,00038	0,00036	0,00028	0,00027	0,00031	0,00031	0,00028	0,00032	0,00030	0,00030
Grasas y Aceites	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,50	<0,50	<0,5	<0,5	<0,50	<0,50
Coliformes Totales	NMP/100mL	870	1000	1600	2400	2400	4600	810	960	1600	60
Coliformes Fecales	NMP/100mL	220	280	500	1600	23	110	240	300	500	<2

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Parámetro	Unidades	Punto de muestreo											
		Quebrada Montalvo (Aguas arriba)	Río Siquila (Aguas arriba)	Río Hereje (Aguas arriba)	Quebrada el Bejuquero (Aguas arriba)	Quebrada el Triunfo (Aguas arriba)	Quebrada Montalvo (Aguas abajo)	Río Siquila (Aguas abajo)	Río Hereje (Aguas abajo)	Quebrada el Bejuquero (Aguas abajo)	Quebrada el Triunfo (Aguas abajo)	Quebrada Oriente (Aguas arriba)	Quebrada Oriente (Aguas abajo)
Temperatura de la Muestra	°C	15,6	18,9	14,6	9,5	9,08	18,2	18,5	15,1	9,6	8,87	12,8	12,2
pH	unidades	8,33	8,43	8,20	8,11	8,46	8,37	8,58	7,76	8,25	8,13	7,31	7,85
Conductividad	uS/cm	96,6	94,4	35,4	29,1	29,3	90,8	99,4	35,7	29,9	29,2	229,0	236,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	45,4	47,5	17,6	14,6	13,6	45,5	56,1	17,2	15,3	14,3	106,9	112,4
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,4	7,8	8,63	8,4	7,8	7,33	7,87	8,47	8,28	8,13	7,93	7,86
Turbiedad	NTU	7,27	9,35	8,49	5,01	2,49	9,89	11,4	15,2	4,93	5,8	5,72	6,65
Color Verdadero	UPC	<3	6	36	61	19	<3	8	42	38	23		
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1,9	2,9	1,5	1,5	1,2	2,4	2,1	1,5	1,7	1,4	2,3	2,4
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	37,9	39,9	13,4	11,5	9,7	36,9	40,9	12,8	11,5	9,9	88,3	92,8
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	37,9	39,9	13,4	11,5	9,7	36,9	40,9	12,8	11,5	9,9	88,3	92,8
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<3	<3

Parámetro	Punto de muestreo													
	mg/L SO4-2	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<25,6	<24,4
<b>Sulfatos</b>	mg/L SO4-2	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<25,6	<24,4
<b>Fosfatos</b>	mg/L PO4-3	0,022	0,011	0,011	< 0,010	0,019	0,014	0,014	< 0,010	< 0,010	0,011	< 0,620	0,620	
<b>Nitratos</b>	mg/L NO3	0,343	0,134	0,217	0,021	0,033	0,339	0,201	0,213	0,142	0,063	0,134	0,117	
<b>Nitritos</b>	mg/L NO2	0,008	0,009	0,007	0,009	0,011	0,009	0,011	0,006	0,008	0,009	< 0,620	< 0,620	
<b>Nitrógeno Amoniacal</b>	mg/L NH3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
<b>Fósforo Total</b>	mg/L P	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,078	0,124	
<b>Fósforo orgánico</b>	mg/L P	0,038	0,019	0,019	0,016	0,035	0,022	0,022	0,019	< 0,010	0,020	< 0,620	0,620	
<b>Fósforo inorgánico</b>	mg/L P	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,620	0,095	
<b>Nitrógeno total</b>	mg/L N	0,047	0,025	0,025	0,020	0,044	0,031	0,031	0,027	0,014	0,025	<3	<3	
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<8	<8	
<b>Sólidos Totales</b>	mg/L	8	29	11	19	5	33	44	33	43	6	128	130	
<b>Sólidos Sedimentables</b>	mg/L	50	84	34	36	18	84	100	52	64	20	<1	<1	
<b>DBO-5</b>	mg/L O2	2	3	3	2	4	2	4	3	3	4	<5	<5	
<b>DQO</b>	mg/L O2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<20	<20	
<b>Calcio</b>	mg/L	4,37	3,24	1,03	1,21	0,938	2,97	3,97	1,05	1,470	0,980			
<b>Cadmio</b>	mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,01	<0,01	
<b>Hierro total</b>	mg/L	0,164	0,228	0,221	0,163	0,118	0,340	0,421	0,322	0,417	0,127	<0,136	<0,46	
<b>Plomo</b>	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
<b>Potasio</b>	mg/L	0,748	0,874	0,347	0,166	0,136	0,759	0,846	0,394	0,179	0,137	3,06	3,35	
<b>Sodio</b>	mg/L	2,70	1,98	0,682	0,498	0,397	3,28	1,66	0,616	0,600	0,406	3,28	3,24	
<b>Selenio</b>	mg/L	0,00014	0,00015	0,00014	0,00015	0,00014	0,00015	0,00016	0,00016	0,00016	0,00014	0,00015	0,00015	
<b>Cobre</b>	mg/L	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,055	<0,055	
<b>Magnesio</b>	mg/L	1,41	1,2	0,398	0,432	0,335	1,06	1,28	0,389	0,544	0,338	4,87	4,66	
<b>Mercurio</b>	mg/L	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0019	<0,0019	
<b>Zinc</b>	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,014	<0,014	
<b>Niquel</b>	mg/L	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,085	<0,085	
<b>Plata</b>	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,031	<0,031	
<b>Vanadio</b>	mg/L	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	<0,082	
<b>Arsenico</b>	mg/L	0,00029	0,00030	0,00029	0,00030	0,00028	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031	0,00028	0,00036	0,00037	
<b>Grasas y Aceites</b>	mg/L	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,67	<0,67	
<b>Coliformes Totales</b>	NMP/100mL	1200	310	24000	70	430	910	1000	26000	11000	2000	300	600	
<b>Coliformes Fecales</b>	NMP/100mL	900	11	500	<2	90	50	220	1600	350	500	70	33	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

A continuación se realizara un breve análisis comparativo de los parámetros más relevantes y significativos de los resultados obtenidos en los monitoreos ejecutados en las franjas de captaciones establecidas, teniendo en cuenta la normatividad establecida en la legislación ambiental actual.

#### 4.1.5.1 Temperatura

La temperatura es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema como la cinética de ciertos compuestos o la actividad enzimática en reacciones bioquímicas (Fuentes et al, 2002).

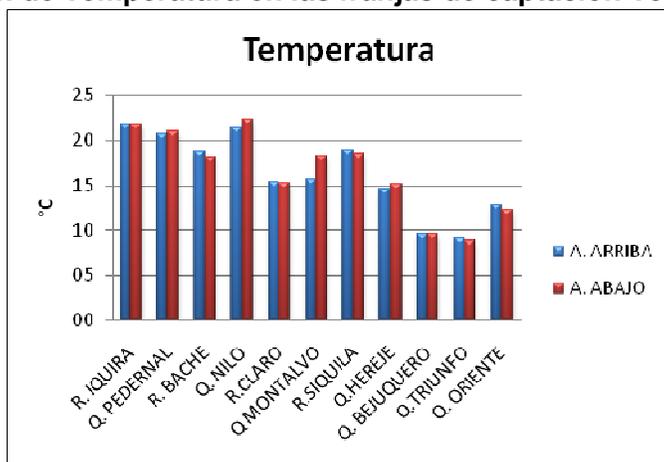
Los cambios en temperatura afectan varias propiedades del agua incluyendo la densidad, la viscosidad, la capacidad del agua para retener gases en solución, la tensión superficial, el pH y la solubilidad de moléculas orgánicas e inorgánicas que se generan en el ambiente acuático o que acceden a este desde la ecosfera o la litosfera. Los cambios que se generan en todos estos factores como resultado de cambios en temperatura generan a su vez cambios en el metabolismo, nutrición, razón de crecimiento, en el tamaño y forma de los organismos que habitan en ambientes acuáticos (Fuentes et al, 2002).

La temperatura afecta el pH del agua, principalmente a la disociación de moléculas que se comportan como ácidos o bases, la temperatura afecta también la solubilidad de substratos que se generan en el ambiente acuático y de sustancias de origen exógeno. (Fuentes et al, 2002).

Para el caso de los cuerpos hídricos caracterizados, la temperatura In Situ no reflejo temperaturas que superaran los 30°C a lo largo de la campaña de monitoreo, gráficamente observamos que el rio Iquira junto a la quebrada el Pedernal y el Nilo son los que cuerpos de agua que registraron mayores temperaturas en su cauce con temperaturas que variaron entre los 20.7-22.3°C. Por lo tanto teniendo en cuenta este parámetro todos los cuerpos de agua sonfavorables en cuanto a la preservación de los hábitats acuáticos.

Finalmente en la Figura 31se estipula el valor normativo de la temperatura para las labores constructivas del proyecto que implique un vertimiento sobre algún cauce del estudio, de esta manera la normatividad nos indica que dichos vertimientos no deben superar los 40°C.

**Figura 31 Variación de Temperatura en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

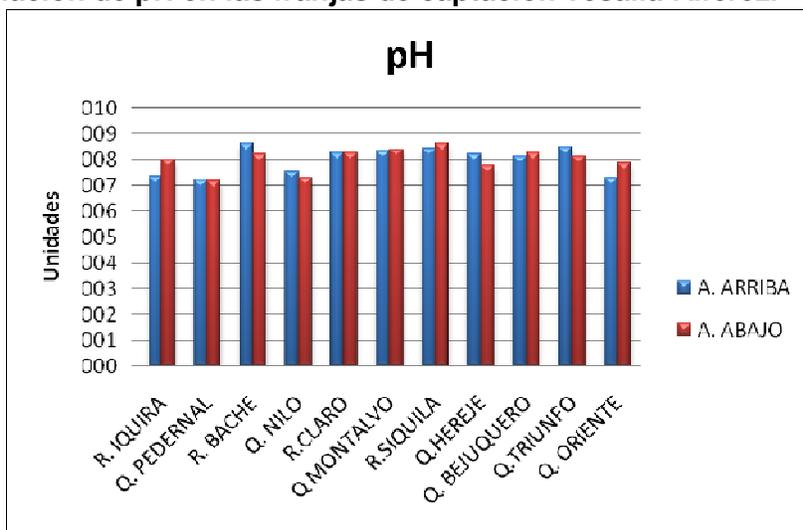
#### 4.1.5.2 pH

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática, causando perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática.

El pH de las aguas naturales se debe a la naturaleza de los terrenos atravesados y varía habitualmente entre 7,2 y 7,6. Sin embargo, las aguas muy calcáreas tienen un pH elevado y las que provienen de terrenos pobres en calizas o silicatos tienen un pH próximo a 7 y algunas veces un poco inferior (aproximadamente 6). El valor del pH compatible con vida en los peces está comprendido entre 5 y 9. Sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6 y 7,2.

A través de toda la campaña de monitoreo se puede observar que este parámetro se comporta de manera constante, en la mayoría de los cuerpos de agua muestreados, los valores mínimos de pH se presentaron en el río Iquira, la quebrada Pedernal, el Nilo y quebrada Oriente con valores promedio de 7.66, 7.18, 7.4 y 7.31 unidades respectivamente. Con respecto a la normatividad ambiental ninguno de los cuerpos muestreados superó el valor máximo del parámetro que es de 9 unidades y en todos los cuerpos hídricos se presentaron valores por encima del mínimo siendo este de 4.5 unidades. De esta manera con respecto a este parámetro el agua de los cada uno los puntos de captación es apto para el uso doméstico, agrícola, y pecuario, a su vez en la actualidad el pH preserva la flora y la fauna acuática.

**Figura 32 Variación de pH en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

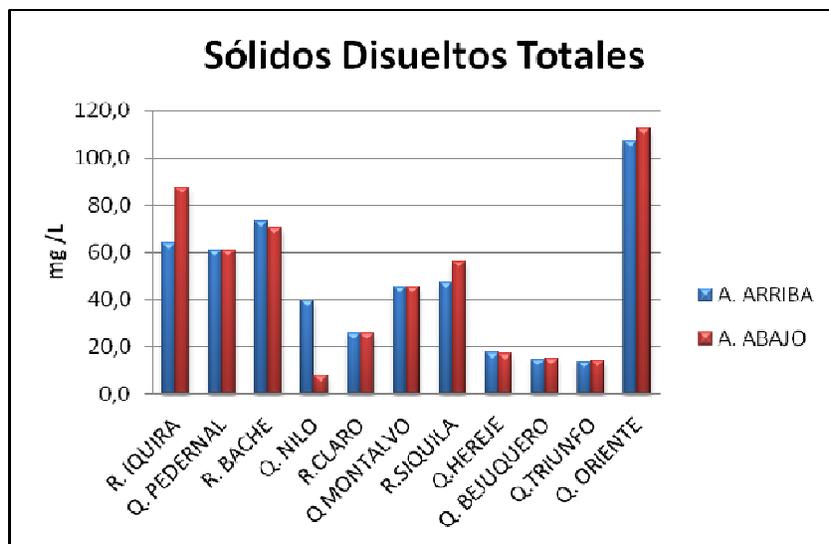
#### 4.1.5.3 Sólidos disueltos totales.

Los sólidos disueltos totales, corresponden a la presencia de materia suspendida en el agua, relacionada a sales y los cuales son filtrables.

Con respecto a las mediciones calculadas en la campaña de monitoreo podemos ver que la quebrada oriente, el rio Iquira, quebrada el Pedernal y rio Bache, presentan valores en sólidos disueltos totales mayores de 60 mg/L, en la quebrada Oriente dichas concentraciones fueron más elevadas en la medición realizada aguas abajo, por otra parte los cuerpos de agua con menos sólidos disueltos totales presentes en la campaña de monitoreo es la quebrada Nilo en la medición realizada aguas abajo Bejuquero, Triunfo, y el Rio Hereje.

Vale la pena aclarar que el Decreto 1594/84 no reglamenta un valor máximo de concentración para dicho parámetro.

**Figura 33** Variación de sólidos disueltos totales en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.



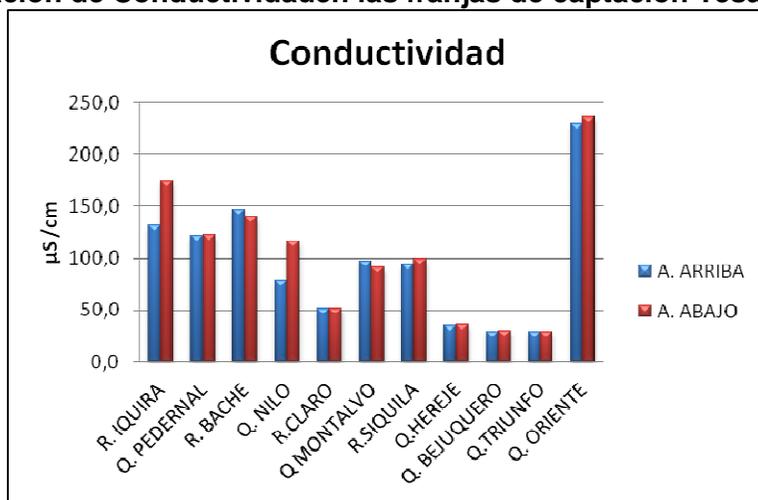
Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

#### 4.1.5.4 Conductividad

La conductividad es un parámetro que permite medir la capacidad que tiene un fluido de transportar corriente eléctrica, este parámetro depende de las concentraciones presentes de las sustancias ionizadas en la solución de estudio, también refleja la mineralización de las aguas (contenido de sólidos disueltos), dado que conjuga los cationes sodio, potasio, calcio, magnesio; así como, los aniones carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros principalmente.

Los resultados de las mediciones a lo largo del estudio se describen en la Figura 34, aún sin tener un valor normativo para este parámetro en el Decreto 1594/84, se puede apreciar que en la quebrada Oriente en su medición aguas abajo, el río Iquira, quebrada Pedernal, río Bache y mediciones aguas abajo de la quebrada Nilo presentan valores relevantes con respecto a este parámetro, con valores que oscilan 173.9 – 236  $\mu\text{S/cm}$ , estos resultados son congruentes ya que la conductividad es directamente proporcional a los sólidos disueltos totales de la campaña, de forma análoga a las mediciones de Sólidos disueltos Totales los valores más bajos de la conductividad se presentan en el río Hereje, y las quebradas el Bejuquero y el Triunfo.

**Figura 34 Variación de Conductividad en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

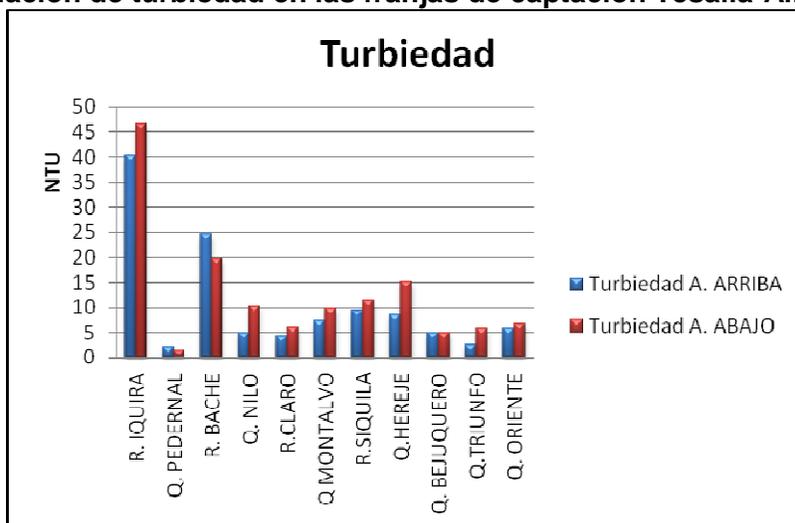
#### 4.1.5.5 Turbiedad

La turbidez está relacionada de manera directa con la concentración de sólidos suspendidos totales presentes en los cuerpos de agua, debido a que la turbidez se genera por la materia insoluble, o la materia en suspensión haciendo entre ellos una absorción de luz combinado con un proceso de difusión. De esta manera la turbiedad es un parámetro significativo en la determinación de calidad del agua puesto que su presencia implica la existencia de materiales contaminantes y de alto peligro para la salud. Por otro lado las partículas suspendidas que generan turbidez absorben el calor proveniente de la luz solar, haciendo que dichas aguas se vuelvan más calientes, reduciendo la concentración de oxígeno en el agua (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría). (Lenntech, 2011; Sawyer et al, 2003).

Con respecto a las muestras obtenidas en la campaña de monitoreo, en la Figura 35 se presentan los resultados obtenidos, en los mismos observamos que el río Iquira en su medición aguas abajo junto con el río Bache presentaron valores de turbidez elevados con valores de 46.5 NTU y 22.2 NTU respectivamente, dichos valores son consecuentes con los demás parámetros monitoreados ya que el río Iquira también presentó concentraciones elevadas en cuanto a los sólidos disueltos totales y la conductividad.

Vale la pena aclarar que el Decreto 1594/84 no reglamenta un valor máximo de concentración para dicho parámetro.

**Figura 35 Variación de turbiedad en las franjas de captación Tesalia-Alferez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

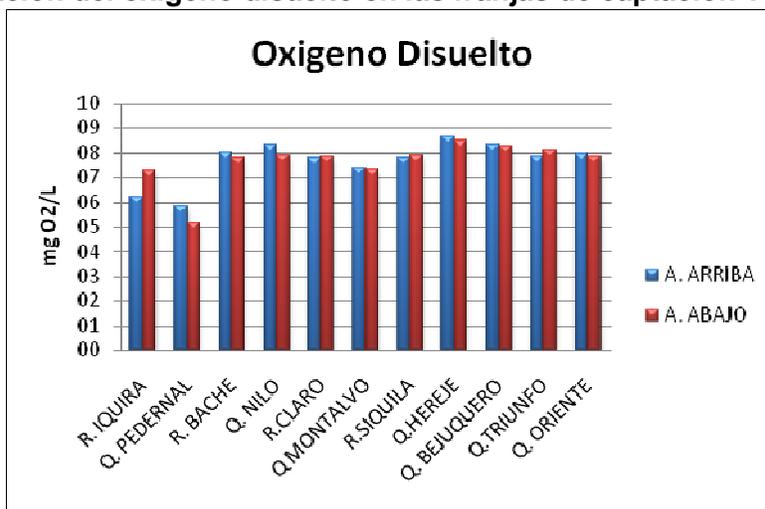
#### 4.1.5.6 Oxígeno Disuelto

El oxígeno, en un elemento presente en los cuerpos hídricos, no es un elemento constitutivo. Su solubilidad depende de la temperatura, de la presión parcial de la atmosfera y de la salinidad, El oxígeno disuelto es un parámetro que determina las condiciones aeróbicas o anaeróbicas de los cuerpos de agua superficial muestreados, constituyendo de esta manera la importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia y concentración definen el tipo de especies que se encuentran de acuerdo con sus tolerancias y rangos de adaptación

Los resultados de oxígeno disuelto, para ser comparables entre sí, son evaluados como porcentaje de saturación de oxígeno en el agua, ya que valores similares de oxígeno disuelto tienen significados distintos respecto a las diferentes temperaturas del agua y a las alturas sobre el nivel del mar a las que se realice la evaluación (Fuentes et al, 2002; Roldán Pérez, 1992; Sawyer et al, 2003).

Con respecto a las mediciones realizadas en las campañas de monitoreo observamos en la Figura 36 que las concentraciones de oxígeno disuelto en la mayoría de los cauces presentan concentraciones promedio de 8mgO<sub>2</sub>/L, siendo este un valor apto para la conservación y preservación de la flora y fauna, por otra parte en la quebrada el Pedernal se determinó una concentración in situ de oxígeno disuelto de 5.5 mgO<sub>2</sub>/L, siendo este un valor atípico que perjudica principalmente los ecosistemas acuáticos existentes.

**Figura 36 Variación del oxígeno disuelto en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



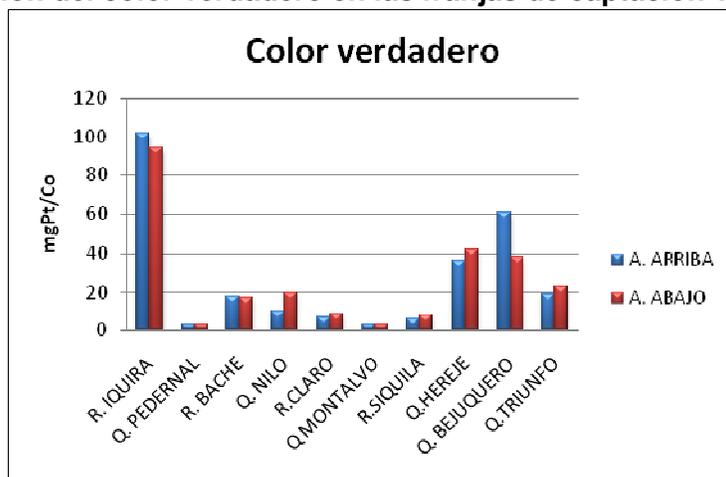
Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

#### 4.1.5.7 Color verdadero

El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina "Color aparente", una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como "Color verdadero" este último es él que se mide en esta determinación.

Dadas las muestras recolectadas en campo, el análisis de color verdadero de las mismas presentó valores elevados en el río Iquira con valores superiores a los 100 mgPt/Co, siendo este cuerpo no apto para el consumo doméstico. Por otra parte el río Hereje, y las quebradas Bejuquero y el Triunfo presentaron valores de color máximos de 42, 61, y 23 mgPt/Co respectivamente y al estar dentro del intervalo establecido en la normatividad colombiana, dichas aguas pueden ser sometidas a tratamientos convencionales para su consumo doméstico, hay que tener en cuenta que muchos de estos cuerpos tienen colores característicos por su influencia con la materia orgánica en descomposición (Taninos) de sus alrededores. Mas sin embargo con métodos convencionales dicha agua puede ser apta para el consumo doméstico.

**Figura 37 Variación del color verdadero en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

#### 4.1.5.8 Acidez total

La acidez en un cuerpo de agua se asocia a la presencia de ácidos fuertes o dióxido de carbono a valores de pH bajos. La mayoría de cuerpos de agua natural, doméstica y residual, así como los residuos industriales se encuentran controlados por un sistema amortiguador de pH conformado por una combinación de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y bicarbonatos. Cuando una muestra de agua contiene CO<sub>2</sub> este se neutraliza a un valor de pH entre 8,2 y 8,5. Una muestra de agua con un pH menor a 8,5 contiene “acidez” (Sawyer et al, 2003).

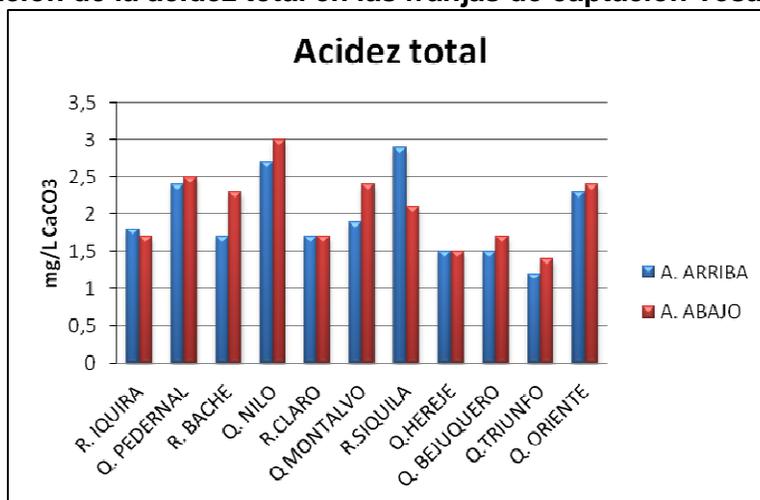
La acidez en aguas naturales es causada por la presencia de CO<sub>2</sub> o por ácidos minerales fuertes, donde el CO<sub>2</sub> es el principal causante de la acidez a pH mayores de 4,0. El CO<sub>2</sub> puede ingresar en agua superficial por absorción del mismo desde la atmósfera, solo cuando el cuerpo de agua presenta una concentración de CO<sub>2</sub> menor que el de la atmósfera. El CO<sub>2</sub> también puede ser producido por la oxidación de materia orgánica particularmente en aguas contaminadas, si, adicionalmente la actividad fotosintética es limitada, la concentración de CO<sub>2</sub> puede ser mayor que en la atmósfera y escapará al aire (Sawyer et al, 2003).

la Figura 38 muestra como valores relevantes de acidez la quebrada el Pedernal, el Nilo, el rio Siquila (aguas arriba) y mediciones aguas abajo del rio Bache, la quebrada Montalvo y la quebrada Oriente con valores que oscilan entre 2.3 – 3 mg/L CaCO<sub>3</sub>. Esta acidez en los cuerpos de agua monitoreados es causada principalmente por la presencia del CO<sub>2</sub> (ácido débil) y en algunos casos, por ácidos minerales del tipo H<sub>2</sub>S o por la presencia en el agua de sales fuertes provenientes de bases débiles (ácidos conjugados). Los cuerpos de agua ácidos incrementan su corrosividad e interfieren en la capacidad de reacción de muchas sustancias y procesos al interior de los sistemas acuosos. Así, la cuantificación

de las sustancias ácidas es útil y necesaria, por cuanto permite su posterior neutralización y, en general, la adecuación del agua para un determinado fin o aplicación

Es relevante mencionar que los parámetros mencionados como la alcalinidad y la acidez total no se encuentran reglamentados por el Decreto 1594/84.

**Figura 38 Variación de la acidez total en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

#### 4.1.5.9 Alcalinidad

La Alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, la capacidad para reaccionar con iones hidrogeno, su capacidad para aceptar protones, o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas OH<sup>-</sup>. La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón del agua. En aguas naturales, la alcalinidad se debe generalmente a la presencia de tres clases de compuestos: Bicarbonatos, Carbonatos e Hidróxidos. (Romero 2009).

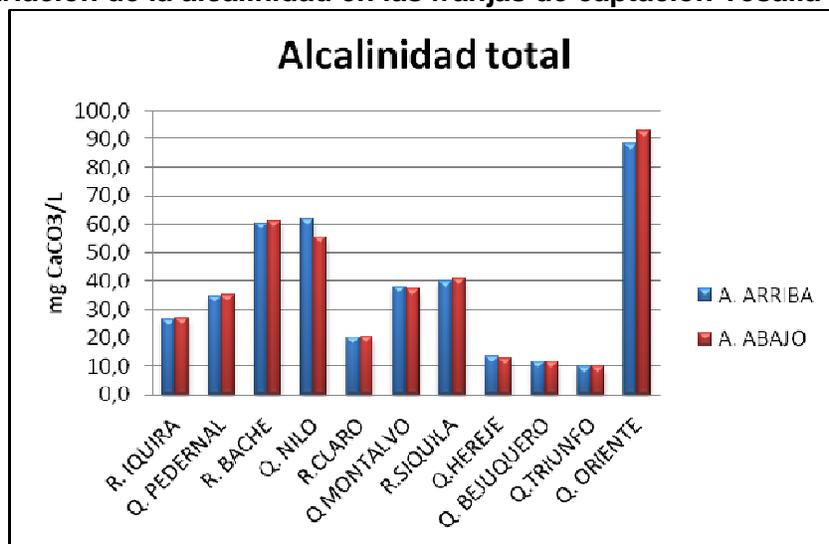
Los carbonatos son los iones más abundantes en el agua, la forma común de hallarlos es como bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Por su capacidad amortiguadora, el pH permanece entre 6,0 y 8,0 en aguas naturales. Los carbonatos son el producto final de los procesos biológicos de respiración y fotosíntesis, pues en esta se forma dióxido de carbono que al disolverse en el agua, forma el bicarbonato o el carbonato, dependiendo del pH del agua (Roldán Pérez, 1992).

En los muestreos realizados en la actual campaña se presentan altas concentraciones de CaCO<sub>3</sub> en la quebrada Oriente, el río Bache y la quebrada Nilo con valores registrados de 92.8, 60.6 y 58.6 mg/L de CaCO<sub>3</sub> respectivamente. Con respecto a los demás valores registrados el río Iquira, Siquilay las quebradas el Perdenal, y Montalvo registraron valores que oscilan entre 26.6 -40.9 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Finalmente los cuerpos de agua con menor

alcalinidad son: Rio Claro, Hereje, y las quebradas Bejuqueros y el Triunfo con valores que no superaron los 20.2 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

Es de resaltar que el cuerpo hídrico que mayor alcalinidad reporta es la quebrada Oriente, siendo coherente con el potencial de hidrógeno registrado en dicho punto.

**Figura 39 Variación de la alcalinidad en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

#### 4.1.5.10 Coliformes totales y fecales

Se define como un grupo de bacterias en forma de bacilo, pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, Gram negativas, aerobias y anaerobias facultativas, que no forman esporas, con capacidad de fermentar la lactosa y otros azúcares con producción de ácido y de gas a una temperatura entre 35 y 37°C durante un lapso de 24 a 48 horas. Los géneros pertenecientes al grupo Coliforme son Escherichia, Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter. (González 2011).

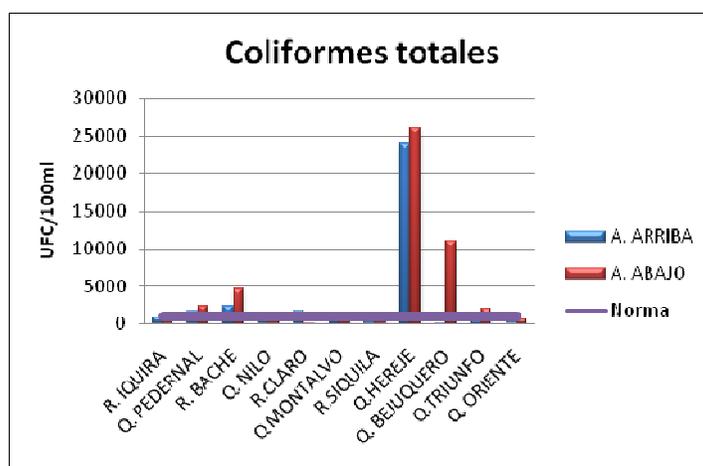
La bacteria Escherichiacoli y el grupo coliformes, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal. Las bacterias coliformes son microorganismos de forma cilíndrica, capaces de fermentar la glucosa y la lactosa y son Gram negativas. Otros organismos utilizados como indicadores de contaminación fecal son los estreptococos fecales y los clostridios. Estos últimos son anaerobios, formadores de esporas; estas son formas resistentes de las bacterias capaces de sobrevivir largo tiempo (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA).

Los resultados obtenidos en el muestreo de aguas superficiales realizado en el presente estudio, muestra que el valor máximo de coliformes totales se presenta el rio Hereje con un valor de 26000 UFC/100ml, que sobrepasa todos los límites normativos establecidos

en el Decreto 1594/84 (1000-20000 UFC/100ml), otros resultados relevantes son las mediciones realizadas aguas abajo de la quebrada Bejuqueros, con un valor de 11000 UFC/100ml, y las quebradas Pedernal, Triunfo y el río Bache con valores que oscilan entre 1600-4600 UFC/100ml.

Hay que tener en cuenta que todos los cuerpos de agua cuyas mediciones en coliformes totales estén dentro del intervalo (1000-20000UFC/100ml), pueden ser sometidos a tratamientos convencionales que impliquen métodos de desinfección para hacer uso doméstico de los mismos, por otra parte todos los cuerpos de agua que registren valores menores a 5000 UFC/100ml pueden ser utilizadas con fines agrícolas. De esta manera en la actualidad el río Hereje no es apto para ningún tipo de consumo, y en la quebrada Bejuqueros es necesario un tratamiento convencional para el uso agrícola de esta fuente.

**Figura 40** Variación de Coliformes Totales en las franjas de captación Tesalia-Alferez.



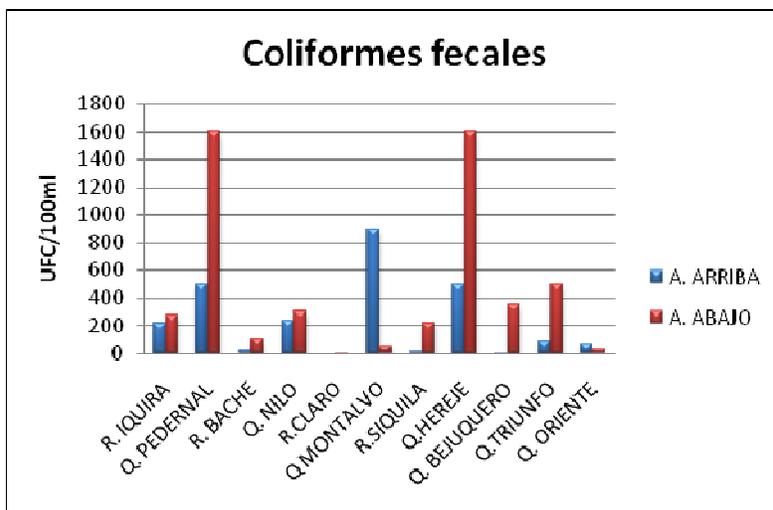
Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

**Los Coliformes Fecales** son un subgrupo de los Coliformes totales que son capaces de metabolizar lactosa a 44°C, a diferencia de sus hermanas que solo lo hacen a 37°C, de esta manera los Coliformes Fecales son indicadores de las heces humanas favorecidas por la presencia de materia orgánica.

En la campaña de monitoreo y en sus posteriores resultados se puede observar que en la quebrada el Pedernal (Aguas abajo), Montalvo (Aguas arriba) y el río Hereje (Aguas abajo) se registraron valores atípicos de 1600, 900 y 1600 UFC/100ml respectivamente que no sobrepasaron el límite normativo del Decreto 1594/84 (2000 UFC/100ml).

Finalmente todos los demás cuerpos de agua analizados a excepción de los expuestos anteriormente pueden ser utilizados para uso agrícola ya que los mismos no sobrepasaron los límites normativos (1000 UFC/100ml).

**Figura 41 Variación de los Coliformes Fecales en las franjas de captación Tesalia-Alferez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

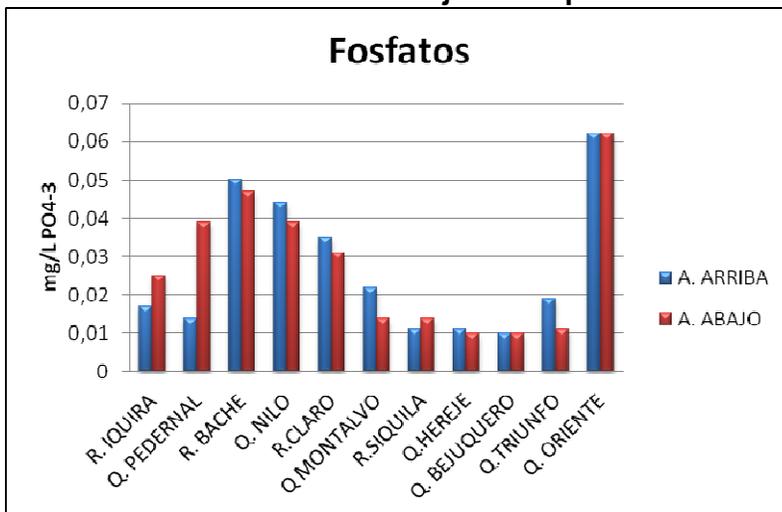
#### 4.1.5.11 Fosfatos

El Fósforo es un elemento que puede existir en aguas naturales y residuales, bajo la forma de compuestos como los fosfatos. Algunas veces, aunque con menor frecuencia y en menor concentración, el fósforo puede estar presente en el agua bajo la forma de estructuras orgánicas, tales como fosfolípidos y fragmentos de cadenas peptídicas.

Debido a que el fósforo es uno de los elementos esenciales que limitan la productividad primaria en muchos cuerpos de agua, las descargas de vertimientos fosfatados producen en los cuerpos receptores un crecimiento abrupto y repentino en la biota fotosintetizadora, que generalmente se extiende y va cubriendo su superficie, hasta asfixiar el reservorio. Este fenómeno se conoce como “eutrofización” y es la principal razón por la cual se hace importante conocer las concentraciones de fósforo en los vertimientos y aguas residuales, antes de verterlas a los cuerpos receptores.

En las campañas de medición con respecto a este parámetro es importante mencionar que en todos los resultados para los distintos cuerpos de agua se presentaron valores inferiores a la unidad, de esta manera observamos que las concentraciones más relevantes pertenecen a la quebrada Oriente, el río Bache, y las quebradas Nilo y Pedernal (Aguas abajo) con mediciones que oscilan entre 0.039 - 0.062 mg/L PO<sub>4</sub>-3. Pese a que los valores de concentración de fosfatos resultaron ser bajos para las muestras, cabe resaltar que estos compuestos favorecen la eutrofización, lo cual trae como consecuencia el aumento en el medio de materias orgánicas, bacterias heterótrofas, que modifican el carácter fisicoquímico del agua, y hacen que disminuya el oxígeno disuelto; además son índice de contaminación por detergentes y fertilizantes. Pueden encontrarse también en los desechos industriales y las descargas de aguas negras.

**Figura 42** Variación de los fosfatos en las franjas de captación Tesalia-Alferez.



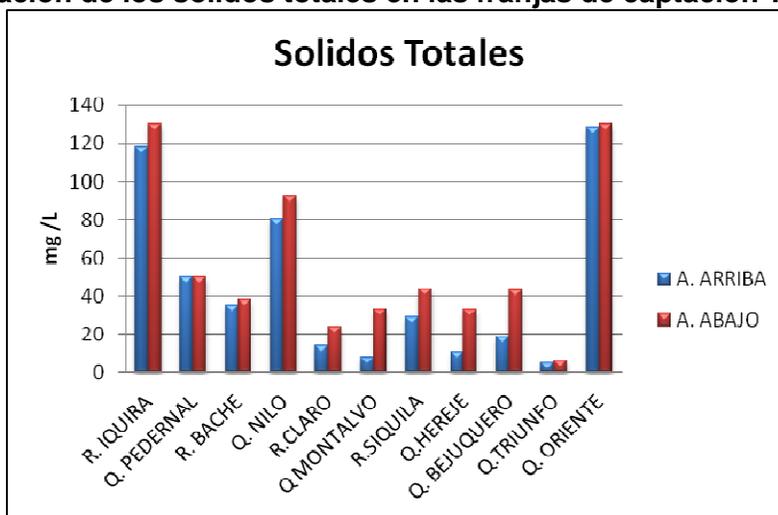
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.1.5.12 Sólidos Totales

La presencia de sólidos totales está asociada a la carga contaminante, como la presencia de sales, microorganismos y minerales. Analíticamente, el contenido de sólidos totales de un agua residual se define como toda la materia que queda como residuo de evaporación a 105°C.

En la Figura 43 se puede observar que la quebrada Oriente, el río Iquira junto con la quebrada Nilo presentaron los valores más altos de la campaña de monitoreo con valores de 130 y 92 mg/L respectivamente, posteriormente los demás cuerpos de agua presentaron valores constantes que no sobrepasaron los 50 mg/L.

**Figura 43** Variación de los sólidos totales en las franjas de captación Tesalia-Alferez.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

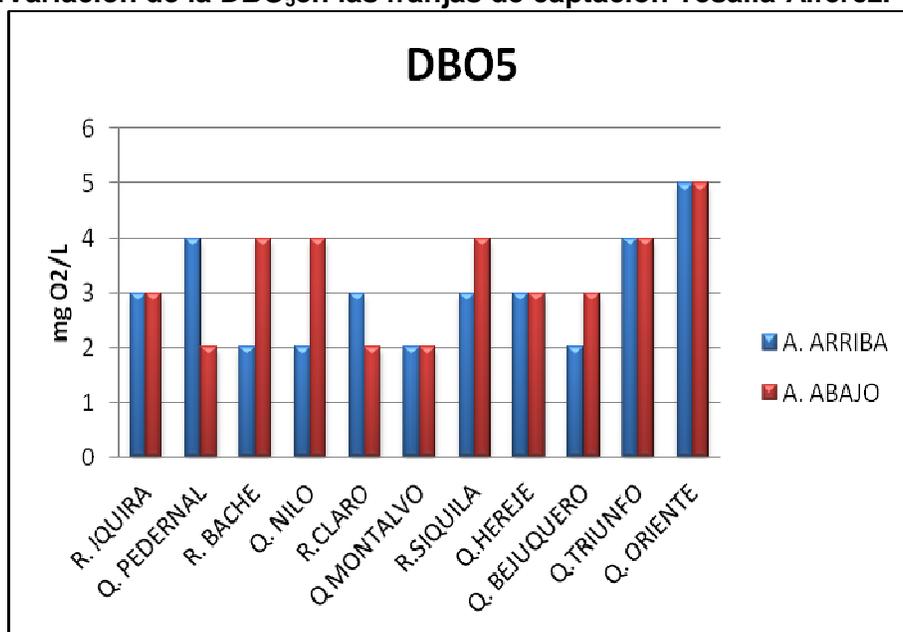
#### 4.1.5.13 DBO5

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residual; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

De esta manera el comportamiento de la DBO5 se presenta en la Figura 44, donde se puede apreciar como datos relevantes los resultados hallados en las quebradas Oriente Pedernal (Aguas arriba), el Nilo (Aguas abajo), el Triunfo y los ríos Bache (Aguas abajo) y Siquila (Aguas abajo) que presentaron una DBO5 igual o inferior 5 mgO<sub>2</sub>/L. el comportamiento de las mediciones en dichos puntos depende de muchos factores que pueden afectar la DBO, entre ellos se encuentran la relación de la materia orgánica soluble a la materia orgánica suspendida, los sólidos sedimentables, los flotables, la presencia de hierro en su forma oxidada o reducida, la presencia de compuestos azufrados y las aguas no bien mezcladas. Al momento no existe una forma de corregir o ajustar los efectos de estos factores.

Mas sin embargo en cuanto a la DBO y a la DQO de los cuerpos de agua caracterizados, los valores registrados son inferiores a los 5 mg/L y 10 mg/L respectivamente lo que permite concluir que dichos cuerpos de agua no están siendo impactados por las actividades llevadas a cabo en la zona de estudio.

**Figura 44 Variación de la DBO<sub>5</sub> en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

#### 4.1.5.14 Calcio, Magnesio

El calcio y el magnesio son los cationes más abundantes en las aguas dulces, siendo el calcio el más abundante entre los dos, puede representar entre 48 y 53% de sólidos disueltos en el agua a una concentración de 50 mg/l o más, mientras que el magnesio representa el 14 al 34% de los sólidos disueltos a la misma concentración. El calcio y el magnesio son elementos que tienen una configuración electrónica similar, su comportamiento lo es también sobre todo cuando estos se combinan con el carbonato y ambos pueden ser factores limitantes de los procesos biológicos en los ecosistemas acuáticos (Sawyer et al, 2003).

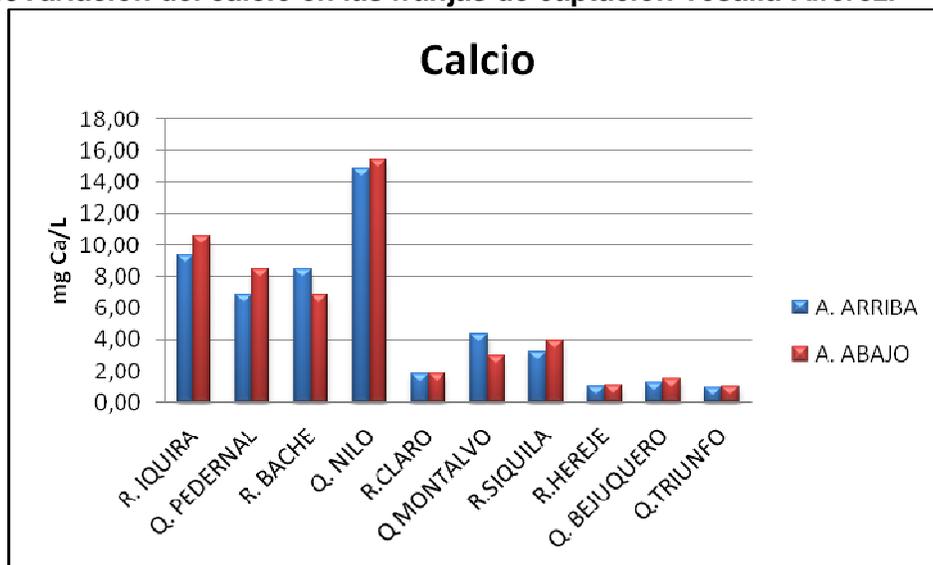
La determinación de la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, se miden por la dureza, aunque existen otros cationes como el estroncio, el hierro, aluminio y el manganeso que también son causa de dureza en el agua (Sawyer et al, 2003).

La dureza está relacionada con la productividad del agua, es decir en aguas donde la dureza es alta, la diversidad de especies es baja, situación contraria cuando la dureza es media o baja (Roldán Pérez, 1992).

Con respecto a lo anterior, en la presente campaña de monitoreo los cuerpos de agua que presentaron más concentración de calcio fueron los ríos Iquira y el río Bache junto con las quebradas el Pedernal y el Nilo, cuyo valor más alto correspondió a la quebrada Nilo con un valor de 15.4 mg Ca/L, los demás cuerpos de agua caracterizados registraron valores

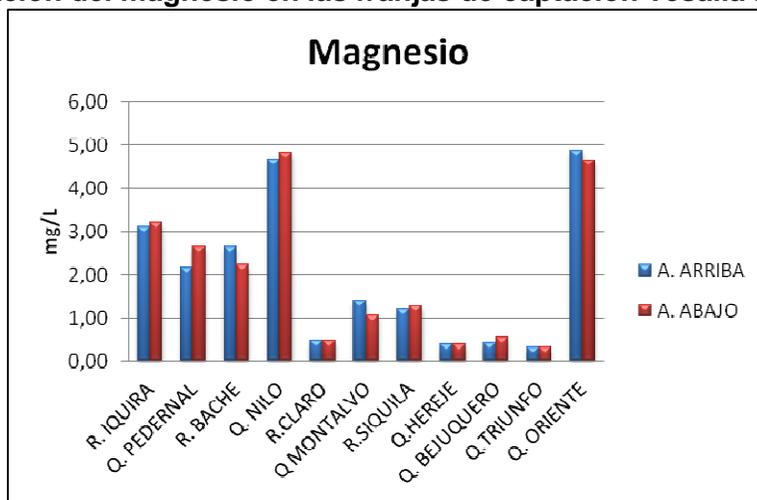
que oscilan entre 0.93 - 4.37 mg Ca/L. Con respecto al magnesio el cuerpo de agua más representativo en las mediciones realizadas fue la quebrada Oriente con un valor de 4.87 mg/L.

**Figura 45 Variación del calcio en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

**Figura 46 Variación del magnesio en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

#### 4.1.5.15 Sodio y potasio.

El sodio es el elemento más abundante de los elementos alcalinos, hallándose sus compuestos extensamente distribuidos en la naturaleza. Este, proviene de las rocas y del

suelo. Los niveles de sodio en aguas subterráneas varían mucho, pero normalmente fluctúan entre 6 y 500 mg /L, dependiendo del área geográfica (Osicka et al, 2004).

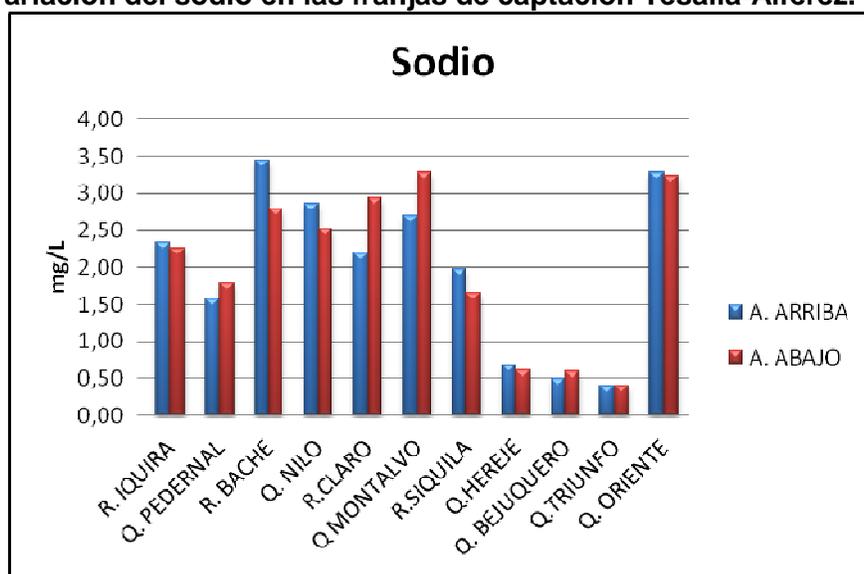
Por su parte, el potasio es fundamental en el transporte de iones en las células, se encuentra en la naturaleza en menor proporción en comparación con el sodio. Estos elementos no son factores determinantes en la productividad del agua. Se encuentra en la naturaleza como Leucita (KAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>), en rocas de origen volcánico y como Silvita (KCl) que se usa en fertilizantes.

El potasio, en aguas potables rara vez alcanza los 20 mg/l, pero en salmueras puede contener más de 100 mg/l y en agua de mar puede llegar hasta 380 ppm (Lenntech, 2011; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA).

Con respecto a las mediciones de sodio los resultados indican como puntos relevantes la quebrada Oriente, el rio Bache, y claro junto con las quebradas Nilo, y Montalvo, en dichos cuerpos hídricos se tuvieron valores de máximos de 3.28, 3.45, 2.86, 2.94, y 3.28 mg/L respectivamente. Y finalmente las mediciones de magnesio arrojaron puntos relevantes en la quebrada Nilo con un valor de 4.82 mg/L. Por otra parte las mediciones realizadas para el Potasio registran valores relativamente altos en la quebrada Oriente, el Pedernal y el Nilo con valores de 3.78, 1.78 y 1.51 mg/L y el rio Iquira con un valor de 1.31 mg/L.

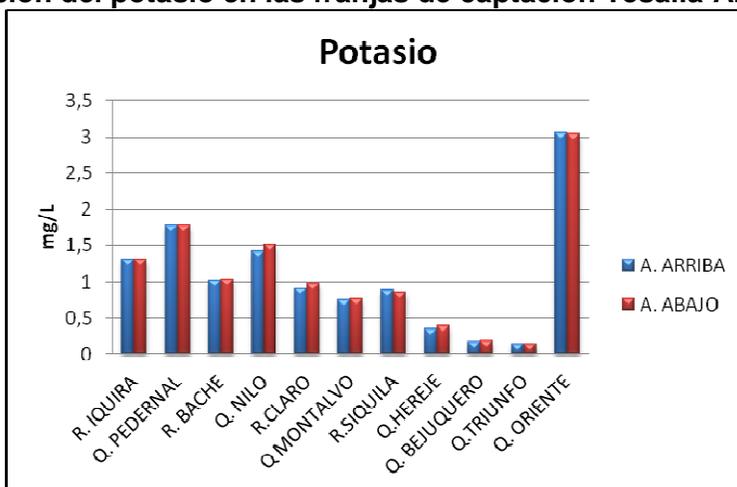
El decreto 1594 de 1984 no establece los límites permisibles para estos parámetros en aguas para consumo humano y doméstico, uso agrícola y pecuario.

**Figura 47 Variación del sodio en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

**Figura 48 Variación del potasio en las franjas de captación Tesalia-Alfárez.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

Con respecto a la destinación del recurso hídrico que trata el artículo 38 y 39 del decreto 1594/84, la mayoría de las fuentes de agua monitoreadas se caracterizaron como aptas para el consumo humano y doméstico.

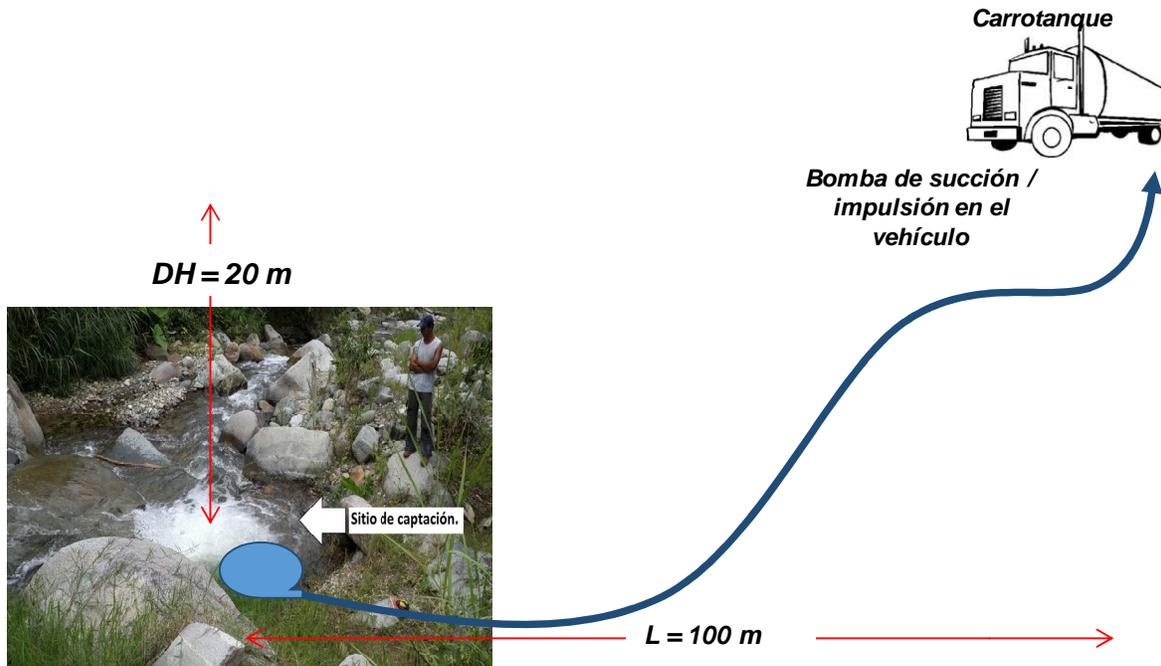
Los compuestos de origen orgánico, como las, grasas, aceites no registraron concentraciones relevantes o se presentaron con valores inferiores al límite de detección lo que muestra que no existen impactos asociados al uso o manejo de estos compuestos. Metales y compuestos como el arsénico, bario, cadmio, hierro, cobalto, cromo hexavalente, manganeso, mercurio, y plata no registraron concentraciones o estas se encontraron por debajo de los límites establecidos en el decreto 1594 de 1984 lo que nos indica que los cuerpos de agua presentan buenas condiciones.

#### 4.1.6 Dimensionamiento del sistema de impulsión desde sitios de captación a carrotanque de transporte

Como parte del proyecto, en la fase de construcción se tiene considerado que desde los puntos de captación de agua propuestos, sobre la franja de intervención se realice el transporte hacia los carrotanques que distribuirán el agua según las necesidades del proyecto. Teniendo en cuenta que en varios de los sitios previstos no existe un acceso hasta el cauce principal de la corriente, se requiere de un sistema de impulsión que eleve el agua desde el cauce, hasta el vehículo carrotanque localizado a una distancia máxima de 200 m en la línea recta, hacia cada margen de la corriente, hasta interceptar la vía de acceso, o el sitio de maniobra del vehículo.

La configuración del sistema de impulsión, (perfil de la tubería) es el que se muestra en la Figura 49

Figura 49 Sistema de impulsión tipo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Tabla 22 indican las distancias y elevaciones de cada sitio de captación.

Tabla 22 Distancias y elevaciones a borde de carretera para los sistemas de conducción

Corriente de toma	Vereda	Municipio	Depto	Coordenada Centro		Cota Alta	Cota Baja	Distancia desde Vía de acceso m
				Este	Norte	msnm	msnm	
Río Pedernal	Sinai	Teruel	Huila	833227	801357	1300	1296.32	49
Quebrada El Nilo	Nilo	Palermo	Huila	834309	808863	1175	1154.25	48
Río Herejé	Las Mercedes, Los Cristales	Rioblanco	Tolima	802894	855072	1775	1772.86	6
Quebrada El Bejuquero	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	790753	856550	2875	2867.62	11
Río Bache	El Vergel	Santa maría	Huila	829930	817120	1400	1389.90	48
Río Claro	Puerto Tolima	Planadas	Tolima	825973	829368	2325	2301.74	23
Quebrada El	Territorios	Rioblanco	Tolima	788505	857802	3100	3102.31	5

Corriente de toma	Vereda	Municipio	Depto	Coordenada Centro		Cota Alta	Cota Baja	Distancia desde Vía de acceso
Triunfo	Nacionales							
Río Siquila	La Libertad	Planadas	Tolima	813236	852415	1600	1584.52	38
Quebrada Montalvo	El Paraiso	Planadas	Tolima	817982	847874	2050	2042.80	122
Río Iquira	Potreritos, Santa Barbara	Íquira	Huila	829743	786304	800	784.92	12
Quebrada Oriente	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	777323	868073	2825	2816.56	184

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El cálculo de la capacidad del sistema de bombeo se lleva a cabo para las configuraciones más críticas, es decir la que indique la mayor longitud y la mayor diferencia de altura estática de impulsión (cauce – vía).

El caudal solicitado para concesión durante la fase de construcción es de 0.57 L/s o un volumen de 27 m<sup>3</sup>/día.

#### 4.1.6.1 Escenario 1 – Caso Quebrada Nilo

- Diferencia de altura = 20.75 m
- Longitud de impulsión = 48 m
- **Diseño de tubería:**
  - Caudal = 0.57 L/s

Se asume una velocidad media adecuada para un sistema de impulsión de 1.2 m/s

Por ecuación de continuidad:

$$Q = V \times A$$

Donde:

$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$

$V = \text{Velocidad del flujo (m/s)}$

$A = \text{Área del conducto (m}^2\text{)}$

De esta manera:

$$A = Q / V$$

$$A = 0.00057 \text{ m}^3/\text{s} / 1.2 \text{ m/s}$$

$$A = 4.75 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Según tablas de tuberías HDPE

TABLA RÁPIDA DE CONSULTA DE PÉRDIDAS DE CARGA			
V m/seg.	J m/m	Ø Nominal	Q= l/s
<b>P.E. 10 atm. Alta Densidad</b>			
1,2 m/s	0,099 m/m	25 mm (20,4)	0,40 l/s
1,2 m/s	0,072 m/m	32 mm (26,2)	0,66 l/s
1,2 m/s	0,058 m/m	40 mm (32,6)	1,05 l/s
1,2 m/s	0,042 m/m	50 mm (40,8)	1,60 l/s
1,2 m/s	0,032 m/m	63 mm (51,4)	2,75 l/s
1,2 m/s	0,025 m/m	75 mm (61,4)	3,6 l/s
1,2 m/s	0,020 m/m	90 mm (73,6)	5,25 l/s
1,2 m/s	0,016 m/m	110 mm (90,0)	8 l/s
1,2 m/s	0,014 m/m	125 mm (102,2)	10,2 l/s
1,2 m/s	0,012 m/m	140 mm (114,6)	12,6 l/s
<b>P.E. 6 atm. Alta Densidad</b>			
V m/s	J m/m	Ø Nominal	Q= l/h
1 m/s	0,09 m/m	18-20 mm (16)	720 l/h
1 m/s	0,067 m/m	25 mm (21)	1260 l/h
1 m/s	0,048 m/m	32 mm (28)	2230 l/h
1 m/s	0,035 m/m	40 mm (35,2)	3530 l/h
1 m/s	0,027 m/m	50 mm (44)	5580 l/h
1 m/s	0,020 m/m	63 mm (55,4)	8820 l/h
<b>P.E. 6 atm. Baja Densidad</b>			
1 m/s	0,066 m/m	25 (20,4) mm	1150 l/h
1 m/s	0,050 m/m	32 (26,2) mm	1945 l/h
1 m/s	0,039 m/m	40 (32,6) mm	3025 l/h
1 m/s	0,029 m/m	50 (40,8) mm	4680 l/h
1 m/s	0,021 m/m	63 (51,4) mm	5330 l/h

Fuente: PAVCO, Manual Técnico Tubosistemas

Para una velocidad de 1.2 m/s se selecciona una tubería de 32 mm (Diámetro Nominal 1 ¼ Pulgadas)

**Pérdida de carga unitaria (de la tabla anterior) = 0.072 m/m**

- **Diseño de sistema de impulsión**

Para la estimación de la bomba de impulsión se tienen los siguientes datos:

- Caudal = 0.57 L/s
- Longitud de la impulsión = 200 m

- Pérdida de carga total =  $0.072 \text{ m/m} \times 200 \text{ m} = 14,4 \text{ m}$ .
- Altura estática =  $20.75 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{Altura de impulsión total} &= \text{Altura estática} + \text{Altura dinámica} \\ &= 20.75 \text{ m} + 14.4 \text{ m} \\ &= \mathbf{35.15 \text{ m}} \end{aligned}$$

$$\text{Potencia de la Bomba} = (\text{Caudal} \times H_{\text{total}}) / (76 \times \text{eficiencia} \%)$$

$$\text{Potencia de la Bomba} = (0.57 \text{ L/s} \times 35.15 \text{ m}) / (76 \times 0.65)$$

$$\text{Potencia de la Bomba} = 0.40 \text{ HP.}$$

**Se selecciona una bomba de 0.5 HP (min.)**

#### 4.1.6.2 Escenario 2 – Caso Quebrada Oriente

- Diferencia de altura =  $8.5 \text{ m}$
- Longitud de impulsión =  $184 \text{ m}$
- **Diseño de tubería**
  - Caudal =  $0.57 \text{ L/s}$

Se asume una velocidad media adecuada para un sistema de impulsión de  $1.2 \text{ m/s}$

Por ecuación de continuidad:

$$Q = V \times A$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$V = \text{Velocidad del flujo} \text{ (m/s)}$$

$$A = \text{Area del conducto} \text{ (m}^2\text{)}$$

De esta manera:

$$A = Q / V$$

$$A = 0.00057 \text{ m}^3/\text{s} / 1.2 \text{ m/s}$$

$$A = 4.75 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Según tablas de tuberías HDPE

TABLA RÁPIDA DE CONSULTA DE PÉRDIDAS DE CARGA			
V m/seg.	J m/m	Ø Nominal	Q= l/s
<b>P.E. 10 atm. Alta Densidad</b>			
1,2 m/s	0,099 m/m	25 mm (20,4)	0,40 l/s
1,2 m/s	0,072 m/m	32 mm (26,2)	0,66 l/s
1,2 m/s	0,058 m/m	40 mm (32,6)	1,05 l/s
1,2 m/s	0,042 m/m	50 mm (40,8)	1,60 l/s
1,2 m/s	0,032 m/m	63 mm (51,4)	2,75 l/s
1,2 m/s	0,025 m/m	75 mm (61,4)	3,6 l/s
1,2 m/s	0,020 m/m	90 mm (73,6)	5,25 l/s
1,2 m/s	0,016 m/m	110 mm (90,0)	8 l/s
1,2 m/s	0,014 m/m	125 mm (102,2)	10,2 l/s
1,2 m/s	0,012 m/m	140 mm (114,6)	12,6 l/s
<b>P.E. 6 atm. Alta Densidad</b>			
V m/s	J m/m	Ø Nominal	Q= l/h
1 m/s	0,09 m/m	18-20 mm (16)	720 l/h
1 m/s	0,067 m/m	25 mm (21)	1260 l/h
1 m/s	0,048 m/m	32 mm (28)	2230 l/h
1 m/s	0,035 m/m	40 mm (35,2)	3530 l/h
1 m/s	0,027 m/m	50 mm (44)	5580 l/h
1 m/s	0,020 m/m	63 mm (55,4)	8820 l/h
<b>P.E. 6 atm. Baja Densidad</b>			
1 m/s	0,066 m/m	25 (20,4) mm	1150 l/h
1 m/s	0,050 m/m	32 (26,2) mm	1945 l/h
1 m/s	0,039 m/m	40 (32,6) mm	3025 l/h
1 m/s	0,029 m/m	50 (40,8) mm	4680 l/h
1 m/s	0,021 m/m	63 (51,4) mm	5330 l/h

Fuente: PAVCO, Manual Técnico Tubosistemas

Para una velocidad de 1.2 m/s se selecciona una tubería de 32 mm (Diámetro Nominal 1 ¼ Pulgadas)

**Pérdida de carga unitaria (de la tabla anterior) = 0.072 m/m**

- **Diseño de sistema de impulsión**

Para la estimación de la bomba de impulsión se tienen los siguientes datos:

- Caudal = 0.57 L/s

- Longitud de la impulsión = 184 m
- Pérdida de carga total =  $0.072 \text{ m/m} * 184 \text{ m} = 13,25 \text{ m}$ .
- Altura estática = 8.5 m

$$\begin{aligned} \text{Altura de impulsión total} &= \text{Altura estática} + \text{Altura dinámica} \\ &= 13.25 \text{ m} + 8.5 \text{ m} \\ &= \mathbf{21.75\text{m}} \end{aligned}$$

$$\text{Potencia de la Bomba} = (\text{Caudal} \times H_{\text{total}}) / (76 * \text{eficiencia} \%)$$

$$\text{Potencia de la Bomba} = (0.57 \text{ L/s} \times 21.75 \text{ m}) / (76 * 0.65)$$

$$\text{Potencia de la Bomba} = 0.25 \text{ HP.}$$

**Se selecciona una bomba de 0.5 HP (min.)**

- **Conclusión**

El sistema de captación requiere de una tubería de HDPE de diámetro nominal de 32 mm en una longitud máxima de 200 m y una bomba con una potencia mínima de 0.5 HP.

## 4.2 AGUAS SUBTERRANEAS

Para el desarrollo del Proyecto " Línea de transmisión Tesalia - Alférez 230 kV y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 – 2009", así como para las consideraciones bajo las cuales se elaboró el presente Estudio de Impacto Ambiental, no se utilizarán fuentes subterráneas para el abastecimiento de la demanda de agua en las diferentes etapas y/o actividades del proyecto, razón por la cual, no se requiere adelantar permiso de exploración y explotación de aguas subterráneas, ni la concesión a la que ello deriva.

## 4.3 VERTIMIENTOS

El Proyecto contempla la generación de residuos líquidos de tipo domésticos, los cuales tendrán su origen en las actividades inherentes a la construcción de las torres de las líneas de transmisión y la operación de los campamentos provisionales. Para ello, el Proyecto, considera la necesidad de realizar la gestión ambiental durante la fase de construcción, de las aguas residuales domésticas a generarse, mediante el uso de los servicios de empresas externas especializadas en el almacenamiento temporal, manejo,

transporte, tratamiento y disposición final, que cuenten con las autorizaciones y permisos ambientales vigentes para dicha actividad.

En otros casos se solicitará el permiso de disposición de aguas residuales domésticas en suelo, al interior de las áreas sugeridas para la adecuación de campamentos provisionales mayores.

Durante la fase de construcción se tienen considerados solamente un tipo de aguas de vertido y que corresponden a las aguas residuales de tipo doméstico.

#### 4.3.1 Aguas residuales en la etapa de construcción

Se entiende por aguas residuales domésticas, ARD, los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, que contienen alto material orgánico, y generalmente es proveniente de arrastre inodoros y aguas grises.

Para la etapa de construcción las aguas residuales de origen doméstico corresponden a las generadas por el uso de sanitarios, lavamanos, duchas, área de cocina y casino, de los campamentos provisionales mayores y volantes.

##### 4.3.1.1 Caudal efluente en campamentos provisionales mayores

$$q_{medio} = 80 \text{ personas} \times 150 \text{ litros/habitante-día} / 86400 \text{ s/día} * \text{Factor de Retorno}$$

$$\text{Factor de retorno} = 0.80 \text{ (Norma RAS-2000)}$$

$$q_{medio} = 0.111 \text{ L/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen generado en un día de labores} &= 0.111 \text{ L/s} * 86400 \text{ s/día} \\ &= 9600 \text{ L} \\ &= 9,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

##### 4.3.1.2 Caudal efluente en campamentos provisionales volantes

$$q_{medio} = 40 \text{ personas} \times 150 \text{ litros/habitante-día} / 86400 \text{ s/día} * \text{Factor de Retorno}$$

$$\text{Factor de retorno} = 0.80 \text{ (Norma RAS-2000)}$$

$$q_{medio} = 0.055 \text{ L/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen generado en un día de labores} &= 0.055 \text{ L/s} * 86400 \text{ s/día} \\ &= 4800 \text{ L} \end{aligned}$$

$$= 4,80 \text{ m}^3$$

Para los campamentos provisionales volantes, el agua residual será almacenada durante el día dentro de las instalaciones del campamento, para que una empresa especializada y con los debidos permisos de las autoridades ambientales, haga el retiro, transporte y tratamiento y vertido final de las aguas producidas, en la frecuencia y periodicidad que se acuerde con el Gestor Autorizado

La necesidad de Uso, Aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales para los aspectos de vertimientos, se resume en la Tabla 23.

**Tabla 23 Generación de residuos líquidos y alternativas para la gestión ambiental**

Fase del proyecto	Tipo de residuo líquido a generar	Producción aproximada (l/s)	Sistema de manejo y tratamiento de los residuos líquidos	Alternativa para la disposición final de los residuos líquidos
Construcción y Montaje de líneas de transmisión	Aguas residuales domésticas	0.02 L/s	Unidades sanitarias portátiles  Letrinas secas	Empresa especializada con permisos y autorizaciones ambientales vigentes para transporte, tratamiento y disposición
		0.111 L/s	Unidades sanitarias portátiles  Sistemas de tratamiento de agua residual.	Para los campamentos provisionales mayores se propone la implementación de un sistema de tratamiento in situ y disposición de las aguas tratadas mediante vertimiento en suelo en campo de infiltración
Operación de Campamentos Provisionales	Aguas residuales domésticas	0.055 L/s	Unidades sanitarias portátiles y tanques de almacenamiento de aguas grises	Tratamiento Empresa especializada con permisos y autorizaciones ambientales vigentes para tratamiento y disposición.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

#### 4.3.2 Descripción de los residuos líquidos generados por el Proyecto

El Proyecto generará residuos líquidos de tipo doméstico, los cuales son producto de las actividades cotidianas de las personas y que se caracterizan por tener concentraciones considerables de sustancias orgánicas. Las aguas residuales domésticas se producirán, especialmente, por el uso de unidades sanitarias instaladas en campamentos y en los frentes de trabajo que ejecutarán las actividades de construcción, montajes y pruebas, de la infraestructura que contempla el Proyecto.

Las aguas residuales domésticas, en su composición típica y generalizada, están formadas por un 98% de agua y 2% de sólidos en suspensión y sólidos disueltos de proveniencia orgánica y/o inorgánica.

Los sólidos suspendidos y disueltos de origen orgánico que se encuentran en las aguas residuales domésticas, son en su mayoría nitrogenados como lo son las proteínas, la urea y aminoácidos. De igual manera se pueden encontrar sólidos como celulosas y grasas. Entre los sólidos suspendidos y disueltos de origen inorgánico prevalecen los fosfatos, cloruros, y los compuestos carbonados.

Parte fundamental de las características de las aguas residuales doméstica son su composición bacteriológica de origen humano presente en las excretas, entre los que se encuentran coliformes totales y fecales, salmonellas y virus. La Tabla 24 presenta la composición típica de las aguas residuales de origen doméstico.

**Tabla 24 Composición típica de las aguas residuales domésticas no tratadas**

Variable	Unidades	Concentración		
		Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos disueltos totales	mg/l	850	500	250d
Sólidos suspendidos totales	mg/l	350	220	100
Sólidos sedimentables	mg/l	20	10	5
Carbono orgánico total	mg/l	290	160	80
DBO	mg/l	400	220	110
DQO	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno total	mg/l	85	40	20
Nitrógeno orgánico	mg/l	35	15	8
Amoniaco libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo total	mg/l	15	8	4
Fósforo orgánico	mg/l	5	3	1
Fósforo inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Sulfatos	mg/l	50	30	20
Alcalinidad	mg/l	200	100	50
Grasas	mg/l	150	100	50
Coliformes totales	NMP/100 ml	107 - 109	107 - 108	106 - 107

Fuente: Metcalf & Eddy (1988)

Por último, es importante mencionar que durante las fases del Proyecto mencionadas en este apartado, no se generarán aguas residuales industriales que implique el manejo, tratamiento y disposición de las mismas.

#### 4.3.3 Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas

A continuación se describen los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas a implementar durante la ejecución del Proyecto en sus diferentes fases.

#### **4.3.3.1 Fase de Pre-Construcción, Construcción, Montaje y Pruebas de la infraestructura**

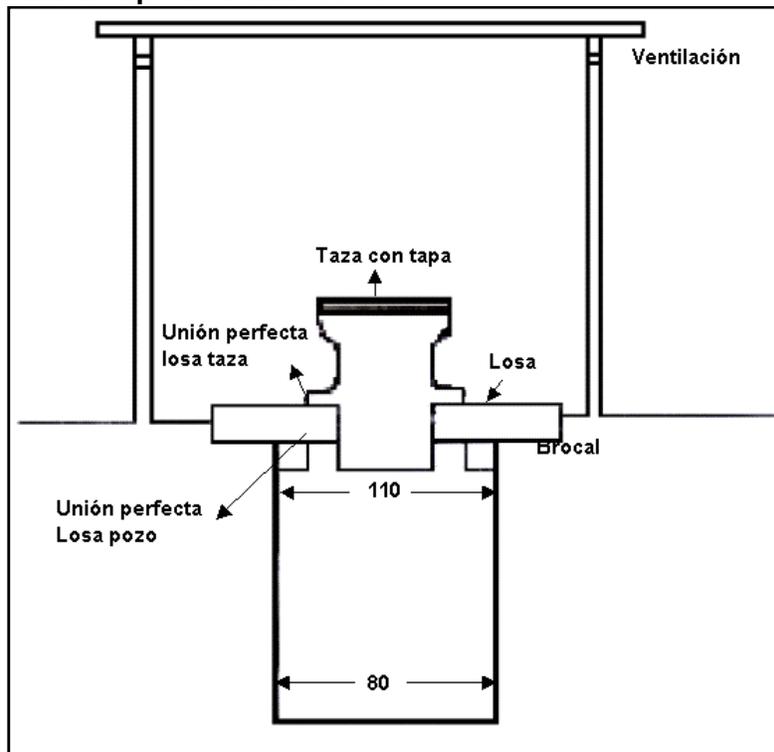
Para las aguas residuales domésticas que se generan durante las fases de Pre-Construcción (Trabajos de topografía, replanteo e instalación de obras provisionales), Construcción de las líneas de transmisión, Montaje de estructuras y equipos, y las pruebas funcionales y comerciales de la infraestructura instalada, el Proyecto tiene contemplado la utilización de unidades sanitarias portátiles instaladas en los diferentes frentes de obra que ejecutarán cada Fase.

El sistema de manejo de aguas residuales domésticas no tratadas mediante el uso de unidades sanitarias temporales, como baños portátiles, trae consigo beneficios ambientales, dado que éstos permiten el ahorro programado de agua para la evacuación de las excretas, facilitan el control sobre los residuos líquidos, prevé de facilidades sanitarias donde no hay disponibilidad de agua y alcantarillado, evitando así afectar el entorno donde se ubican y la salubridad del personal asociado al Proyecto.

De acuerdo con las condiciones topográficas del terreno se ubicaran tres tipos de unidades portátiles sanitarias: Baños, mini baños y letrinas secas

Estos residuos líquidos también podrán ser recolectados por medio de letrinas secas que permitan el almacenamiento y pre-tratamiento de las aguas, el cual se basa en la mezcla de los residuos con tierra y cal para evitar los malos olores, estabilizar el pH y preparar el residuo para la biodegradación. En la Figura 50 se presenta el esquema de la letrina sanitaria con las dimensiones aproximadas.

**Figura 50** esquema de tipo de letrina seca



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En los sitios de difícil acceso en sitios de torre y sitios de uso temporal, se implementarán unidades sanitarias portátiles pequeñas, las cuales se instalarán al interior de un cerramiento con polisombra, y su funcionamiento consiste en colocar un volumen de agua aproximado de 14 litros que trae disuelto una sustancia química biodegradable que permite los procesos de digestión de la materia orgánica y disminuye los olores. A estos equipos se les realiza mantenimiento en sitio como mínimo tres veces a la semana, utilizando un equipo manual portátil de succión con capacidad de 50 galones, trasladando los residuos líquidos a las áreas bajas de acopios de materiales o campamentos, donde el vector llegará a realizar el mantenimiento de estos recipientes, en la periodicidad definida.

Para las áreas de fácil acceso se implementarán las unidades sanitarias portátiles grandes, el sistema de operación consiste en colocar un volumen de agua aproximado de 20 litros, que trae disuelto una sustancia química biodegradable que permite los procesos de digestión de la materia orgánica y disminuye los olores. La recolección del agua residual se realiza en tanques de depósito de 60 a 80 galones, a los cuales se sugiere realizar succión y mantenimiento por lo menos dos veces por semana.

Parte fundamental de la Gestión Ambiental de las aguas residuales domésticas, es que la empresa que preste este servicio de alquiler y mantenimiento de los baños portátiles deberá contar con los permisos y/o autorizaciones que sean necesarias para el tratamiento y disposición final de estas aguas. Igualmente, con el fin de garantizar la disponibilidad de suficientes unidades sanitarias respecto a la cantidad de personal que se encuentre laborando en esta etapa, se deberá asegurar que se cuente como mínimo con un baño portátil por cada 15 trabajadores y por género.

#### 4.3.3.2 Campamentos en la fase constructiva del proyecto.

Se proponen dos tipos de campamentos, campamentos mayores y volantes

En los **campamentos provisionales volantes** para una ocupación máxima de 40 trabajadores en zonas de difícil acceso, se propone utilizar baterías portátiles que consta de unidad sanitaria, lavamanos y ducha portátil las cuales harán su descarga a unidades de almacenamiento que posteriormente se entregarán a un gestor autorizado. En estos campamentos se generarán residuos líquidos domésticos provenientes del uso de estos, calculados con un caudal de 0.063 L/s. en estas instalaciones, el número de unidades sanitarias necesarias estará dado por la proporción de uno por cada 15 trabajadores y por género; el mantenimiento de estas se realizará según la programación acordada con el proveedor y la capacidad de almacenamiento de las unidades, la cual se sugiere no sean inferior a dos veces a la semana. El Gestor de Residuos Líquidos deberá contar con los permisos y autorizaciones ambientales vigentes para tratamiento y disposición final para vertimiento

Para los **campamentos provisionales mayores** se generarán aguas residuales domésticas, las cuales serán tratadas mediante un sistema séptico integrado, compuesto por un tanque séptico y un filtro anaerobio de flujo ascendente – FAFA, y/o la utilización de una planta compacta de tratamiento de agua con procesos unitarios integrados (PTAR).

Realizado el tratamiento primario y secundario de las aguas residuales domésticas, ya sea por medio de un FAFA o de una PTAR, se prevé el vertimiento directo de las aguas tratadas sobre el suelo, utilizando un campo de infiltración como alternativa de disposición final del efluente, el cual se ubicará en área aledaña al sitio del campamento mayor.

Por lo anterior se hace necesario la presentación del plan de gestión del riesgo asociado al manejo, tratamiento de las aguas residuales domésticas y su disposición en el cuerpo receptor (suelo), según lo establecido en el Artículo 42 Numeral 20 del Decreto 3930 de 2010, en el cual se establecen los requisitos para obtener el permiso de vertimiento. El Plan de Gestión de Riesgos por Vertimientos presentado en este EIA, se desarrolló con el objetivo de contextualizar los lineamientos generales sobre los cuales se deben elaborar los Planes de Gestión específicos para cada sitio de vertimiento autorizado, que se materialice en los campamentos provisionales mayores, los cuales serán elaborados por la Empresa, como parte del cumplimiento ambiental y gestión del residuo, y entregados a la Autoridad Ambiental en el primer informe de cumplimiento ambiental – ICA

#### **4.3.3.3 Sistema de tratamiento de aguas residuales.**

Se entiende por aguas residuales domésticas-ARD, los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, que contienen alto material orgánico, y generalmente es proveniente de arrastre inodoros y aguas grises.

Debido a la magnitud de caudales a tratar, se proyecta un tratamiento primario en tanques sépticos, seguido de un tratamiento secundario mediante un filtro anaerobio de flujo ascendente FAFA, de medio piedra (canto rodado). Además, se proyecta para su disposición final un campo de infiltración.

El sistema de tratamiento consta de las siguientes etapas:

- **Pre-tratamiento**

Las aguas grises provenientes de las duchas, lavamanos, casino y lavandería serán conducidas a través de redes de tubería sanitaria hasta la unidad de pre-tratamiento, la cual consiste en una trampa de grasas, metálica, en concreto o de polietileno con capacidad de 105, 250, 500 litros o más, con entrada y salida de 2", 3" omás y con accesorios dispuestos de tal forma que las grasas del lavaplatos se queden retenidas en la superficie por ser más livianas que el agua, evitando que pasen a la unidad de tratamiento primario. Esto se hace con el fin de proteger las tuberías sanitarias y evitar la pronta colmatación de proceso de floculación y sedimentación a realizar, y por ende, la disminución de la eficiencia de remoción de contaminantes.

Parte importante del pre tratamiento consiste en garantizar el tiempo de permanencia en este tanque para que las aguas provenientes del casino, lavado de alimentos y utensilios de cocina, logren la separación de las fases líquidas y sólidas.

En caso que dentro del campamento provisional mayor se encuentren baños existentes y acondicionados en las viviendas con un potencial de uso, se generarán aguas negras. Para este caso específico se debe garantizar la implementación del sistema de conducción de dichas aguas, mediante la conexión de tubería sanitaria a un punto de recolección del sistema, conocido como caja de inspección inicial o de Igualación/Homogenización, la cual cumple la función de almacenar el agua residual, homogenizarla sus características, previamente a la entrega del tratamiento primario. Es importante mencionar que en la cámara de inspección igualación/homogenización se instalará una bomba electro-sumergible que permita el bombeo y transferencia al sistema de tratamiento posterior a implementar.

Es importante mencionar que en la cámara de inspección inicial se instalará una bomba electro-sumergible que permita el bombeo y transferencia al sistema de tratamiento a implementar

- **Tratamiento primario y secundario**

Los sistemas de tratamiento primario y secundario se realizarán mediante el empleo de los pozos séptico con filtro anaerobio de flujo ascendente – FAFA, o mediante la implementación de una planta de tratamiento compacta con operaciones unitarias integradas.

- **Componentes del sistema séptico integrado**

A continuación se relaciona y describen los componentes del sistema séptico integrado:

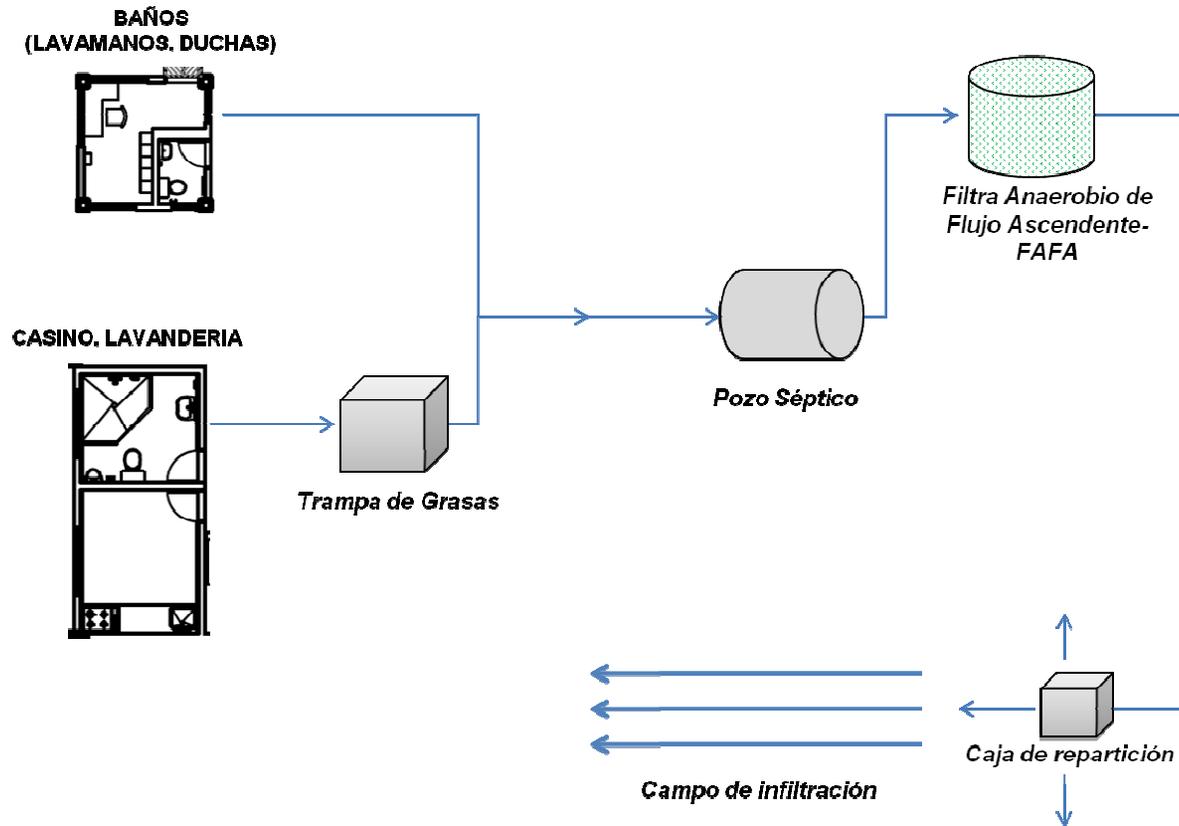
Los sistemas Sépticos Imhoff Cónico-Esféricos, son fabricados por una empresa llamada ROTOPLAST que ha introducido en el mercado diferentes alternativas de tratamiento de aguas residuales domésticas, entre los cuales se encuentran los sistemas sépticos cónicos, sistemas cónicos – esféricos tipo Imhoff y sistemas sépticos cilíndricos integrados. Dichos sistemas son elaborados con Polietileno Lineal 100% virgen cumpliendo con la eficiencia exigida por el decreto 1594 de la Legislación Colombiana.

Estos sistemas sépticos Cónico - Esféricos pueden ser completamente enterrados dejando a la vista únicamente la tapa de inspección. Su ensamble sin tornillos facilita enormemente su instalación.

El sistema séptico integrado viene acompañado de tanques de diferentes tamaños y capacidad de almacenamiento, para lograr las fases de pre-tratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario.

El diagrama de flujo del sistema se describe en la Figura 51.

Figura 51 Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en Campamentos Mayores



## Tanque séptico

Es un recipiente donde se depositan las aguas residuales por un período de 24 horas. En él se efectúan procesos físicos - químicos y biológicos que transforman la materia orgánica mediante procesos anaerobios en gases, sólidos y líquidos. La separación de estos tres estados ocurre dentro del tanque por procesos de sedimentación y flotación, formando tres fases bien definidas: una capa de lodos, la cual se encuentra retenida en el fondo; la capa flotante de natas ubicada en la superficie; y la capa de líquido intermedia que será la que fluirá hacia el FAFA paulatinamente, en la medida que en el tanque entra agua residual doméstica para su tratamiento.

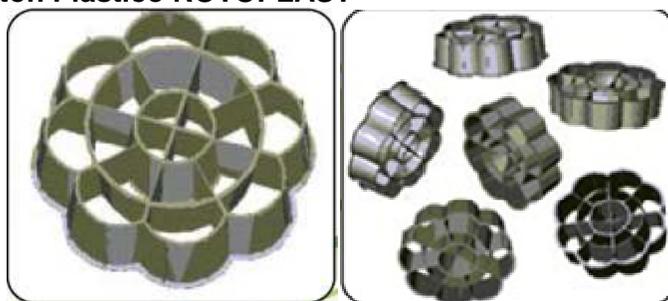
El Tanque Séptico Imhoff incluye un deflector a la entrada con el fin de direccionar el afluente evitando que se agiten los lodos que están en el fondo zonas muertas en el tanque séptico.

El tanque séptico es apropiado para pequeñas poblaciones y funciona prácticamente libre de mantenimiento, ya que el retiro de lodos en estos sistemas se puede programar para períodos superiores a un año.

## Filtro Anaerobio de flujo ascendente - FAFA

El último compartimiento del sistema séptico es el FAFA, el cual lleva el material filtrante plástico (Rosetón de 90 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup>) suministrado por ROTOPLAST que cuenta con mayores ventajas, para usarlo como lecho filtrante. El agua residual que sale del tanque séptico entra al filtro por el fondo y sube a través del lecho filtrante, el cual se cubre con un manto biológico que degrada la materia orgánica dejando el agua en condiciones de poderse utilizar para riego, infiltrar en el terreno teniendo en cuenta las condiciones de éste o verterla en algunas fuentes de agua. A continuación en la Figura 52 se muestra el material a utilizar dentro del sistema FAFA para obtener una mayor eficiencia, con sus respectivas características.

**Figura 52 El Rosetón Plástico ROTOPLAST**



Fuente: Ficha técnica IMHOFF, Rotoplast-2013

### **Características de los rosetones ROTOPLAST:**

- Diámetro externo del elemento: 187 mm
- Altura 50 mm
- Peso unitario: 105 gr
- Peso por m<sup>3</sup>: 50 kg
- Área superficial por cada elemento: 0.165 m<sup>2</sup>
- Relación de vacíos: >95% (el doble que la grava)

### **Ventajas comparativas:**

- Bajo peso
- Facilidad en transporte, aún a sitios alejados
- Reducción de mano de obra en el montaje
- Gran durabilidad
- Bajo costo
- El polipropileno no es tóxico para los microorganismos.
- Facilidad de manipulación
- Área superficial relativa (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>): 70 – 100 (el doble que la grava)

### **Material**

El principal material de fabricación para el sistema séptico integrado es el Polietileno lineal con densidad de 0.94 g/cm<sup>3</sup>. Las aplicaciones típicas de dicho Polietileno son para la fabricación de recipientes de gran capacidad, con aditivos especiales para soportar las condiciones de procesamiento, prolongar la vida útil a la intemperie y con alta resistencia al impacto. Este material no es Biodegradable, no se corroe, es reciclable, y tampoco es susceptible por hongos ni bacterias.

### **Diseño**

Su avanzado diseño permite una alta resistencia al impacto, sus venas de refuerzo evitan deformaciones. Y tiene una flexibilidad necesaria para que no se fisure y se acomoden ante los movimientos expansivos de la tierra.

$$V = N * D * 2 \text{ (Para lecho filtrante con rosetón plástico Rotoplast)}$$

Dónde:

*V: Volumen total del sistema séptico*

*N: Número de personas*

*D: Dotación (150 l/hab/día para instalaciones de complejidad baja (RAS 2000))*

Tiempos de retención: 24 horas el tanque séptico y 8 horas el filtro anaerobio

De esta manera la capacidad de los sistemas sépticos integrados se modela de la siguiente manera:

**Tabla 25 Capacidad del sistema séptico integrado.**

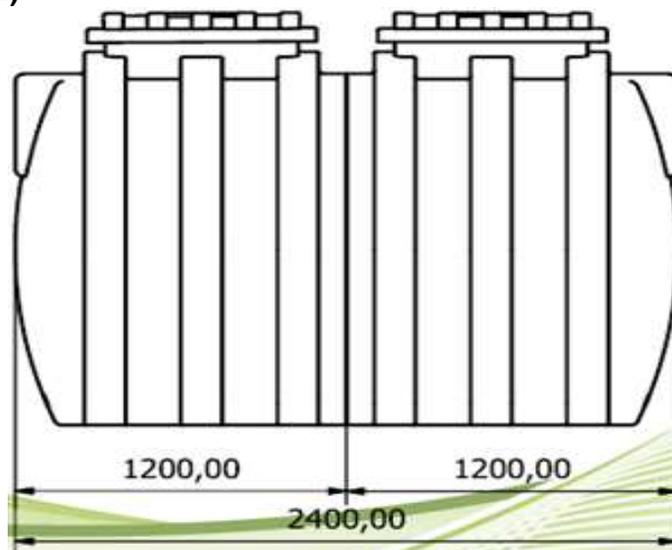
VOLUMEN TOTAL (LITROS)	TANQUE SÉPTICO VOLUMEN(LITROS)	FILTRO ANAEROBIO	
		Vol (lt)	Nº de Rosetones
1650	1100	550	200
2000	1300	700	230
3000	2000	1000	370
5000	2500	2500	935
7500	5000	2500	935
10000	7500	2500	935
12500	7500	5000	1870
15000	10000	5000	1870
17500	12500	7500	2800
20000	15000	5000	1870
25000	15000	10000	3740
30000	20000	10000	3740
35000	25000	10000	3740
40000	25000	15000	5600
45000	30000	15000	5600
50000	35000	15000	5600

Fuente: Ficha técnica IMHOFF, Rotoplast-2013

### Medidas

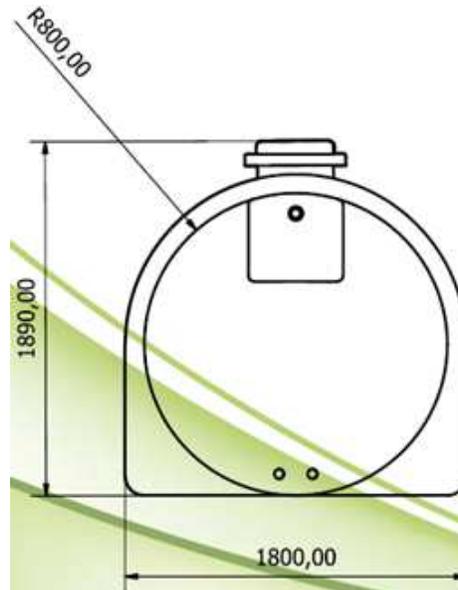
A continuación, en la Figura 53 y Figura 54 se presentan las medidas de diseño de cada uno de los componentes del sistema, teniendo en cuenta que el número de personas potencial que requieren de la utilización del mismo es de 17 personas.

**Figura 53 Medidas y dimensiones del sistema séptico Cilíndrico Horizontal de 5000lt (vista longitudinal).**



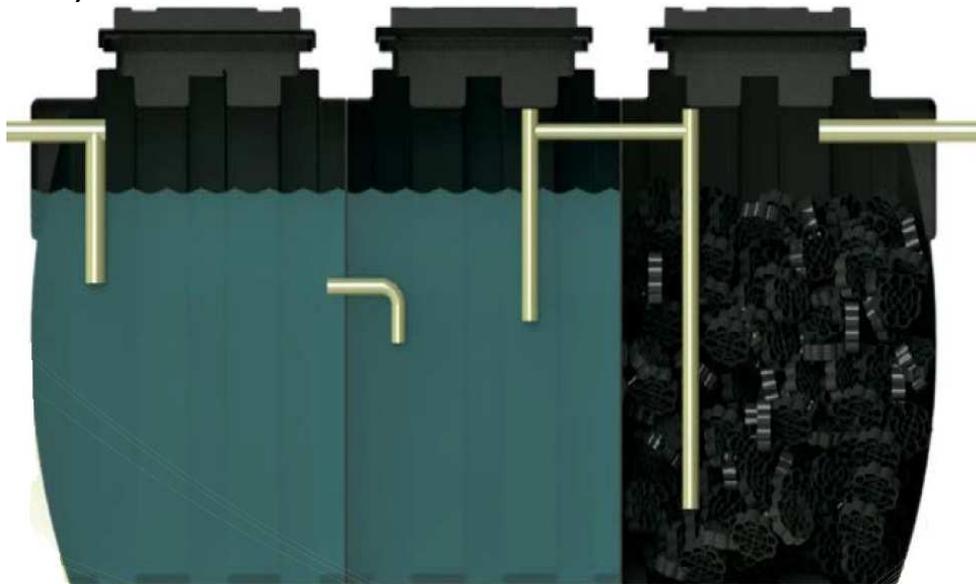
Fuente: Ficha técnica IMHOFF, Rotoplast-2013

**Figura 54** Medidas y dimensiones del sistema séptico Cilíndrico Horizontal de 5000lt (Corte transversal).



Fuente: Ficha técnica IMHOFF, Rotoplast-2013

**Figura 55** Esquema sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (Corte longitudinal)



Fuente: Ficha técnica IMHOFF, Rotoplast-2013

## Ensamble e instalación

Los Sistemas Sépticos Integrados ROTOPLAST están diseñados para ser instalados, semienterrados dejando sólo por fuera del hueco la parte del tanque que queda sin agua (30 cm por debajo de la parte superior) y con la tapa a la vista o con fácil acceso para su inspección y mantenimiento. Su instalación deberá hacerse siguiendo los siguientes pasos:

- Se debe instalar en sitios por donde no transiten vehículos, animales ni personas y las condiciones del suelo deben ser estables.
- Una vez elegido el sitio, se debe hacer la excavación de sección trapezoidal de un tamaño tal que permita una separación entre el tanque y las paredes del hueco de por lo menos 20 cm. La profundidad del hueco debe permitir que el tanque quede enterrado entre el 40 y el 80 % de su altura total, para disminuir el riesgo de que el agua freática pueda levantarlo o deformarlo.
- El fondo de la excavación debe quedar bien nivelado y libre de piedras que puedan dañar el tanque. Para ello puede utilizarse una capa de arena de 5 cm o más.
- Una persona parada en la excavación deberá llenar los espacios para que no queden espacios vacíos debajo del tanque.
- Conectar la tubería de PVC a los accesorios del tanque. Si quedan goteos, se debe llenar con silicona.
- Empezar a llenar el tanque séptico y el filtro anaerobio y a medida que se va llenando el tanque, se va llenando la excavación, hasta que el tanque quede totalmente instalado.
- Agregar agua al tanque séptico y al filtro anaerobio y a medida que se va llenando el tanque, se va llenando la excavación, hasta que el tanque quede totalmente instalado.
- En terrenos con nivel freático alto, pueden requerirse anclajes y la instalación debe hacerse manteniendo al mínimo los niveles de agua en la excavación. Debe garantizarse que el nivel freático en ningún momento estará por encima del nivel de agua dentro del tanque.
- En terrenos con suelos inestables se debe preparar el terreno de acuerdo a los criterios de un ingeniero calculista.

**Nota Importante:** El tubo de salida de agua no debe quedar en ningún momento de funcionamiento o de mantenimiento por debajo del nivel freático, pues esto puede hacer flotar el tanque o deformarlo, además el agua freática se devuelve por el tubo de salida y diluye el agua del sistema séptico bajando su eficiencia.

Cuando el sistema empieza a funcionar no cuenta con bacterias suficientes para empezar la descomposición de la materia orgánica inmediatamente y por eso el sistema produce olores en su fase inicial que puede durar 2 o 3 meses. Para acelerar el proceso de crecimiento bacteriano se recomienda adicionar al tanque séptico lodo de otro tanque séptico que esté en funcionamiento o conseguir 2 o 3 baldes de estiércol fresco de vaca o caballo, disolverlos en agua y depositarlos en el tanque séptico pasándolo por un colador o cedazo para retirar los sólidos gruesos.

### **Planta compacta y modulares integradas con operaciones unitarias**

Los sistemas idóneos para tratar aguas residuales domésticas consisten en sistemas de depuración biológica de alto rendimiento. Estos sistemas ofrecen elevada capacidad de depuración en un mínimo espacio, además de contar con una gran flexibilidad para su transporte y armado in situ; estas plantas compactas y modulares integran procesos unitarios simples pero robustos, además de permitir variaciones en la carga contaminante, especialmente de aquellas que provienen de los momentos puntuales de mayor generación de caudal o actividades específicas diarias.

Dentro de las ventajas que tienen estas plantas compactas de procesos unitarios se encuentran que éstas pueden ser acompañadas sistemas de reutilización de agua. Sencillos equipos de filtración y desinfección que producen un agua regenerada apta para su uso en riego y humectación de vías, para la agricultura, entre otras, consiguiendo así dar un uso con mayor eficiencia posible al agua. El funcionamiento del sistema sanitario completo, donde se incluye la planta compacta, requiere de instalaciones de pre-tratamiento, recolección y conducción a la planta de tratamiento. Se describe a continuación la operatividad de éste sistema.

En el primer compartimiento realizará el proceso de biodegradación de la materia orgánica por medio de la activación de enzimas catalizadoras (bacterias facultativas) y aireación extendida, en el segundo compartimiento, por medio de productos químicos como sulfato de aluminio y polímeros, se realizará el proceso de separación de los coloides indeseables (clarificación) y, por último, pasa al compartimiento de cloración donde el líquido de mezcla con cloro o pasar a través de un sistema ultravioleta dependiendo del tipo de desinfección del equipo; de aquí el efluente puede ser dispuesto en el campo de infiltración adecuado, dando cumplimiento a los parámetros de vertimientos establecidos en el Decreto 1594 de 1984.

### **Figura 56 Tipos de sistemas compactos de tratamientos de aguas residuales**



Tipo REDFOX



Tipo AZUD Watertech

Las características tipo del diseño de la planta de tratamiento de lodos activados son:

- Tiempo de retención hidráulica: 18 – 24 horas
- Modo de operación: Mezcla completa
- Tipo de aireación: Aire comprimido o aireación mecánica
- Tiempo de retención de sólidos: 20 –40 días
- Concentración de sólidos suspendidos de licor mezclador SSML: 3-000 – 5-000 mg/l.

### ***Caja de distribución***

A la salida del sistema séptico integrado (específicamente del FAFA), o de la PTAR, el agua será conducida mediante tubería sanitaria de 4" hacia una caja de distribución fabricada con Polietileno Lineal, el cual está basado en un tanque con varias aberturas para el acople del sistema de disposición final de las aguas residuales tratadas. Desde este complemento, se realizará el acople de la tubería sanitaria perforada que hará parte del campo de infiltración..

### ***Campos de infiltración***

Es un sistema de disposición final de aguas residuales previamente tratadas mediante infiltración directa sobre terreno con una tasa rápida de absorción del suelo. La descarga se realiza de forma intermitente, para permitir la evaporación de un porcentaje del agua dispuesta y la no saturación del lecho receptor.

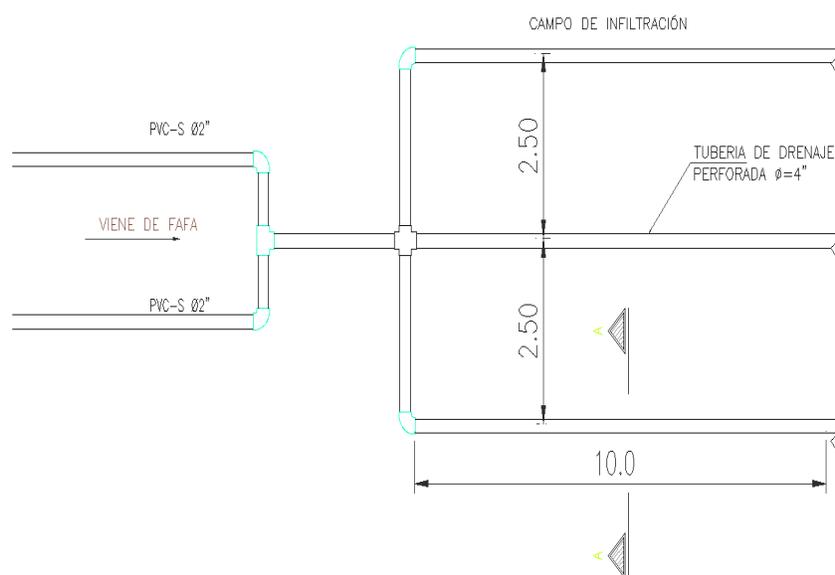
El campo de infiltración consiste en la preparación del terreno a través de la apertura de tres(3) zanjas paralelas en una longitud de 10 m, en las cuales se depositará una capa de gravilla con diámetros homogéneos y que no sobrepasen los 6 cm de diámetro, sobre la cual se instalará la tubería perforada para la irrigación del agua tratada. Finalmente, se

recubre la tubería con una capa final de gravilla y se completa el relleno de la zanja con el material de excavación.

Para un volumen de 1000 litros de agua residual producida al día, se requerirá de una longitud de 30 m, para zanjas de infiltración con ancho de 0.50 m, como se ilustra en la Figura 57, y Figura 58 se presentan el detalle del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto, para el manejo de las aguas residuales domésticas en los campamentos mayores para la fase de Construcción.

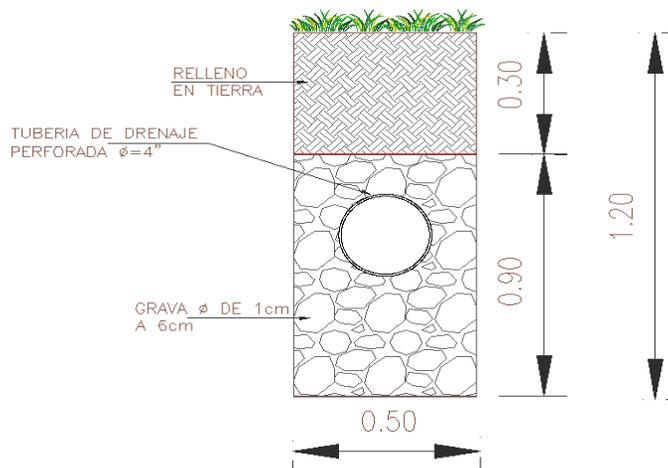
Para la definición de la capacidad de percolación del terreno donde se instalará el sistema de disposición final de las aguas residuales tratadas generadas en los campamentos, las pruebas de infiltración serán realizadas por el contratista de obra seleccionado.

**Figura 57 Esquema sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (Esquema salida y campo de infiltración)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 58 Corte transversal y detalle campo de infiltración.**



DETALLE CAMPO DE INFILTRACION

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

## Mantenimiento

### *Trampa de grasas*

Debe ser revisada regularmente para prevenir el paso de grasas al tanque séptico

- La frecuencia de limpieza se determina por la experiencia basada en la observación. Pero se recomienda la limpieza cada uno a tres meses.
- Se extrae primero la grasa que está en la superficie con un recipiente apropiado y luego se extraen los residuos que quedan en el fondo.
- Tanto las grasas como los residuos del fondo, se vacían en un hueco al cual se le ha rociado cal en las paredes y el fondo. Se debe adicionar cal a la grasa y a los residuos y se deja escurrir el líquido.
- Finalmente se cubre el hueco con la tierra extraída del mismo.

### *Tanque séptico*

Es necesario inspeccionarlo por lo menos cada seis meses para determinar cuándo hay que darle su respectivo mantenimiento:

- **Inspección:** El grosor de la nata se mide con una vara que se introduce en la capa de nata. Si tiene más de 15cm de espesor, se debe extraer aproximadamente el 70%, dejando.
- Una parte que es rica en bacterias para que continúe su proceso de descomposición de la materia orgánica.
- El lodo se mide con una vara larga con una toalla clara amarrada en la punta de abajo. Se sumerge la vara y se deja 3 o 4 minutos tocando el fondo; Al sacar la vara aparece marcado un poco más oscuro el nivel del lodo en la toalla. Si el nivel de lodo tiene más de 25cm, se debe extraer aproximadamente el 70% con una pala o un recipiente en forma de cucharón. Este proceso debe hacerse lentamente para sacar los lodos sin necesidad de vaciar el tanque.

**Nota:** No es necesario vaciar el tanque, pues en caso de haber un nivel freático alto o de lluvia cuando el tanque esté vacío, puede flotar o se puede deformar o dañar.

#### ***Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente-FAFA***

- Su inspección consiste en mirar el nivel del tanque séptico, pues cuando los espacios entre el material plástico se empiezan a taponar, el agua se represa en el tanque séptico.
- Si el nivel de agua del tanque séptico está por lo menos 10 a 15 cm más alto que el nivel normal, entonces el filtro se está taponando y requiere mantenimiento.
- El mantenimiento consiste en quitar el tapón registro que se encuentra encima del tubo que lleva el agua del tanque séptico hasta el fondo del FAFA; luego se extrae toda el agua del filtro con una moto bomba o sifoneando si el nivel del terreno lo permite.
- Luego se llena el filtro con agua que contenga aproximadamente un kilogramo de cal y se deja reposar por 8 a 12 horas. Después se extrae el agua con cal y se llena nuevamente con agua limpia.
- Los lodos y las natas mezclados con cal, se deben depositar en un hueco previamente rociado con cal. Cuando se drene el agua, se tapan con tierra. Los lodos y natas pueden servir de abono si se dejan reposar durante 30 días.

- **Áreas seleccionadas para vertimiento**

Las áreas propuestas para realizar el vertimiento en suelo, mediante la utilización de un campo de infiltración, se describen y relacionan en la Tabla 26.

**Tabla 26 Descripción de los sitios y localización de los campamentos para la construcción del proyecto**

Dept	Municipio	Vereda	Área (ha)	No.	ID	Tipo Campamento	Coordenada este	Coordenada Norte
Huila	Teruel	Primavera	0,37	C1	InA7	Mayor	832889	797490
Tolima	Planadas	Siquila	1,00	C2	InA17	Mayor	810726	851460
			0,36	C3	InA2	Mayor	804154	854278
	Rioblanco	Las Mercedes	3,28	C4	InA18	Mayor	804234	854313
			1,81	C5	InA14	Mayor	787520	857941
			0,02	C6	InA11	Mayor	778629	867490
Valle del cauca	Pradera	Bolo Azul	1,50	C7	InA45	Mayor	777325	868334
			2,00	C8	InA46	Mayor	778076	869325
			1,50	C9	InA47	Mayor	776984	870648
			1,50	C10	InA48	Mayor	775876	871922
			0,50	C13	InA52	Mayor	776908	870741
			0,14	C14	InA53	Mayor	778630	867573
			0,50	C15	InA51	Mayor	776944	870719
			0,36	C16	InA55	Mayor	832889	797490

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

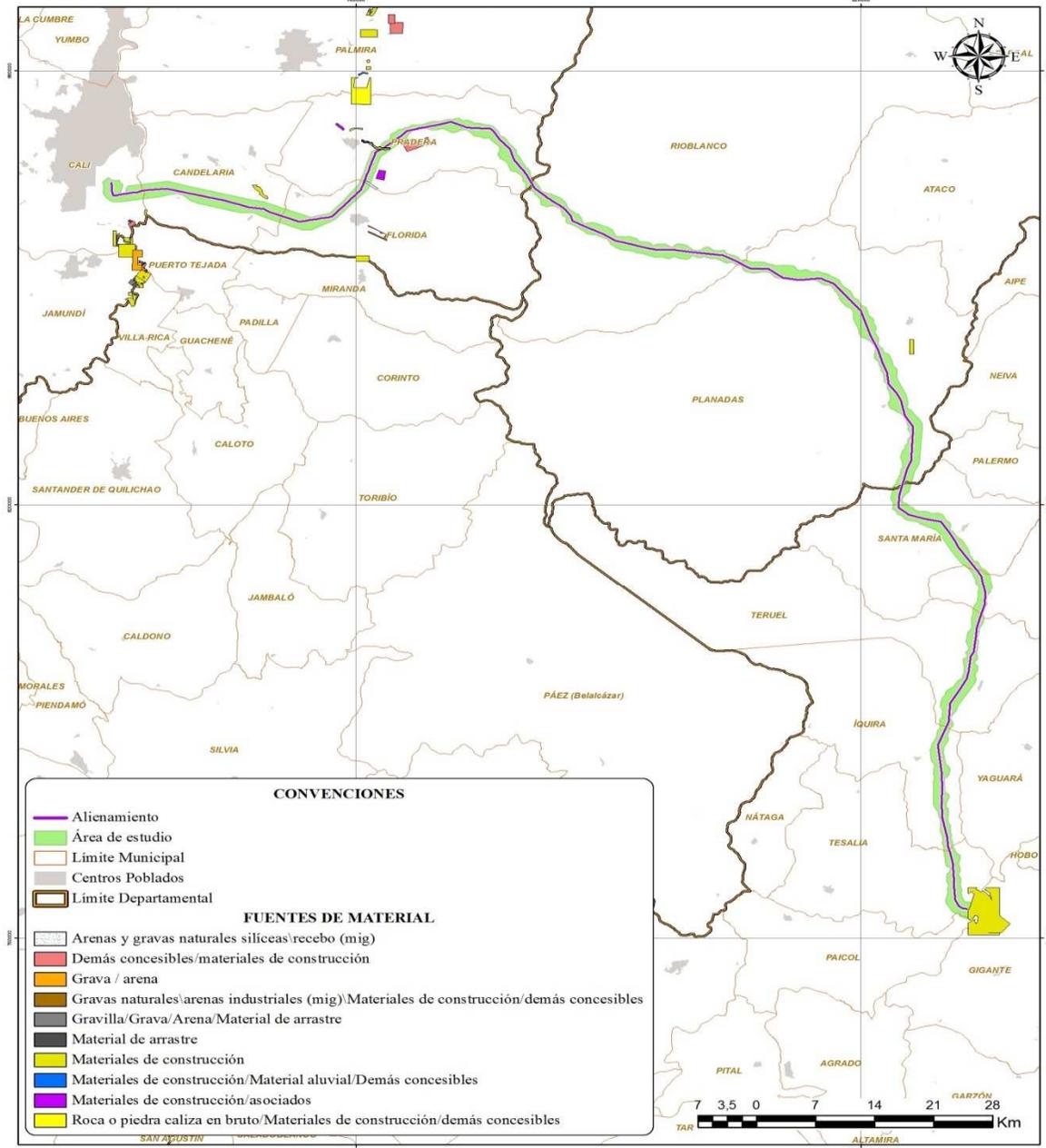
#### 4.4 OCUPACIÓN DE CAUCES

En el desarrollo de las actividades del proyecto " Línea de transmisión Tesalia - Alférez 230 kV y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 – 2009", no se solicita permiso para la ocupación de cauces, dado que el Proyecto no lo demanda.

#### 4.5 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales de construcción requeridos por el proyecto se obtendrán de fuentes de materiales con título minero y licencia ambiental, aprobada y vigente, por parte de las autoridades competentes. La Figura 59 muestra la ubicación de fuentes de materiales identificadas, que cuentan con títulos mineros vigentes y se encuentran cercanas al proyecto y la Tabla 27.

**Figura 59 Fuentes de materiales de construcción, con títulos mineros vigentes**



Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2011

En cuanto al estado de la licencia ambiental, Consultoría Colombiana S.A. mediante oficio 01-4832-2013 de agosto 14 de 2013 (ver Anexo D1-01 Fuentes de Materiales), realizó consulta a la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, CAM, de las fuentes de materiales autorizadas por la Corporación, pero no se obtuvo respuesta.



**Tabla 27 Fuentes de materiales cercanas al proyecto**

Expediente	Fecha inscripción	Registro Minero	Tipo de Título	Fecha inscripción	Duración (años)	Mineral	Titular	Área (m)	Municipio
<b>IK2-08511</b>	07/10/2010	IK2-08511	Contrato concesión vigente (L685)	2010-10-07	29	Arenas y gravas naturales silíceas/recebo (mig)	(9000874144) Riopaila Castilla S.A.	461.429,00	Florida, Pradera
<b>HIC-11241</b>	08/06/2007	HIC-11241	Contrato Concesión vigente (L685)	2007-02-02	27	Demás concesibles/materiales de construcción	(79363950) Henry Vargas (14448146) Antonio Josémarín Rivera (3057050) Lozano Albán Roque Aníbal (10559563) Henry Olmos Ramírez (16823183) Jaime Olmos Ramírez (16839272) Dubernelysánchez Bolaños (6097033) Amilcar Romero (12255748) Martin Emilio G.	456.399,00	Cali, Puerto Tejada
<b>EKA-151</b>	27/06/2007	EKA-151	Contrato concesión vigente (L685)	2004-08-06	29	Demás concesibles/materiales de construcción	(29655726) Beatriz Uribe De Prado	1.000.410,00	Palmira
<b>GFA-091</b>	17/05/2007	GFA-091	Contrato Concesión vigente (L685)	2006-02-08	29	Demás concesibles/materiales de construcción	(38969009) María Victoria Mejía De Ortiz	60.284,90	Palmira
<b>HHO-14331</b>	18/02/2008	HHO-14331	Contrato Concesión vigente (L685)	2007-01-18	29	Demás concesibles/materiales de construcción	(16284404) Armando Reyes Buritica (16275629) Carlos Irne Reyes Buritica	2.176.920,00	Palmira
<b>IGR-14101X</b>	25/11/2009	IGR-14101X	Contrato Concesión vigente (L685)	2009-11-04	29	Demás concesibles/materiales de construcción	(16273284) Fernando Reyes Buritica (16273365) Rodrigo Reyes Buritica (31161921) Julieta Reyes Buritica	3.428.460,00	Pradera
<b>HKF-09461</b>	12/03/2009	HKF-09461	Contrato concesión vigente (D2655)	2009-03-12	27	Demás concesibles/materiales de construcción	(31888633) Elizabeth Ibarra Gómez (10554713) Manuel José Castrillón Jaramillo	100.100,00	Puerto Tejada

Expediente	Fecha inscripción	Registro Minero	Tipo de Título	Fecha inscripción	Duración (años)	Mineral	Titular	Área (m)	Municipio
HDO-141	26/02/2009	HDO-141	contrato concesión vigente L685	2009-02-26	27	Demás concesibles/materiales de construcción	(31888633) Elizabeth Ibarra Gómez (10554713) Manuel José Castrillón Jaramillo	291.286,00	Puerto Tejada, Villa Rica
21030	12/06/1997	GGUG-01	Contrato concesión vigente (D2655)	1997-06-12	38	Grava / arena	(8903004371) Cementos Del Valle S A	2.765.440,00	Puerto Tejada
IHF-14031	12/07/2010	IHF-14031	Contrato Concesión vigente L685	2010-07-12	27	Gravas naturales\arenas industriales (mig)\Materiales de construcción/de más concesibles	(16882939) Efraín Peñakure	686.517,00	Florida
HGR-12581	23/04/2010	HGR-12581	Contrato concesión vigente L685	2010-04-23	29	Gravilla/Grava/Arena/Material de arrastre	(16664837) Armando José Illera Guzmán	406.554,00	Villa Rica, Jamundí
CL7-112	28/01/2004	CL7-112	Contrato concesión vigente (L685)	2002-11-18	29	Material de arrastre	(16828407) Martin Emilio Palacio Bonilla	76.080,90	Cali, Puerto Tejada
DLH-161	09/09/2003	DLH-161	Contrato Concesión vigente (L685)	2003-05-14	28	Material de arrastre	(4606689) Juan Raúl Navia Reyes (14877114) Abelardo Ramírez Varela (6093411) Alberto José Navia Rojas	97.537,70	Pradera
CL3-152	06/08/2004	CL3-152	Contrato concesión vigente (L685)	2004-08-06	27	Material de arrastre	(1422095) Manuel José Castrillón Cerón	47.400,50	Puerto Tejada, Jamundí
CL3-091	21/08/2007	CL3-091	Contrato concesión vigente L685	2007-08-21	27	Material de arrastre	(14446701) Linderman Herrera Cardona	64.790,80	Villa Rica, Puerto Tejada

Expediente	Fecha inscripción	Registro Minero	Tipo de Título	Fecha inscripción	Duración (años)	Mineral	Titular	Área (m)	Municipio
21465	01/09/1997	GHJL-01	Contrato concesión vigente (L685)	1997-09-01	32	Materiales de construcción	(8050123472) Negocios Sardi Libreros & Cia S En C. (8903120919) Areneras Las Delicias Ltda. (14964813) Alejandro Sardi Arana	1.110.880,00	Cali, Puerto Tejada
FLV-08E	01/12/2009	FLV-08E	Contrato concesión vigente (L685)	2009-10-08	29	Materiales de construcción	(31228953) Myriam Jaramillo De Palacios	535.139,00	Cali, Puerto Tejada
ICQ-14021	23/10/2009	ICQ-14021	Contrato concesión vigente (L685)	2009-08-31	29	Materiales de construcción	(8903025949) Mayaguez S.A.	995.430,00	Candelaria
HCV-103	24/05/2007	HCV-103	Contrato concesión vigente (L685)	2006-08-23	29	Materiales de construcción	(94297067) Diego Ruiz John	206.423,00	Candelaria, Cali
KI9-08302X	20/10/2009	KI9-08302X	Contrato Concesión vigente (L685)	2009-10-20	9	Materiales de construcción	(8600638758) Emgesa S.A. E.S.P	23.375.700,00	Gigante
DBI-031	21/01/2008	DBI-031	Contrato concesión vigente L685	2002-01-21	29	Materiales de construcción	(10529808) Lenin Fabio Certuche	37.679,20	Jamundí, Villa Rica
DET-141	02/12/2005	DET-141	Contrato concesión vigente D2655	2005-12-02	27	Materiales de construcción	(16678555) Juan Fernando Zuluaga Jaramillo	733.592,00	Jamundí
HKK-08402X	25/09/2009	HKK-08402X	Contrato Concesión vigente (L685)	2009-09-25	29	Materiales de construcción	(16678555) Juan Fernando Zuluaga Jaramillo	9.075,16	Jamundí
ECI-101	23/07/2007	ECI-101	Contrato concesión vigente (L685)	2005-08-16	27	Materiales de construcción	(6053607) Ignacio Alberto Ignacio Alberto Guerrero Quintero	70.746,10	Jamundí, Puerto Tejada

Expediente	Fecha inscripción	Registro Minero	Tipo de Título	Fecha inscripción	Duración (años)	Mineral	Titular	Área (m)	Municipio
<b>BKU-111</b>	03/09/2002	BKU-111	Licencia especial materiales de construcción vigente	2002-09-03	9	Materiales de construcción	(31228953) Myriam Jaramillo De Palacios	25.306,10	Jamundí, Villa Rica
<b>GEO-082</b>	19/02/2009	GEO-082	Contrato Concesión vigente L685	2009-02-19	27	Materiales de construcción	(6092669) Fernando Rivera Reyes	1.282.410,00	Miranda, Florida
<b>20211</b>	01/07/1997	GFXL-01	Licencia explotación vigente	1997-07-01	26	Materiales de construcción	(66905354) Catalina Ortiz Mejía (66856940) Ximena Ortiz Mejía (94385321) Juan David Ortiz Mejía	59.987,90	Palmira
<b>AB1-081</b>	25/10/2001	AB1-081	Contrato Concesión vigente (L685)	2010-10-25	25	Materiales de construcción	(8600098085) Holcim (Colombia) S A	2.002.270,00	Palmira
<b>DH5-112</b>	14/01/2003	DH5-112	Contrato Concesión vigente (L685)	2012-10-29	29	Materiales de construcción	(8320065995) Css Constructores S.A.	220.277,00	Palmira
<b>ECC-091</b>	16/11/2005	ECC-091	Contrato concesión vigente (L685)	2005-08-23	27	Materiales de construcción	(91247576) Carlos Humberto López Trujillo	125.814,00	Palmira
<b>EH1-082</b>	04/10/2004	EH1-082	Autorización Temporal vigente	2004-10-04	0	Materiales de construcción	(8300596051) Unión Temporal Desarrollo Vial Del Valle Del Cauca Y Cauca	767.924,00	Palmira
<b>DJM-121</b>	11/08/2005	DJM-121	Contrato concesión vigente (L685)	2004-12-22	29	Materiales de construcción	(9002296847) Arenas Amaime Ltda. (9002293502) Gravarena Rio Amaimelta	289.199,00	Palmira, El Cerrito
<b>LBA-08141</b>	20/05/2010	LBA-08141	Autorización Temporal vigente	2010-05-20	1	Materiales de construcción	(8001862282) Ingeniería De Vías S.A.	1.000.120,00	Planadas

Expediente	Fecha inscripción	Registro Minero	Tipo de Título	Fecha inscripción	Duración (años)	Mineral	Titular	Área (m)	Municipio
<b>DBR-082</b>	18/09/2003	DBR-082	Contrato Concesión (L685)	2003-09-13	29	Materiales de construcción	(4606689) Juan Raúl Navia Reyes (6093411) Alberto José Navia Rojas (14877114) Abelardo Ramírez Varela	480.023,00	Pradera
<b>IJP-11201X</b>	18/01/2010	IJP-11201X	Contrato concesión vigente (L685)	2009-10-22	30	Materiales de construcción	(8903025949) Mayaguez S.A.	271.166,00	Pradera
<b>ILS-10031</b>	18/12/2009	ILS-10031	contrato concesión vigente (L685)	2009-11-26	29	Materiales de construcción	(14877114) Abelardo Ramírez Varela (4606689) Juan Raúl Navia Reyes (6093411) Alberto José Navia Rojas	550.164,00	Pradera
<b>21122</b>	14/08/1997	GGXL-01	Contrato concesión D2655 vigente	1997-08-04	37	Materiales de construcción	(8603506974) Concretos Argos S.A.	3.029.200,00	Puerto Tejada
<b>FLV-08D</b>	18/09/2009	FLV-08D	Contrato concesión vigente (L685)	2009-09-18	29	Materiales de construcción	(16825401) Fernando Saldaña Torres	418.356,00	Villa Rica, Jamundí
<b>HHN-08391</b>	12/03/2009	HHN-08391	Contrato concesión vigente D2655	2009-03-12	27	Materiales de construcción	(6332489) Luis Enrique Guerrero Palacio	705.976,00	Villa Rica, Jamundí
<b>HIP-09231</b>	27/05/2009	HIP-09231	Contrato concesión vigente (L685)	2009-05-27	29	Materiales de construcción	(16820887) Jorge Enrique Saldaña Torres (16825401) Fernando Saldaña Torres	551.244,00	Villa Rica, Jamundí
<b>HKK-08401</b>	23/10/2009	HKK-08401	Contrato concesión vigente (L685)	2009-10-23	29	Materiales de construcción	(16678555) Juan Fernando Zuluaga Jaramillo	1.653.420,00	Villa Rica, Jamundí
<b>IJP-11211X</b>	16/12/2009	IJP-11211X	Contrato concesión vigente (L685)	2009-11-24	29	Materiales de construcción/asociados	(8903025949) Mayaguez S.A.	381.178,00	Pradera

Expediente	Fecha inscripción	Registro Minero	Tipo de Título	Fecha inscripción	Duración (años)	Mineral	Titular	Área (m)	Municipio
<b>IK2-08491</b>	28/12/2009	IK2-08491	Contrato concesión vigente (L685)	2009-11-27	29	Materiales de construcción/asociados	(9000874144) Riopaila Castilla S.A.	1.159.210,00	Pradera
<b>ICR-09071</b>	18/02/2010	ICR-09071	Contrato Concesión vigente	2010-01-08	30	Materiales de construcción/Material aluvial/Demás concesibles	(31161921) Julieta Reyes Buritica	218.961,00	Palmira
<b>ICQ-08213</b>	03/03/2010	ICQ-08213	Contrato Concesión vigente (L685)	2009-11-24	29	Roca o piedra caliza en bruto/Materiales de construcción/de más concesibles	(16275629) Carlos Irne Reyes Buritica	6.251.890,00	Pradera, Palmira

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Adicionalmente, se hizo consulta a los municipios de Íquira, Tesalia, Santa María y Teruel (ver D1-02-01 Radicados Fuentes Materiales), de los cuales se obtuvo la siguiente información.

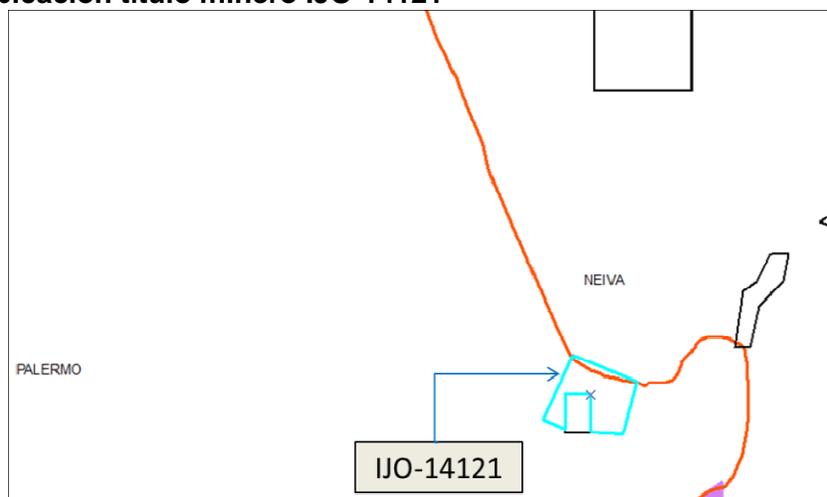
- El municipio de Planadas no cuenta con fuentes de material debidamente reglamentadas, ni con zonas de disposición de sobrantes de excavación y escombreras (Oficio OAP052 de septiembre 5 de 2013).
- Comunicación externa, municipio Palermo (Tabla 28); sin embargo se intentó verificar su ubicación y situación actual en la base de datos de Catastro Minero<sup>1</sup>, y solamente se encontró información del título minero IJO-14121, ubicado en límites entre el municipio de Palermo y Neiva (Figura 60).

**Tabla 28 Fuentes de materiales Municipio Palermo**

NOMBRE	NIT/C.C	TÍTULO MINERO			MINERAL	VEREDA
Graciela Lozano Osorio	21.066.876	Contrato de concesión vigente	IJO-14121	29 años	Arcilla común (cerámicas, ferruginosas, misceláneas)	Amorco
Gustavo Trujillo Manchola	4.922.387	Minería tradicional en proceso de titulación	NFM-14252		Materiales de construcción	San Francisco Ríos Tune y Bache
		Concesión En proceso de titulación	LDF-16071 L-685		Recebo, materiales de construcción	Nilo
Magenta Ltda.	813.001.754-9	Minería tradicional en proceso de titulación	EE9-091		Recebo	Cuisinde – La Colina

Fuente: Alcaldía Municipal de Palermo, 2013

**Figura 60 Ubicación título minero IJO-14121**



Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2011

<sup>1</sup><http://www.cmc.gov.co:8080/CmcFrontEnd/consulta/busqueda.cmc>

- El municipio de Santa María, en oficio 076 de julio 22 de 2013, informa que ha permitido la extracción de material de playa, con base en la ley 685 de 2.001, a las siguientes personas.

**Tabla 29 Autorizaciones de explotación de material de playa, municipio Santa María**

NOMBRE	CÉDULA DE CIUDADANÍA	CELULAR
Jesús María Rengifo	16.939.938	3204838087
Rosalía Quesada R.	26.537.645	Sin información
Blanca Ruth Cachaya	1.075.222.863	Sin información
Edinson Duarte B.	83.117.393	3107975012
José Noé Gutiérrez	4.522.429	Sin información

Fuente: Alcaldía Municipal de Santa María, oficio 076, 2013

Finalmente, se hizo consulta de los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios del área de estudio, donde se identifican fuentes de materiales, pero no se confirma si dichas explotaciones mineras cuentan títulos mineros vigentes ni licencia ambiental aprobada.

- Municipio Tesalia. Los materiales de construcción son arenas, gravas y mixtos en la quebrada Grande y Guyubito, Yaguaracito<sup>2</sup>.
- Municipio Íquira. . No se menciona la existencia de explotaciones de materiales de construcción en el municipio<sup>3</sup>.
- Municipio Teruel. Se identifican como áreas de explotación de material de playa, las rocas del grupo Gualanday, conformadas por conglomerados cuarzosos y areniscas granodioríticas; el municipio tiene potencial para explotación de recebo, utilizado para afirmado y construcción<sup>4</sup>.
- Municipio Palermo. Los ríos que drenan en el Huila transportan importantes cantidades de arenas y gravas utilizables como material de construcción. Los conglomerados de las formaciones Honda (Th) y (Tgi) son también aprovechables para la extracción de gravas<sup>5</sup>.
- Municipio Santa María. . Los materiales de construcción explotados corresponden a gravas y arenas, originados de la meteorización de las rocas; las reservas de gravas y arenas son desconocidas, pero consideradas abundantes, para garantizar el abastecimiento de la industria de la construcción. El material se extrae mediante pequeñas explotaciones artesanales. La Tabla 30 relaciona las explotaciones mineras que reporta el Plan de desarrollo Municipal<sup>6</sup>.

**Tabla 30 Explotaciones mineras reportadas en el municipio de Santa María**

Nombre	Localización	Tipo De Minería
Mina La María	Veredas La María y El Cedral; coordenadas X: 831.800, Y: 826.400	Oro de aluvi6n

<sup>2</sup>MUNICIPIO TESALIA. Esquema de Ordenamiento Territorial, 2010

<sup>3</sup>MUNICIPIO ÍQUIRA. Esquema de Ordenamiento Territorial, 2000.

<sup>4</sup>MUNICIPIO TERUEL. Esquema de Ordenamiento Territorial, 2000.

<sup>5</sup>MUNICIPIO PALERMO. Esquema de Ordenamiento Territorial, sin fecha.

<sup>6</sup>MUNICIPIO SANTA MARÍA. Plan de Desarrollo Municipal 2008 – 2011.

Nombre	Localización	Tipo De Minería
<b>Mina El Socorro</b>	Vereda El Socorro, paraje Agua Dulce, cerca del río Baché; coordenadas X: 819.100, Y: 840.400	Caliza
<b>Minas El Diamante, El Puente, El Socorro, El Vallecito, La Cruzada</b>	Veredas Mesitas, El Socorro y La Esperanza en el sector La Cruzada	Caliza
	Explotaciones artesanales sin ningún control.	Gravas y arenas

Fuente: Plan de Desarrollo del municipio Santa María, 2008 – 2011

- Municipio Planadas<sup>7</sup>

**Tabla 31 Reporte de explotaciones de materiales y minerales no metálicos registrados por la Regional Minera de Ibagué (1992)**

Mineral o Material	Fuente o Mina	Acceso y Localización	Características	Producto	Observación
	Vuelta de la Vilocha	Vía Planadas Vda. vuelta de la Vilocha	Suelo residual sobre depósito de piedemonte	9.000 ladrillos/mes	Cielo abierto Interesado: Manuel Rodríguez
Arcillas	El Jabonero	Cerca de pista de aterrizaje	Suelo residual sobre depósito de piedemonte	6.000 ladrillos/mes	Cielo abierto Interesado: Eduardo Rojas
	Avenida	Carretera barrio Avenida, antiguo cementerio	Suelo residual sobre depósito de piedemonte	7.000 ladrillos/mes	Cielo abierto Interesado: Pablo Soto
Arenas y gravas	Río Atá Quebradón		Material de arrastre		Cielo abierto Trinchos
	1 Km delante de Bruselas				Recebera Interesado: Sría. de OO.PP
Pétreos de peña	2 Km antes del Playón				Recebera Interesado: Sría. de OO.PP
	2 Km después del Playón				Recebera Interesado: Sría. de OO.PP

Fuente: Plan Básico de Ordenamiento Territorial Planadas,

- Municipio Florida. De acuerdo con Minercol Ltda., se extrae material de arrastre en la confluencia de los ríos Santa Bárbara y Frayle en un área total de 6119 m<sup>2</sup>; mediante Resolución 7003337, Dirección General de Minas, marzo 13 de 1996, Reg. Minero 98-00059-20095-01-00000-00 de exploración de enero 14 de 1998, licencia No. 20095-11.

Otra explotación de materiales de construcción, legalmente constituida, está localizada entre el cruce de la quebrada El Muerto con la carretera que conduce al municipio de Florida, con una extensión de 19 hectáreas y 7540 m<sup>2</sup>, mediante resolución 700060 de la

<sup>7</sup>MUNICIPIO PLANADAS. Plan Básico de Ordenamiento Territorial.

---

Dirección General de Minas de enero 10 de 1996, registro minero 97-00376-19913-01-00000-00 de exploración de junio 4 de 1997 y licencia No. 19913-11<sup>8</sup>.

- Municipio Puerto Tejada. Las zonas de explotación minera están conformadas por las áreas de las cuencas bajas de los ríos Palo y La Paila, los cuales han sido fuentes de oro aluvial cuya explotación tuvo importancia en el pasado; hoy existe restricción total para dicha actividad, pero se aprovechan materiales de arrastre (arena, grava y arcillas), ver Tabla 32.

---

<sup>8</sup>MUNICIPIO FLORIDA. Plan Básico de Ordenamiento Territorial, 2001-2010.

**Tabla 32 Explotación de materiales de construcción, municipio Puerto Tejada**

Zona Rural								
Sitio	Vereda	Material	Sistema Explotación	Fuente	No. de Personas	Responsable	Volumen (Mensual)	Licencia
Callejón del muerto	Cañas México	Arena	Manual (caballos)	Río Guengue	6	Briches	150 M3	En trámite
Sin nombre	Las Brisas	Arena	Manual (caballos)	La Paila	5	Nelly Fory	150 M3	En trámite
Sin nombre	Las Brisas	Arena	Manual (caballos)	La Paila	8	Felix Antonio Rivas	250 M3	Vencida
Unión de los ríos Guengue y Paila	Las Brisas	Arena	Manual (caballos)	La Paila	8-10		300 M3	No tiene
Puente río Guengue	Las Brisas	Arena	Manual (caballos)	Río Guengue	12	Leonidas Lucumi	350 M3	No tiene
	Las Brisas	Arena	Manual	Río Paila	6	Henry Sepulveda	150 M3	Vencida
	Salida Pto Padilla	Arena	Manual (canoas Caballos)	Río Paila	8-20	Roldan Vasquez	500 M3	No tiene
San Antonio	Bocas del Palo	Arena	Manual (canoas)	Río Cauca	25	Maritza Molina	625 M3	Vencida
Desembocadura Palo - Cauca	Bocas del Palo	Arena	Canoa pluma	Río Cauca	8?	Edgar M. Mafla	9000 M3	Vencida
Desembocadura Palo - Cauca	Bocas del Palo	Arena	Canoa pluma	Río Cauca		Adriana Luna	No trabaja	Suspendida
Desembocadura Palo - Cauca	Bocas del Palo	Arena	Canoa pluma	Río Cauca	8			
Desembocadura Palo - Cauca	Bocas del Palo	Arena	Canoa pluma	Río Cauca	4	Miguel A. Luna	450 M3	Vigente
Desembocadura Palo - Cauca	Bocas del Palo	Arena	Canoa pluma	Río Cauca	8	Eduardo Rodríguez	No trabaja	Suspendida
San Antonio	Bocas del Palo	Arena	Mecánico (draga)	Río Cauca	5	Luderman Herrera	1500 M3	Vigente
Villa Praga	Bocas del Palo	Arena	Mecánico (draga)	Río Cauca	5	Blanca Stella de Castrillón	1800 M3	Vigente
Las Violetas	Bocas del Palo	Arena	Mecánico (draga)	Río Cauca	4	Telmo Ramírez	600 M3	Vencida
La Playa	Bocas del Palo	Arena	Mecánico (draga)	Río Cauca	4	Ignacio Guerrero	1500 M3	Vigente
La Barca	Bocas del Palo	Arena	Manual (canoas)	Río Cauca		Alejo Viafara	300 M3	No tiene

FernelRamirez	Palo					(invasores)		
Campo Alegre	Bocas del Palo	Arena	Manual (canoa)	Río Cauca		Concrecauca	No trabaja	Vigente
<b>ZONA URBANA</b>								
	El Triunfo	Arena	Manual (canoa)	Río Palo	8	Pendiente	250 M3	No tiene
	Luisa Robles	Arena	Manual (caballos)	Río Paila	5	Pendiente	150 M3	No tiene
	Nueva Granada	Arena	Manual (caballos)	Río Paila	6	ÁlvaroCabiche	150 M3	No tiene

Fuente: Municipio Puerto Tejada. Plan básico de Ordenamiento Territorial, 2000 – 2010.

- Municipio Jamundí. Canteras Ampudia, El Cedro y La Meseta. La arena y grava se extrae del Río Cauca, y se localizan en los siguientes sectores, Tabla 33<sup>9</sup>

**Tabla 33 Fuentes de materiales municipio Jamundí**

Sector	Clase de material	Tipo de explotación	Volumen (m <sup>3</sup> /mes)
Bocas del Palo.	Arena y grava	Mecánico	6600
Paso de La Bolsa.	Arena y grava	Mecánico-Manual	2600
La Ventura.	Arena.	Mecánico	7200
Chirringo	Arena y grava	Mecánico-Manual	2800

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial municipio Jamundí, Cuadro 38

- Municipio Cali. El Plan de Ordenamiento Territorial restringe la extracción de materiales de arrastre en el lecho del Río Cauca, tanto de manera mecánica como manual, desde el Puente del Comercio hasta 200 metros aguas arriba del Puente del Hormiguero, con el fin de evitar daños en la infraestructura estratégica existente<sup>10</sup>.
- Municipio Pradera. La actividad Minera es relativamente escasa y está representada por la extracción de materiales detríticos rocosos (arena, grava y gravilla) principalmente del río Bolo, utilizados en construcciones habitacionales. Hay algunas canteras de explotación de material pétreo a cielo abierto, sobre rocas volcánicas más o menos meteorizadas que se utilizan como material de relleno en vías, o para mejorar la capacidad portante de suelos arcillo limosos.

Algunas de estas explotaciones generan impactos sobre el medio natural, que deben ser estudiadas con detenimiento. Entre estas se encuentra la cantera de la cual se extrae “roca muerta”, ubicada en el predio La Esperanza (corregimiento Lomitas), de propiedad del Ingenio Central Castilla. Esta explotación ha causado derrumbes, daños al alcantarillado, deterioro del carreteable e incluso su cierre temporal, afectando a la comunidad de las zonas vecinas<sup>11</sup>.

## 4.6 APROVECHAMIENTO FORESTAL

### 4.6.1 Introducción

En el marco del estudio de impacto ambiental del Proyecto en mención y bajo los términos de referencia LI-TER-1-01, del 2006, emitido por el por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, numeral 4.6 Aprovechamiento forestal, se deberán determinar, como parte de la identificación de los recursos naturales objeto de aprovechamiento, las áreas en las que, por causa de la construcción del proyecto, deberá realizarse aprovechamiento forestal, con fin de cuantificar el área afectada, volúmenes maderables, cantidad de individuos, especies, especializando dichos resultados por vereda, municipio, departamento y CAR.

<sup>9</sup>Municipio Jamundí. Plan de Ordenamiento Territorial.

<sup>10</sup>municipio cali. Plan de Ordenamiento Territorial.

<sup>11</sup>municipio pradera. Esquema de Ordenamiento Territorial, 2000.

#### 4.6.2 Objetivos

- Localizar y georreferenciar las áreas donde se realizará aprovechamiento forestal.
- Estimar las áreas a intervenir, el volumen maderable total y comercial a aprovechar.
- Identificar las especies amenazadas y en veda presentes en el AID del Proyecto.

#### 4.6.3 Localización

El Proyecto se localiza en el nor-occidente de Colombia, inicia su trazado en la futura subestación Tesalia (Huila) al sur del Proyecto, continuando su recorrido dentro del Macizo Colombiano bordeando la Cordillera Central hasta Cali. Se desarrolla en tres departamentos y 10 municipios en los departamentos de Huila, Tolima y Valle del Cauca, (ver Tabla 34) en las jurisdicciones ambientales de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), Corporación Autónoma Regional del Tolima – CORTOLIMA y de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). La localización general del Proyecto y la identificación de las áreas de influencia se representa en el mapa localización general del proyecto codificado como 9-EEB-TES-AMB-CONCOL-5040-1-EEB.

**Tabla 34** División político administrativa en el AID

CAR	Departamento	Municipio	Vereda	Abscisa inicial	Abscisa Final	Total	
CAM	HUILA	Tesalia	Alto de la Hocha	K 000 + 000	K 009 + 054	9,05	
		Íquira	La Hocha	K 009 + 054	K 010 + 236	1,18	
			Santa Lucia	K 010 + 236	K 010 + 498	0,26	
			La Hocha	K 010 + 498	K 010 + 644	0,15	
			Santa Lucia	K 010 + 644	K 019 + 627	8,98	
			Santa Barbara	K 019 + 627	K 023 + 429	3,80	
			Potreros	K 023 + 429	K 023 + 810	0,38	
			Santa Bárbara	K 023 + 810	K 026 + 424	2,61	
		Teruel	Estambul	K 026 + 424	K 030 + 013	3,59	
			Monserate	K 030 + 013	K 032 + 814	2,80	
			Varas Meson	K 032 + 814	K 034 + 504	1,69	
			Primavera	K 034 + 504	K 036 + 649	2,14	
			Gualpi	K 036 + 649	K 037 + 350	0,70	
			Sinaí	K 037 + 350	K 040 + 004	2,65	
			Yarumal	K 040 + 004	K 040 + 724	0,72	
			El Tablón	K 040 + 724	K 041 + 485	0,76	
		Palermo	Pedernal	K 041 + 485	K 042 + 658	1,17	
			San Gerardo	K 042 + 658	K 043 + 521	0,86	
				Los Pinos	K 043 + 521	K 044 + 529	1,01

CAR	Departamento	Municipio	Vereda	Abscisa inicial	Abscisa Final	Total			
			El Diamante	K 044 + 529	K 045 + 094	0,57			
			La Florida	K 045 + 094	K 045 + 518	0,42			
			Nilo	K 045 + 518	K 047 + 925	2,41			
			Pijao	K 047 + 925	K 048 + 199	0,27			
			Libano	K 048 + 199	K 048 + 299	0,10			
			Moral	K 048 + 299	K 049 + 796	1,50			
			Corozal	K 049 + 796	K 051 + 361	1,56			
		Santa maría	San José	K 051 + 361	K 052 + 069	0,71			
			Santa Teresa	K 052 + 069	K 052 + 166	0,10			
			Divino Niño	K 052 + 166	K 054 + 458	2,29			
			La Neira	K 054 + 458	K 054 + 515	0,06			
			El Censo	K 054 + 515	K 055 + 428	0,91			
			El Vergel	K 055 + 428	K 057 + 552	2,12			
			Santa Lucia	K 057 + 552	K 058 + 295	0,74			
			El Encanto	K 058 + 295	K 059 + 194	0,90			
			Los Pinos	K 059 + 194	K 060 + 727	1,53			
			Bache	K 060 + 727	K 062 + 598	1,87			
			San Francisco	K 062 + 598	K 064 + 789	2,19			
			Jerusalén	K 064 + 789	K 065 + 912	1,12			
			CORTOLIMA	TOLIMA	Planadas	Puerto Tolima	K 065 + 912	K 075 + 005	9,09
						Rio Claro	K 075 + 005	K 077 + 324	2,32
El Mirador	K 077 + 324	K 077 + 431				0,11			
El Diamante	K 077 + 431	K 080 + 109				2,68			
La Aldea	K 080 + 109	K 080 + 558				0,45			
La Primavera	K 080 + 558	K 083 + 380				2,82			
Oasis Alto	K 083 + 380	K 084 + 263				0,88			
El Jardín	K 084 + 263	K 084 + 454				0,19			
San Joaquín Alto	K 084 + 454	K 086 + 041				1,59			
El Silencio	K 086 + 041	K 086 + 261				0,22			
Vereda Topacio	K 086 + 261	K 086 + 737				0,48			
El Silencio	K 086 + 737	K 087 + 160				0,42			
San Gabriel Alto	K 087 + 160	K 087 + 943				0,78			
San Gabriel Bajo	K 087 + 943	K 089 + 052				1,11			
El Paraíso	K 089 + 052	K 092 + 728				3,68			
Vista Hermosa	K 092 + 728	K 096 + 213				3,49			
La Ortiga	K 096 + 213	K 096 + 396				0,18			
Cristalina	K 096 + 396	K 098 + 265				1,87			
El Castillo	K 098 + 265	K 100 + 912	2,65						
Siquila	K 100 + 912	K 104 + 478	3,57						

CAR	Departamento	Municipio	Vereda	Abscisa inicial	Abscisa Final	Total	
			La Libertad	K 104 + 478	K 104 + 934	0,46	
			Patagonia	K 104 + 934	K 106 + 444	1,51	
			Santa Rosa	K 106 + 444	K 108 + 429	1,99	
		Rioblanco	Los Cristales	K 108 + 429	K 109 + 623	1,19	
			Las Mercedes	K 109 + 623	K 110 + 896	1,27	
			Los Cristales	K 110 + 896	K 111 + 819	0,92	
			Campo Hermoso	K 111 + 819	K 114 + 044	2,22	
			Las Mercedes	K 114 + 044	K 114 + 702	0,66	
			Territorios Nacionales	K 114 + 702	K 136 + 804	22,10	
			Bolo Azul	K 136 + 804	K 148 + 701	11,90	
			Bolo Blanco	K 148 + 701	K 149 + 957	1,26	
El Retiro	K 149 + 957	K 153 + 514	3,56				
CVC	VALLE DEL CAUCA	Pradera	Arenillo	K 153 + 514	K 154 + 175	0,66	
			La Carbonera	K 154 + 175	K 155 + 721	1,55	
			Potrerito	K 155 + 721	K 159 + 914	4,19	
			Lomitas	K 159 + 914	K 160 + 532	0,62	
			Floresta	K 160 + 532	K 160 + 890	0,36	
			la Granja	K 160 + 890	K 163 + 067	2,18	
			El Recreo	K 163 + 067	K 164 + 589	1,52	
			Vallecito	K 164 + 589	K 164 + 735	0,15	
			Parraga	K 164 + 735	K 165 + 155	0,42	
			Florida	Corregimiento La Diana	K 165 + 155	K 169 + 881	4,73
				Corregimiento San Antonio de los Caballeros	K 169 + 881	K 170 + 559	0,68
Balsilla	K 170 + 559	K 172 + 887		2,33			
Cañas Abajo	K 172 + 887	K 174 + 714		1,83			
Cañales	K 174 + 714	K 177 + 601		2,89			
Candelaria	No identificado	K 177 + 601	K 179 + 140	1,54			
	La Solorza	K 179 + 140	K 180 + 541	1,40			
	La Asequia	K 180 + 541	K 181 + 456	0,92			
	Alto El Caballo	K 181 + 456	K 181 + 892	0,44			
	Las Cuarenta	K 181 + 892	K 183 + 845	1,95			
	Corregimiento Buchitolo	K 183 + 845	K 184 + 700	0,86			
	No identificado	K 184 + 700	K 186 + 109	1,41			
	Tiple Arriba	K 186 + 109	K 189 + 392	3,28			
	Cuchipe	K 189 + 392	K 190 + 851	1,46			
Corregimiento San Joaquín	K 190 + 851	K 192 + 979	2,13				

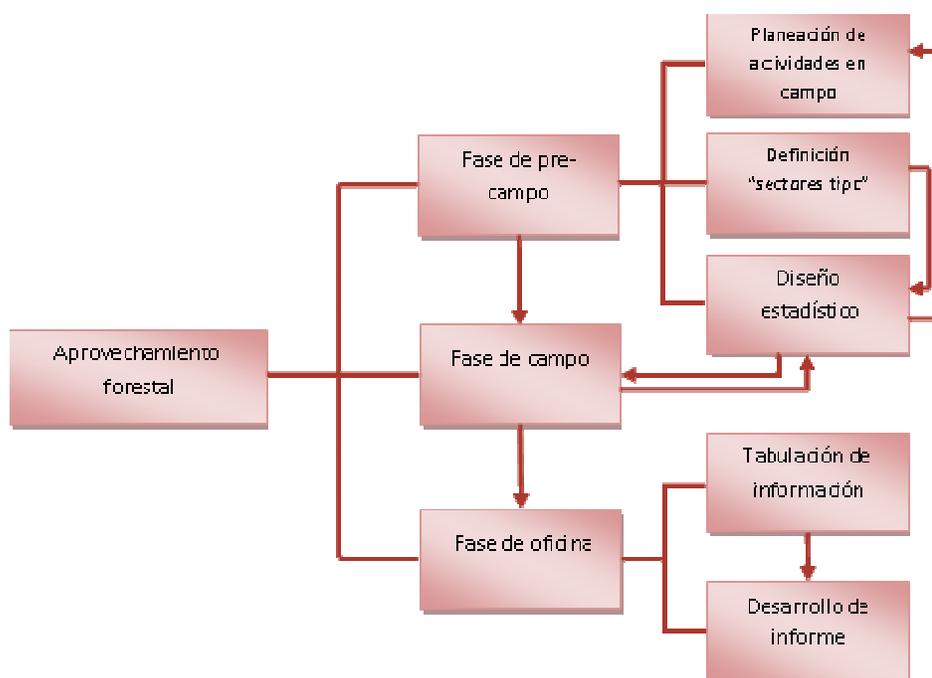
CAR	Departamento	Municipio	Vereda	Abscisa inicial	Abscisa Final	Total
			Tiple Abajo	K 192 + 979	K 194 + 630	1,65
		Cali	Morga	K 194 + 630	K 197 + 335	2,71
			Sector Geográfico Valle de Lili	K 197 + 335	K 200 + 075	2,74
Total general						200,08

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.6.4 Metodología

A continuación se hará la descripción metodológica, que se llevó a cabo para determinar los volúmenes maderables que serán objeto de aprovechamiento forestal, las actividades desarrolladas se sintetizan en la Figura 61.

**Figura 61 Proceso metodológico – determinación aprovechamiento forestal**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

##### 4.6.4.1 Fase de pre-campo

Durante esta etapa se realizó la planeación de las actividades en campo, estableciendo el diseño estadístico de la forma en la que se desarrollaría el muestreo en campo, la definición de los sectores que serían objeto de aprovechamiento forestal y la logística de las actividades a realizar.

El proceso metodológico se planteó con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en los términos de referencia LI-TER-1-01, en las que se proponen dos errores de muestreo diferentes (15% y 20%), por lo que se eligió trabajar con los más estrictos, señalados en el numeral 3.3.1.1. Flora, en el que se indica: el error de muestreo no deberá ser superior al 15% con un nivel de probabilidad del 95%, incluyendo la cuantificación de los individuos en sus estados fustal (DAP > 10cm), latizal (DAP entre 2.5 y 10cm) y una intensidad de muestreo del 5% para fustales y 2% para latizales. Adicionalmente en el numeral 4.6. Aprovechamiento forestal, se indica que el inventario forestal deberá realizarse mediante un muestreo estratificado al azar.

- **Diseño estadístico**

Con el fin de dar cumplimiento con los Términos de Referencia anteriormente mencionados y teniendo en cuenta las características del área de influencia, se diseñó un muestreo estadístico acorde con las diferentes variables que intervienen con el fin de cumplir con los objetivos planteados.

Como se muestra en el capítulo 3.3, del presente estudio, se identificaron y caracterizaron los ecosistemas vegetales presentes en el área de influencia del proyecto, estos ecosistemas se convierten en las unidades mínimas de muestreo dado que contienen elementos (edáficos, climáticos, entre otros) que homogenizan las características de la vegetación, por lo que disminuye la variabilidad de los datos objeto de análisis.

Teniendo en cuenta que los ecosistemas que se trataron en este estudio tienen diversas características en común, se procedió a hacer un muestreo probabilístico estratificado, para garantizar esto, se realizó un diseño muestral estratificado aleatorio simple EST-MAS.

En los diseños estratificados se tiene en cuenta las diferencias que se presentan entre grupos poblacionales, en este caso los ecosistemas presentes en el área de influencia del Proyecto. Su eficacia, se debe a que considera de forma separada las particularidades de cada grupo o ecosistema, siendo los siguientes los principios fundamentales:

- Contar con una partición del universo, cada una de estas particiones no se traslapan, ninguna partición es vacía y su unión constituye el universo, en este caso las particiones son los ecosistemas.
- En cada estrato (ecosistema) se aplica un diseño en forma independiente para extraer una muestra y con base en estos hacer una estimación del total y su varianza, en este caso se aplica un diseño MAS (muestreo aleatorio simple) en cada uno de los estratos con probabilidades de inclusión diferentes.
- La principal razón para proceder con un muestreo estratificado, es que los grupos o estratos (ecosistemas) presentan características diferentes que merecen considerarse de forma separada. La implementación de este tipo de muestreo significa que se cuenta con información auxiliar para detectar esas diferencias y

dividir la población en estratos, en este caso dicha estratificación se obtuvo mediante la metodología para generar el mapa de ecosistemas terrestres, como se indica en el numeral 3.3.1.1 (Flora) (esta diferencia se debe a la teoría biológica de ecosistemas). Las ventajas de la implementación de un diseño estratificado son las siguientes:

- La necesidad de contar con estimaciones individuales para cada ecosistema es una de las razones para usar este tipo de muestreo en este estudio.

Aprovechar la información auxiliar como el área de cada uno de los ecosistemas para sugerir estimadores más sofisticados.

La concentración y distribución de la característica de estudio (volumen de madera) que permite reducir considerablemente la varianza del estimador, al ampliar la muestra en aquellos ecosistemas en los que se obtiene mayor ganancia en eficiencia y reducirlos en los que la pérdida es muy grande.

- Las desventajas más notables de aplicar un muestreo estratificado son:

La estratificación suele resultar más costoso y laborioso que la consideración de un plan de muestreo no estratificado.

Las diferencias de características operativas como costos, distancias, tasas de velocidad de respuesta, aspectos de seguridad etc., hacen que el diseño en cada estrato no sea siempre el mismo.

### *Metodología*

El diseño empleado para el estado de latizales fue un diseño EST-MAS como se indicó anteriormente, para el cual se definió como marco muestral un listado de parcelas realizadas mediante una grilla de parcelas cuya área sería de 0,01 hectáreas cada una, con dimensiones de 10 X 10 metros, dentro de cada uno de los estratos. De esta forma cada parcela correspondería a las unidades de muestreo (n).

El diseño muestral para el estado de fustales fue un diseño EST-MAS como se indicó anteriormente, para el cual se definió como marco muestral un listado de parcelas realizadas mediante una grilla de parcelas cuya área sería 0,1 hectáreas cada una, con dimensiones de 100 X 10 metros, dentro de cada uno de los estratos, tomando estas parcelas como unidades de muestreo.

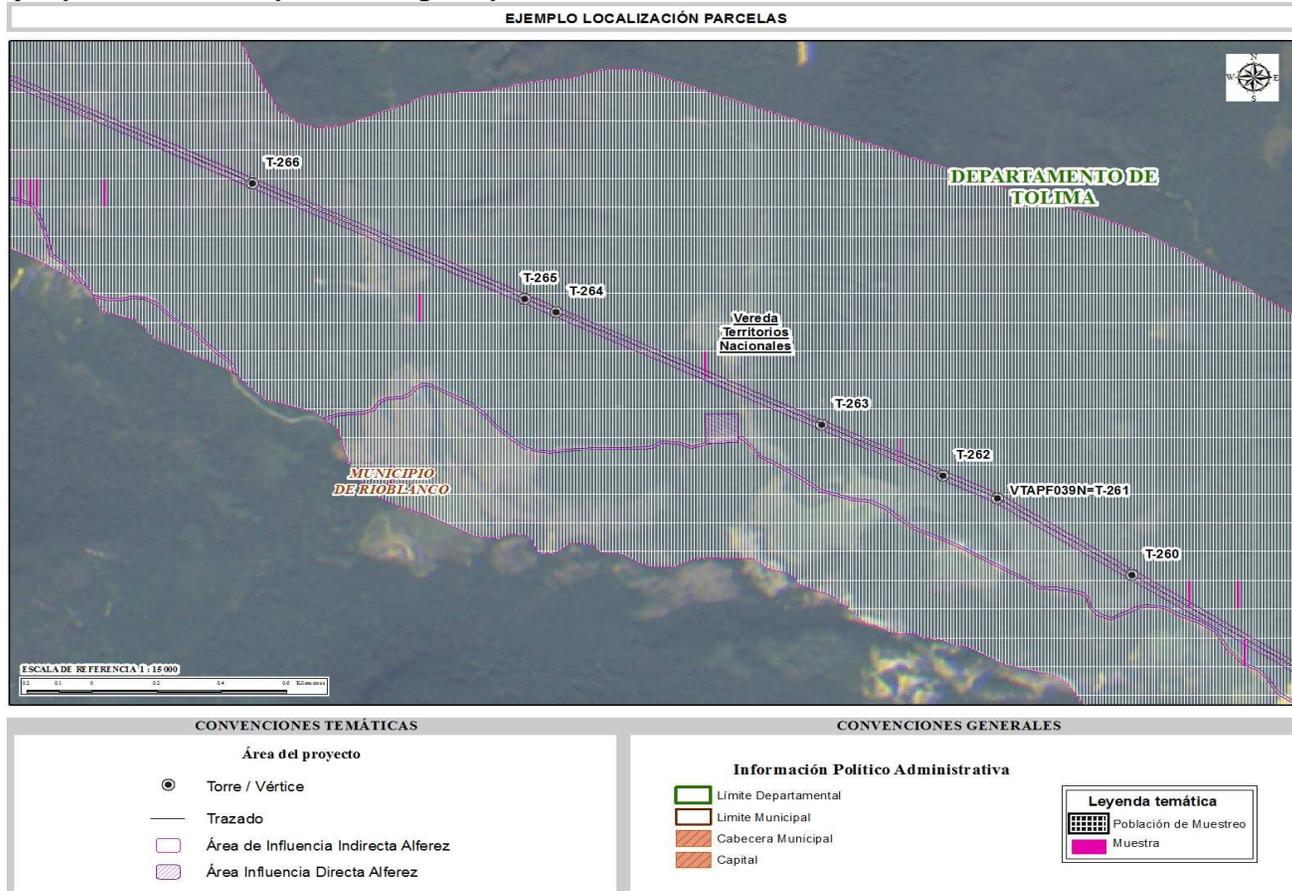
Para los dos casos previamente mencionados, los estratos se definieron como los diferentes tipos de ecosistemas naturales y pastos arbolados. En la Figura 1 se observa un ejemplo de la localización de las parcelas realizadas para los diferentes estratos muestreados

El desarrollo de las actividades del levantamiento de datos en campo, se plantearon para diferentes periodos, esto de acuerdo con las condiciones de accesos, seguridad y sociales del área de estudio.

La primera etapa de campo se desarrolló entre el 16 de marzo al 30 de abril de 2013, durante esta, se obtuvieron datos premuéstrales, siendo la base para determinar la cantidad adecuadas de parcelas totales a establecer.

La segunda etapa de trabajo, se realizó entre el 13 de junio y 29 de julio de 2013 y la tercera y última etapa se desarrolló entre el 1 de junio al 12 de junio de 2014.

**Figura 1 Grilla – ejemplo localización parcelas – grilla población de muestreo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Una vez definida la estratificación y tamaños muestrales se procedió a seleccionar las parcelas en cada uno de los estados y en cada uno de los estratos mediante el método de coordinado negativo, este método consiste en asignar a cada una de las parcelas dentro de cada ecosistema números aleatorios provenientes de una distribución de probabilidad uniforme en el intervalo (0,1), luego se seleccionan las parcelas cuyos números aleatorios sean los menores, este procedimiento se realiza dentro de cada ecosistema y se selecciona el numero parcelas que quedaron asignadas mediante la metodología de la asignación de la muestra proporcional al número de hectáreas.

La cantidad de parcelas realizadas durante el muestreo en campo es como se observa en la Tabla 35 y n\*: tamaño de la muestra  
N\*\*: tamaño de la población

Tabla 36. Es necesario aclarar que en el caso del ecosistema: vegetación secundaria baja del Orobioma alto de los Andes, no fue posible ingresar al área por lo tanto no se logró coleccionar información precisa de este estrato.

**Tabla 35 Tamaños de muestras realizados para la categoría latizal**

LATIZALES			
Estrato o Ecosistema	n*	N**	Intensidad de muestreo %
arbustal abierto del Orobioma alto de los Andes	5	87	5,75
Arbustal denso del Orobioma alto de los Andes	7	23	30,43
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma alto de los Andes	15	137	10,95
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	15	481	3,12
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	29	651	4,45
Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Alternohígrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	10	118	8,47
Bosque denso del Orobioma alto de los Andes	23	2.228	1,03
Bosque denso del Orobioma bajo de los Andes	3	37	8,11
Bosque denso del Orobioma medio de los Andes	47	2527	1,86
Bosque fragmentado del Orobioma alto de los Andes	6	286	2,10
Bosque fragmentado del Orobioma medio de los Andes	2	124	1,61
Pastos arbolados del Orobioma alto de los Andes	5	35	14,29
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	14	600	2,33
Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes	15	1993	0,75
pastos arbolados del Zonobioma Alternohígrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	10	212	4,72
Pastos arbolados del Zonobioma alternohígrico y o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	1	115	0,87
Vegetación secundaria alta del Orobioma alto de los Andes	9	321	2,80
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	12	69	17,39

LATIZALES			
Estrato o Ecosistema	n*	N**	Intensidad de muestreo %
Vegetación secundaria alta del Orobioma medio de los Andes	20	1015	1,97
Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohígrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	7	60	11,67
Vegetación secundaria baja del Orobioma alto de los Andes	0	8	0,00
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	12	707	1,70
Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes	12	761	1,58
Vegetación secundaria baja del Zonobioma Alternohígrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	9	148	6,08
Total	288	12.743	2,26

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

n\*: tamaño de la muestra

N\*\*: tamaño de la población

**Tabla 36** Tamaños de muestras realizados para la categoría fustal

FUSTALES			
Estrato o Ecosistema	n*	N**	Intensidad de muestreo %
Arbustal abierto del Orobioma alto de los Andes	5	88	5,68
Arbustal denso del Orobioma alto de los Andes	7	23	30,43
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma alto de los Andes	4	14	28,57
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	10	48	20,83
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	12	65	18,46
Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Alternohígrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	3	12	25,00
Bosque denso del Orobioma alto de los Andes	11	223	4,93
Bosque denso del Orobioma bajo de los Andes	2	4	50,00
Bosque denso del Orobioma medio de los Andes	21	253	8,30
Bosque fragmentado del Orobioma alto de los Andes	3	29	10,34
Bosque fragmentado del Orobioma medio de los Andes	1	12	8,33
pastos arbolados del Orobioma alto de los Andes	2	3	66,67
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	12	60	20,00
Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes	10	199	5,03
pastos arbolados del Zonobioma Alternohígrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	8	21	38,10
Pastos arbolados del Zonobioma alternohígrico y o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	1	12	8,33
Vegetación secundaria alta del Orobioma alto de los Andes	4	32	12,50
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	7	7	100,00

FUSTALES			
Estrato o Ecosistema	n*	N**	Intensidad de muestreo %
Vegetación secundaria alta del Orobioma medio de los Andes	10	101	9,90
Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	5	6	83,33
Vegetación secundaria baja del Orobioma alto de los Andes	0	1	0,00
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	8	71	11,27
Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes	5	76	6,58
Vegetación secundaria baja del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	4	15	26,67
Total	155	1.375	11,27

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

n\*: tamaño de la muestra

N\*\*: tamaño de la población

Como se observa la intensidad de muestro para las dos categorías de tamaño evaluadas cumplen con los Términos de Referencia citados anteriormente. Logrando para la categoría latizal una intensidad de muestreo del 2,26% y para la fustal del 11,27%.

Una vez obtenidos los datos del muestreo realizado, se procedió a estimar el volumen total para cada estado de la siguiente forma:

$$\hat{E}_{\pi} = \sum_h N_h \cdot \bar{y}_{sh}$$

Donde,

$\hat{E}_{\pi}$ : Volumen de maderaaestimado para el ecosistema h

$N_h$ : Total de parcelas en el ecosistema h

$\bar{y}_{sh}$ : Promedio de volumen en la muestra en el ecosistema h

De donde se obtuvo que la estimación para el volumen total de madera para latizales de 1.531,45 m<sup>3</sup>. El volumen total de madera estimado para fustales es de 21.118,59 m<sup>3</sup> y El volumen comercial total de madera estimado para fustales es de 9.732,31 m<sup>3</sup>, como se observa en la Tabla 37 y de forma más detallada en el anexo D2-01-04.

Luego se procedió a calcular la varianza estimada en cada uno de los casos de la siguiente forma:

$$\hat{V}(\hat{E}_{\pi}) = \sum_h \frac{N_h^2(1 - f_h)}{n_h} S_{ysh}^2 \quad \text{con,}$$

$$S_{ysh}^2 = \frac{1}{n_h - 1} \sum_{s_h} (y_k - \bar{y}_{sh})^2$$

Donde,

$V(\hat{t})$ : Varianza estimada del volumen total estimado

Nh: Total de parcelas en el ecosistema h

fh: proporción de parcelas seleccionadas sobre parcelas totales en el ecosistema h

nh: Tamaño de muestra en cada ecosistema h

$S_{2ysh}$ : Varianza muestral del volumen de madera en el ecosistema h

$\bar{y}_h$ : Promedio de volumen en la muestra en el ecosistema h

yk: Volumen de madera en la parcela k

De aquí se obtuvo que la estimación para la varianza del volumen total de madera para latizales es 18.881,93 con una desviación estándar estimada de 137,41 m<sup>3</sup>. La varianza estimada del volumen total de madera estimado para fustales es de 1.689.932,71 con una desviación estándar estimada de 1.299,97 m<sup>3</sup> y la varianza estimada del volumen comercial total de madera estimado para fustales es de 542.598,51, con una desviación estándar estimada de 736,61 m<sup>3</sup> como se observa en la Tabla 37 y de forma más detallada en el anexo D2-01-04.

Conforme con lo planteado en los términos de referencia - LI-TER-1-01, a continuación se observa que el cumplimiento con errores muestrales menores del 15%. El error muestral o el coeficiente de variación estimado del estimador del volumen total de madera para latizales es de 8,97%. El coeficiente de variación estimado del estimador del volumen total de madera para fustales es de 6,16% y el coeficiente de variación estimado del estimador del volumen comercial total de madera para fustales es de 7,57%, como se observa en la Tabla 37 y de forma más detallada en el anexo D2-01-04.

Por lo tanto el volumen total de madera para latizales está entre 1.265,12 m<sup>3</sup> y 1.800,78 m<sup>3</sup> con un nivel de confianza del 95%, el volumen total de madera para fustales está entre 18.570,64 m<sup>3</sup> y 23.666,54 m<sup>3</sup> con un nivel de confianza del 95%, el volumen comercial total de madera para fustales está entre 11.176,07 m<sup>3</sup> y 8.288,55 m<sup>3</sup> con un nivel de confianza del 95% como se observa en la Tabla 37 y de forma más detallada en el anexo D2-01-04.

El error muestral se calcula con base en el coeficiente de variación estimado (cve%) , este es la razón entre la desviación estándar estimada y el volumen total estimado, este error se presenta debido a que solo se estudia una fracción de la población total. Se determina a partir de los resultados obtenidos en el muestreo, permitiendo evaluar la calidad de la estimación, siempre y cuando el diseño muestral sea probabilístico.

Los intervalos de confianza (IC) indican una estimación del volumen total, en este caso si se realizaran 100 muestras diferentes 95 de estas muestras tendrían un volumen total dentro de cada intervalo, por ejemplo, en latizales 95 de las 100 muestras tendrían un volumen total entre 1.265,12 m<sup>3</sup> y 1.800,78 m<sup>3</sup>, como se observa en la Tabla 37 y de forma más detallada en el anexo D2-01-04.

La intensidad de muestreo alcanzada para cada una de las categorías de desarrollo evaluadas fue: 2.26% para latizales y 11,27% para fustales.

Estos resultados son adecuados y muy cercanos a la realidad ya que gracias a la implementación de la metodología estadística de muestreo se pueden llegar a adecuadas estimaciones con sus errores de muestreo bien establecidos, en los estudios realizados por el DANE (2008) señalan lo siguiente:

- Hasta del 7%, es precisa;
- Entre el 8 y el 14% significa que existe una precisión aceptable;
- Entre el 15% y 20% precisión regular y por lo tanto se debe utilizar con
- Precaución Mayor del 20% indica que la estimación es poco precisa y por lo tanto se recomienda utilizarla sólo con fines descriptivos (tendencias no niveles).

Por lo tanto las estimaciones realizadas en este estudio tienen una precisión aceptable

**Tabla 37 Resumen de estimaciones de muestreo**

Estado		Estimado	Varianza	Desviación estandar	cve (%)	IC (95%)
Latizal	Vol total	1.531,45	18.881,93	137,41	8,97	(1.262,13 – 1.800,78)
	Vol comercial	9.732,31	542.598,51	736,61	7,57	(8.288,55 – 11.176,07)
Fustal	Vol total	21.118,59	1.689.932,71	1.299,97	6,16	(18.570,64 – 23.666,54)
	Vol comercial	9.732,31	542.598,51	736,61	7,57	(8.288,55 – 11.176,07)

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Definición de “sectores tipo” para el aprovechamiento forestal**

El área de influencia directa del Proyecto está conformado por diversos tipos de áreas, siendo estas: sitios de torre, vanos, infraestructura temporal, franja de captación y vías. Cada una de ellas, de acuerdo a las necesidades del Proyecto, ocupa un área específica, conforme a especificaciones técnicas y constructivas, tal como se indica en el capítulo dos (2) del presente documento,

Un aspecto a tener en cuenta respecto a los tipos de área, es la distinción que se realiza entre los vanos y los sitios de torre, dado que estos hacen parte del corredor de servidumbre del Proyecto, cuya área está conformada por 32 m de ancho por la longitud total del trazado; es así que desde el punto de vista del aprovechamiento forestal, esto supondría realizar, durante la etapa construcción, una tala continua sobre dicho corredor. Sin embargo, la distinción hecha entre vanos y torres permite, bajo unos parámetros constructivos y en función a los tipos de vegetación y la topografía, establecer áreas de aprovechamiento diferenciadas a lo largo del corredor de servidumbre, con el fin de minimizar los impactos causados en el cambio de cobertura vegetal y en la matriz de la vegetación, a causa del aprovechamiento forestal.

La metodología denominada definición de “sectores tipo”, permite distinguir tres (3) categorías, de anchos diferentes de aprovechamiento forestal, determinados por: los tipos de vegetación presente, alturas potenciales de crecimiento, distancias de seguridad y distancias libres y la topografía del terreno (estas variables serán definidas más adelante). Esta metodología ha sido planteada sólo para los vanos, dado que este tipo de área, permite flexibilizar el ancho de aprovechamiento forestal, además al ser

el área más extensa dentro del proyecto, supondrá, como medida mitigadora, un impacto positivo en el Proyecto.

Para determinar los “sectores tipos”, se contó con los productos obtenidos de LIDAR<sup>12</sup> tales como, el modelo digital de vegetación (MDV<sup>13</sup>) y el modelo digital del terreno (MDT<sup>14</sup>), adicionalmente se usó el perfil de diseño técnico del trazado y de ésta forma se definieron las relaciones entre el conductor más bajo y la vegetación presente en el área del trazado, con el fin de cumplir la distancia de seguridad exigida por la norma (reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE, 2013).

### Secciones de análisis

Durante el proceso metodológico, se definieron tres (3) categorías o sectorizaciones, en las que se especifican tres (3) tipos diferentes de anchos de aprovechamiento, en la franja de servidumbre, específicamente en los denominados vanos. Las variables tenidas en cuenta para lograr dicha categorización son:

MDT: elevación en m.s.n.m de la superficie del terreno, de acuerdo al modelo LIDAR.

MDV: elevación en m.s.n.m de la superficie de vegetación, de acuerdo al modelo LIDAR.

C: elevación en m.s.n.m del conductor más bajo del diseño técnico.

m: distancia de la superficie de vegetación a la catenaria de diseño, es la distancia que hay entre el conductor más bajo y la vegetación presente, definido mediante la siguiente fórmula.

$$m = C - MDV$$

n: altura de la vegetación, se refiere a las alturas máximas de los árboles presentes en el trazado, definido mediante la siguiente fórmula.

$$n = MDV - MDT$$

f: cobertura vegetal, hace referencia a los diferentes tipos de cobertura presentes a lo largo del trazado. Cada tipo de cobertura, presenta características estructurales que permiten establecer parámetros, como el potencial de crecimiento de los individuos arbóreos y la importancia ecosistémica de cada una de ellas.

d: distancia de aislamiento, es la distancia mínima que se debe tener entre el conductor más bajo y la vegetación presente, esta distancia es de 7 m y se encuentra

---

<sup>12</sup>Tecnología que permite obtener alturas sobre el terreno de manera directa mediante el uso de un emisor láser.

<sup>13</sup> MDV: se refiere a la elevación en m.s.n.m, de la superficie de la vegetación, de acuerdo al modelo LIDAR

<sup>14</sup> MDT: se refiere a la elevación en m.s.n.m, de la superficie del terreno, de acuerdo al modelo LIDAR

definida en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas-RETIE. Expresada bajo la siguiente fórmula:

$$d = f \times (MDT) \times 7m$$

k: altura potencial máxima de crecimiento de los árboles, se refiere a la altura máxima que podría llegar a alcanzar la vegetación en un sitio determinado; para esta variable se analizaron las alturas potenciales en cada tipo de cobertura vegetal.

$$k = f$$

### Parámetros de selección

Para la clasificación o sectorización de los vanos, se establecieron 5 puntos en la sección perpendicular al trazado de la siguiente forma: en el eje principal, a 2,6 m y 5,2 m a la derecha y a la izquierda del eje respectivamente; repitiendo este procedimiento, cada metro a lo largo del vano, como se observa en la Figura 62. Este proceso permitió hacer la lectura en cada uno de los puntos, de la siguiente información:

MDT = El valor de MDT del punto de la sección en el eje de diseño.

MDV= El valor más alto de MDV de los puntos sobre la sección.

n = El valor más alto de n en los puntos de la sección.

m = El menor valor de m en los puntos de la sección.

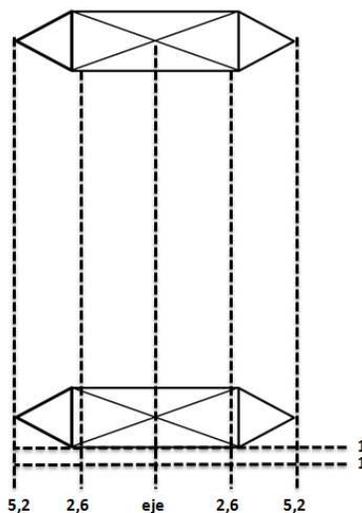
Los siguientes parámetros son constantes a lo largo de las secciones:

C = Es constante en la sección.

d = Es constante en la sección.

k = Es constante en la sección

**Figura 62 Secciones de análisis, vista de planta**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Tipificación de una sección

Los siguientes criterios se aplican sobre los puntos de la sección y se sintetizan en la Tabla 38:

La izquierda y derecha de trazado se definen en el sentido de avance de la abscisa del diseño de línea.

La franja central tiene un ancho total de 10,4 m; está comprendida 5,2m a lado y lado del trazado.

La franja izquierda tiene un ancho total de 5 m; comienza a 5,2 m del trazado y va hasta 10,2 metros a la izquierda.

La franja derecha tiene un ancho total de 5 metros; comienza a 5,2 m del trazado y va hasta 10,2 m a la derecha.

**Tabla 38 Reglas de definición para los sectores tipo**

Categoría	Nombre	Descripción	Regla	Ancho de franja de aprovechamiento (m)
<b>Categoría 1</b>	Tipo 1	Sin vegetación	$n \leq 1 m$	0
<b>Categoría 2</b>	Tipo 2	Se conserva [d] si el árbol alcanza [k]	$m + n \geq d + k$	5
	Tipo 3	No se conserva [d] si el árbol alcanza [k]	$m + n < d + k$	
<b>Categoría 3</b>	Tipo 4	No existe [d] en las condiciones actuales	$m < d$	De 20,4 a 32
	Tipo 5	La copa del árbol intercepta el cable inferior del diseño en las condiciones actuales	$m < 0$	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

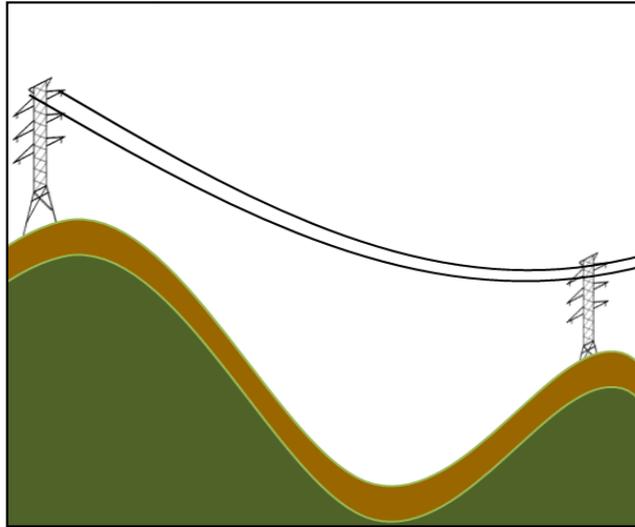
#### **Categoría 1 – Tipo 1 Sin vegetación ó vegetación $\geq a 1 m$ .**

**Tipo 1.** Se refiere al caso en el que la vegetación presente, tiene una altura (n) menor o igual a 1 m, como ejemplo de éste se tienen las coberturas de pastos limpios, zonas desnudas o degradadas, pastos enmalezados, entre otros.

En esta categoría el ancho para aprovechamiento forestal es 0, es decir no se realizará aprovechamiento.

Vegetación  $\geq 1 m$ .

**Figura 2** Categoría 1 - Tipo 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

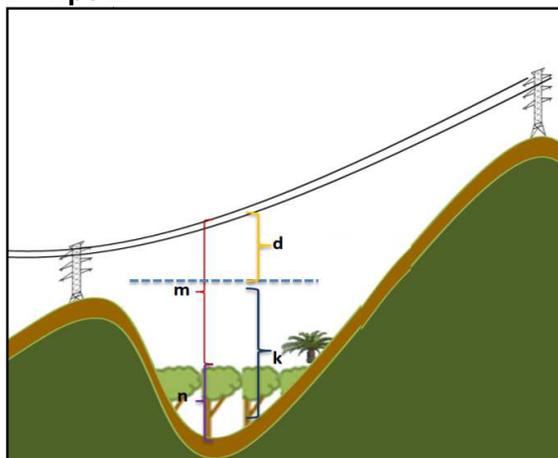
**Categoría 2 – Distancia de seguridad efectiva**

Esta categoría se caracteriza por presentar un ancho de aprovechamiento forestal, de 5 m (2,5 m a cada lado de la línea) y se presenta bajo dos condiciones, como se explica a continuación:

**Tipo 2.** Cuando la altura libre (m), más la altura de la vegetación (n), es mayor o igual a la distancia de seguridad (d) más el potencial de crecimiento (k), por lo cual, no existe ni existirá peligro de intercepción de la vegetación con el cable conductor.

$$n+m \geq d+k$$

**Figura 3** Categoría 2 - Tipo 2

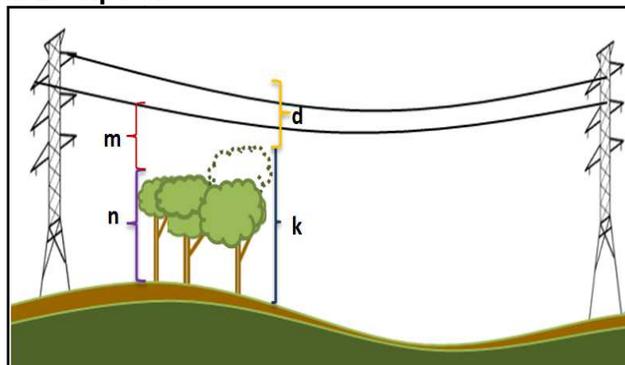


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tipo 3.** Cuando la altura de vegetación (n) más la altura libre (m), cumple con los requerimientos de distancia de aislamiento, pero el potencial de crecimiento (k) sobrepasa la distancia de seguridad (d) requerida, lo que representa un potencial de interferencia de la vegetación con el conductor más bajo; para este caso la distancia de seguridad se debe garantizar mediante medidas de manejo, como las podas de mantenimiento, establecidas en el PMA.

$$n+m < d + k$$

**Figura 4** Categoría 2 - Tipo 3.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Categoría 3 – Sectores críticos**

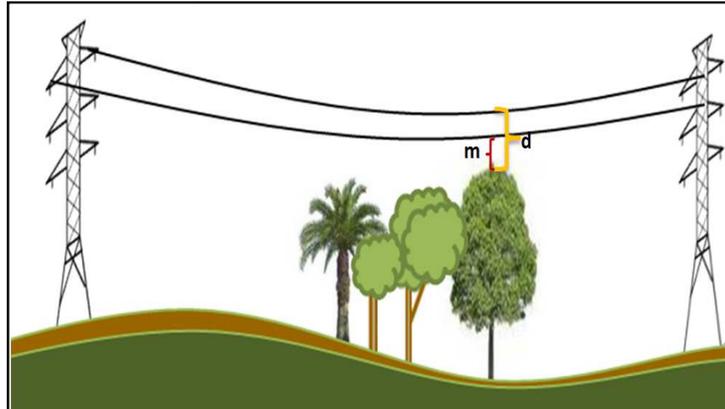
Para esta categoría el ancho de aprovechamiento se definen teniendo en cuenta: la pendiente transversal y si se conservaba el tipo de sección en una franja adicional de 5 metros a la izquierda y a la derecha, de la franja central.

Se presentan dos casos a considerar:

**Tipo 4.** Se da, cuando los árboles tienen alturas tales, que no permiten contar con una altura libre (m) suficiente, siendo (m) menor a la distancia de seguridad (d).

$$m < d$$

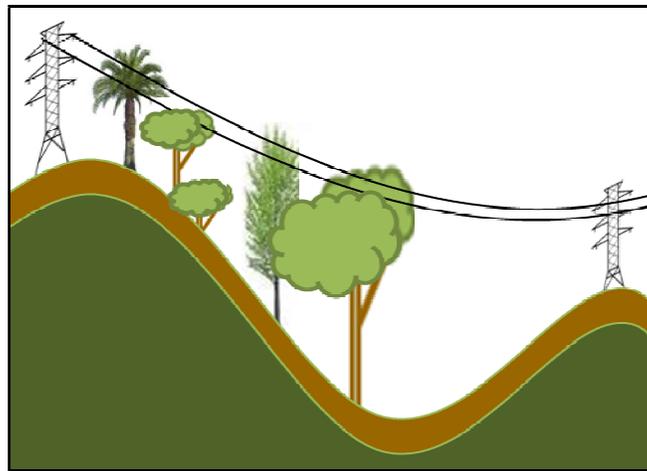
**Figura 5** Categoría 3 - Tipo 4.



Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tipo 5.** Se presenta cuando la altura de los árboles es tal que se hay interferencia con la línea de conducción, tal como se observa en la siguiente figura.

**Figura 6** Categoría 3 - Tipo 5.



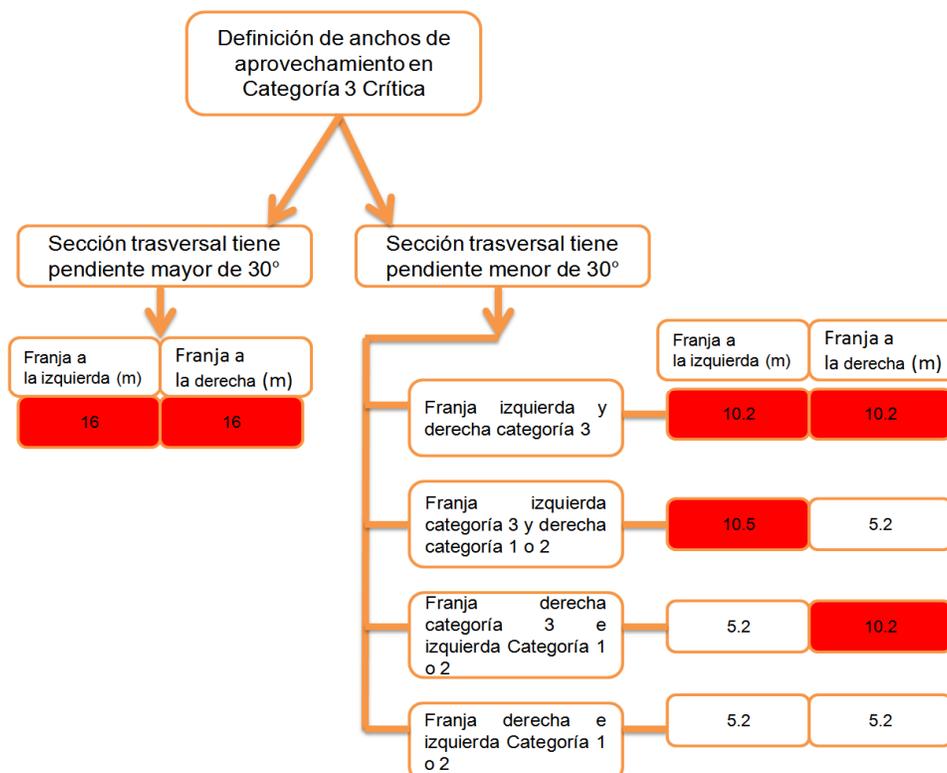
Consultoría Colombiana S.A., 2014

Adicionalmente a los dos tipos descritos anteriormente, otro factor a tener en cuenta y que definirá el ancho a aprovechar, es la pendiente de la sección, para la cual se tomó como límite  $30^\circ$ .

Dado que un sector agrupa varias secciones, y estas a su vez pueden presentar diferentes pendientes, se considera que un sector tiene una pendiente mayor a  $30^\circ$ , cuando esta se presenta en más de la cuarta parte de las secciones.

De acuerdo a lo anterior, la definición de los anchos de aprovechamiento para la categoría 3 se realizó a partir del siguiente árbol de decisiones.

**Figura 7** Árbol de decisiones anchos de aprovechamiento en la categoría 3.



Consultoría Colombiana S.A., 2014

Finalmente, una vez creados los “sectores tipo”, se generó el **área puntual de aprovechamiento forestal** que puede ser consultada en la geotadabase temática – *dataset- medio biótico – AreaSolicitAproech* y en el, anexo D2-01-05. Dando como resultado, la reducción del AID en un porcentaje de área de 58,80%, tal como se observa en la Tabla 39.

Con base a esta nueva área, se realizarían las estimaciones de los volúmenes de aprovechamiento, como se expondrá en el apartado 4.6.4.3 Fase de oficina.

**Tabla 39 Comparación, AID Proyecto – área puntual de aprovechamiento forestal**

Cobertura	AID del Proyecto (ha)	Área puntual de aprovechamiento forestal (ha)	% de variación
Arbustal abierto del Orobioma alto de los Andes	2,89	0,87	69,77
Arbustal denso del Orobioma alto de los Andes	3,43	0,23	93,16
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma alto de los Andes	1,39	1,37	1,34
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	14,84	4,81	67,58
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	11,89	6,51	45,22
Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma alterno higrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	3,11	1,18	62,02

Cobertura	AID del Proyecto (ha)	Área puntual de aprovechamiento forestal (ha)	% de variación
Bosque denso del Orobioma alto de los Andes	24,13	22,28	7,67
Bosque denso del Orobioma bajo de los Andes	2,23	0,37	83,42
Bosque denso del Orobioma medio de los Andes	40,83	25,27	38,10
Bosque fragmentado del Orobioma alto de los Andes	3,13	2,86	8,58
Bosque fragmentado del Orobioma medio de los Andes	1,24	1,24	0,00
Pastos arbolados del Orobioma alto de los Andes	0,35	0,35	0,23
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	19,36	6,00	69,00
Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes	53,82	19,93	62,98
Pastos arbolados del Zonobioma alterno higrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	5,82	2,12	63,50
Pastos arbolados del Zonobioma alterno higrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	4,82	1,15	76,06
Vegetación de Páramo y Subpáramo del Orobioma alto de los Andes	30,44	3,75	87,67
Vegetación secundaria alta del Orobioma alto de los Andes	3,28	3,21	2,20
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	2,90	0,69	76,08
Vegetación secundaria alta del Orobioma medio de los Andes	12,59	10,15	19,43
Vegetación secundaria alta del Zonobioma alterno higrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	3,17	0,60	81,13
Vegetación secundaria baja del Orobioma alto de los Andes	0,45	0,08	81,49
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	23,27	7,07	69,62
Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes	15,66	7,61	51,42
Vegetación secundaria baja del Zonobioma alterno higrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	5,51	1,48	73,23
	290,58	131,22	54,84

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.6.4.2 Fase de campo

- **Metodología para el muestreo vegetal**

Para el levantamiento de la información en campo se conformaron entre 3 y 5 cuadrillas, para los diferentes periodos de campo, integrados de la siguiente forma:

- 1 Ingeniero forestal/biólogo botánico:
- 1 Ingeniero forestal
- 1 ó 2 Auxiliar de campo (de acuerdo a las condiciones de las áreas a levantar)

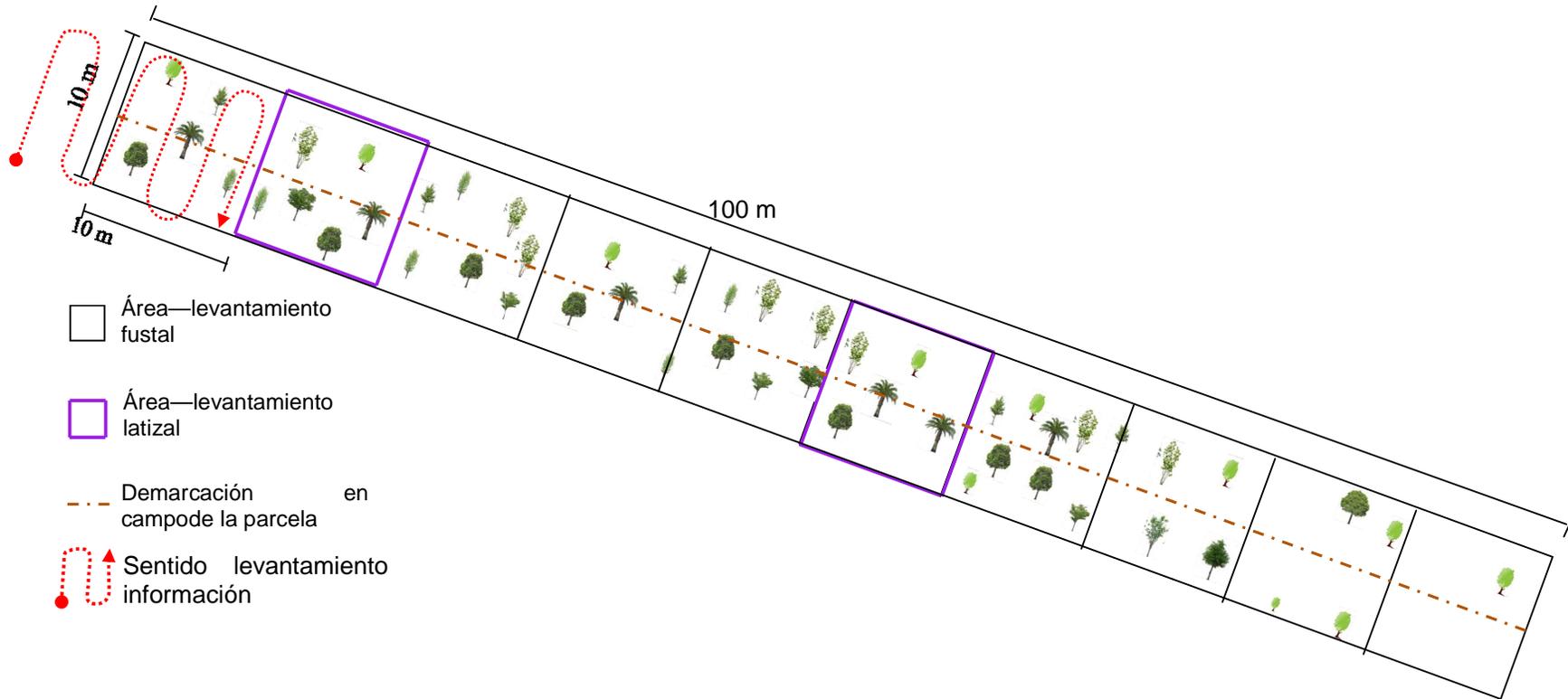
Las parcelas de muestreo para el área de influencia indirecta y directa se establecieron de forma semitemporal teniendo en cuenta las características de la vegetación a evaluar, aplicándose los siguientes criterios:

Unidades florísticas	Estrato	Muestra
<b>Bosque</b>	Estrato arbóreo (Fustales)	Se establecieron parcelas de muestreo del estrato arbóreo de 0,1 ha, en rectángulo de 100 x 10 m, que se divide en cuadrantes de 10 x 10 m.
	Estrato arbustivo (Latizal)	Se establecieron subparcelas de muestreo de 10 x 10 m, correspondiente a 0,01 ha
	Estrato herbáceo (Brinzal)	Se establecen parcelas de muestreo en cuadrantes de 2 x 2 m, correspondiente 0,0004 ha
<b>Arbustal</b>	Estrato arbóreo	Se establecen parcelas de muestreo del estrato arbustivo en cuadrantes de 10 x 10 m (0,01 ha)
	Estrato arbustivo	Se establecen parcelas de 10 x 10 m, correspondientes a 0,01 ha
	Estrato herbáceo	Se establecen parcelas de muestreo del estrato herbáceo de 5 x 5 m (0,0025 ha).

Consultoría Colombiana S.A., 2014

- Los datos fueron consignados en formatos físicos, en los que se hizo registro de: localización, nombre común, científico (en algunos casos), morfo, código de voucher, altura total y comercial, CAP, usos, registro fotográfico, y observaciones generales.
- Se estableció como forma de levantamiento de la información en cada parcela, el patrón de zigzag, con el fin de facilitar la forma de colecta de datos y posterior ubicación de los individuos identificados durante etapas de verificación o monitoreo; en la Figura 7 se observa el esquema planteado.

**Figura 8 Esquema forma levantamiento parcela**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Como se indicó anteriormente las actividades de campo se desarrollaron en diferentes periodos, comprendidos entre el 16 de marzo al 1 de abril de 2013 y entre el 13 de junio al 11 de julio de 2013, durante los cuales se realizaron 131 parcelas, en el anexo D3-03 se puede observar la localización de cada una de ellas.

**Tabla 40 Relación periodos de trabajo en campo, cantidad de parcelas y de cuadrillas realizadas**

Periodo	Cantidad de parcelas	Nº cuadrillas
16 de marzo al 1 de abril de 2013	56	5
13 de junio al 11 de julio de 2013	75	3
1 al 12 de junio de 2014	30	2
<b>Total</b>	<b>161</b>	<b>10</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En el anexo D2-01-03 se presenta la localización de cada una de las parcelas.

La primera actividad a realizar en campo consistió en la ubicación de los puntos de muestreo ubicados previamente en oficina, esto mediante el uso de GPS y mapas del área de estudio (VerFoto 1yFoto 2)

Una vez localizado el punto de muestreo, se procedió al establecimiento y demarcación temporal de la parcela mediante fibra (ver Foto 3yFoto 4), se realizó la georreferenciación del punto central y tomas de registros fotográficos.

Posteriormente, los elementos arbóreos de tipo fustal fueron marcados con pintura de tránsito pesado de color amarillo, con el fin de garantizar mayor permanencia, la marcación se realizó de forma alfa-numérica, donde la letra corresponde al identificador de cada cuadrilla y el número consecutivo identificaría a cada árbol en cada parcela, (VerFoto 5aFoto 6), esto con el fin de diferenciar la información levantada por las diferentes cuadrillas que realizaron las actividades en campo. Para la categoría latizal la marcación de cada individuo inventariado se realizó mediante una equis (X) como se observa en la Foto 8yFuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### Foto 9

Como se mencionó anteriormente el levantamiento de la información tanto para fustales, como para latizales, se realizó siguiendo el patrón de zigzag (ver Foto 10, se usaron planillas de papel para el registro de los datos, dasométricos, fitosanitarios, y observaciones de cada uno de los individuos (ver Foto 10 aFoto 14)

Foto 1 localización punto de muestro



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 2 localización punto de muestro



Foto 3 demarcación de la parcela



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 4 demarcación de la parcela



Foto 5 marcación fustales



Foto 6 marcación fustales



Foto 7 marcación fustales



Foto 8 marcación fustales



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 10 marcación latizales

Foto 9 marcación latizales



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 11 Toma de datos



Foto 12 Toma de datos



Foto 13 Registro de datos



Foto 14 Registro de datos



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Colección y determinación botánica**

La colección y preservación del material botánico en campo se realizó de acuerdo a la guía para la recolección de material vegetal, publicado en la página virtual del herbario forestal de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Básicamente las actividades realizadas en campo fueron:

Colección de muestras, con su respectivo duplicado, en lo posibles fértiles, aunque esta condición depende del periodo fenológico de cada especie; se realizó registro fotográfico de un alto porcentaje de las muestras con el fin de apoyar la colección.

Registro de datos: se tomaron datos de localidad, altitud, coordenadas, voucher, morfo, características taxonómicas relevantes (olores, colores, formas) que tienden a desaparecer después del proceso de alcoholizado.

Prensado, alcoholizado y embalaje de material.

Digitación de etiquetas.

Transporte del material botánico al herbario para su determinación.

A continuación se relaciona el material usado para el desarrollo de esta actividad:

- Corta ramas, extensible de 9.0 m de longitud
- Papel periódico
- Alcohol Industrial (96%)
- Cinta de enmascarar
- Bolsas transparentes calibre mayor a 4,100 x 70 cm
- Bolsas transparentes calibre grueso de 70 x 70 cm
- Bolsas transparentes calibre grueso de 100 x 150 cm
- Costales de fibra
- Cuerda de fibra de nylon
- Tijeras para podar
- Libretas de campo

En las siguientes fotografías se observan los procesos realizados durante esta etapa:

Foto 15 Colecta botánica



Foto 16 Colecta botánica



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 17 Registro fotográfico de colectas botánicas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 18 Registro fotográfico de colectas botánicas



Foto 19 Registro fotográfico de especies



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 20 Registro fotográfico de especies



Foto 21 Registro de características de muestras botánicas

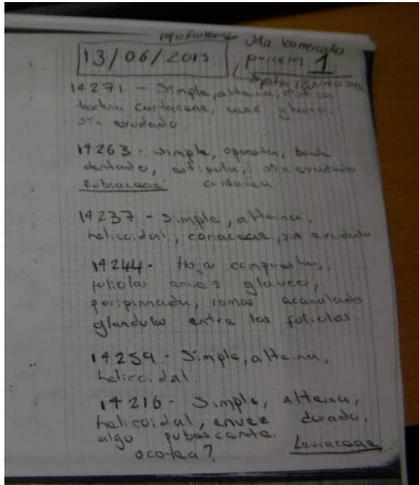


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 22 Registro de características de muestras botánicas



Foto 23 Datos morfológicos, colectas botánicas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 24 Realización etiquetas de campo botánicas



Foto 25 Material colectado



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 26 Prensado



El material colectado fue enviado al herbario Nacional de Colombia (COL) y al herbario forestal – UDBC, para el proceso de secado, donde cumplió el proceso de cuarentena exigido, con el fin de contar con adecuadas condiciones fitosanitarias para ser ingresado a la colección de monocotiledóneas y dicotiledóneas del COL, donde se realizó la determinación botánica.

Llevado a cabo este proceso se ingresaron las etiquetas (ver modelo,) Figura 9 de identificación de cada espécimen y se realizó la separación por morfoespecies.

La clasificación se realizó inicialmente por familias botánicas, unificando los morfos con las mismas características, esto con el fin de tener una aproximación a una categoría taxonómica más específica.

Luego de esto y por medio del uso de literatura botánica, de las diferentes herramientas con las que cuenta la misma, (claves taxonómicas, descripciones, ilustraciones etc.), mediante el uso de equipos que respaldan esta labor (estereoscopios etc) y el apoyo en los registros fotográficos, se logró una determinación taxonómica a nivel de especie en un gran porcentaje, proceso que depende de la calidad de la muestra y complejidad de cada una de las familias, géneros y especies.

De no ser posible contar con los órganos diagnósticos de la planta que corresponden a los caracteres reproductivos (flor y fruto), se realiza un ejercicio de comparación con especímenes depositados en el Herbario Nacional Colombiano (COL) y mediante la técnica de comparación se determinan las muestras al nivel taxonómico más detallado posible. Se acude también a la información que se encuentra en los herbarios virtuales que cuentan con colecciones realizadas en los sitios del muestreo, a los catálogos florísticos, listas de flora y flómulas de las zonas de estudio o de las zonas aledañas para confirmar y tener certeza en la identidad de las muestras.

Una vez realizada la determinación, los especímenes que se encuentran fértiles estos fueron montados y depositados en la colección del Herbario Nacional Colombiano (COL), los cuales servirán como registro de la flora perteneciente al proyecto. El

material infértil no se incluye en la colección, sin embargo se conserva como material testigo de la realización del estudio de flora.

A continuación se presenta el registro fotográfico de las actividades desarrolladas en esta etapa.

**Figura 9** Modelo etiqueta para el Proyecto

**CONSULTORIA COLOMBIANA S.A (CONCOL)**

Cód. Colección Botánica:  Cuadrilla:

Familia:

Nombre científico

Nombre común:  Usos:

**Descripción:**

**Localización:** **Colombia,** **Departamento:**

**Municipio:** , **Corregimiento:**

**Vereda:**

Longitud

Latitud

Altitud  m Fecha


 EIA CONSTRUCCION DE LA SUBESTACION TESALIA Y LAS LINEAS DE INTERCONEXION ELECTRICA TESALIAALFEREZ.
 

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 27 Clasificación de especímenes por familia



Foto 28 Clasificación de especímenes por familia



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 29 Ingreso de etiquetas



Foto 30 Ingreso de etiquetas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 31 Identificación de material



Foto 32 Identificación de material



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.6.4.3 Fase Oficina

La información colectada en campo fue digitada en una base de datos en línea, creada para disminuir los errores de digitación, debido a que cuenta con restricciones que impiden el ingreso de datos equívocos como alturas o CAP de tamaños inadecuados, así como exige la inclusión de registros obligatorios, además de permitir un procesamiento inmediato de la información, mediante el uso de postgre SQL, herramienta usada para realizar los cálculos que permitirían determinar los volúmenes de aprovechamiento forestal del proyecto.

Para el cálculo del volumen total y comercial se emplearon las siguientes fórmulas:

$$\text{Volumen total: } VT = \frac{\pi}{4} \left( \frac{DAP}{100} \right)^2 \times HT \times 0,7$$

Donde:

VT = volumen total en m3

$\pi$  = pi

DAP = diámetro a la altura del pecho (DAP) en metros  
 HT = altura total del individuo en metros  
 0,7 = Factor forma

Para el volumen comercial:  $VC = \frac{\pi \left( \frac{DAP}{100} \right)^2}{4} \times HC \times 0,7$

Donde:

VT = volumen comercial en m<sup>3</sup>  
 π = pi  
 DAP = diámetro a la altura del pecho (DAP) en metros  
 HC = altura comercial en metros  
 0,7 = Factor forma (usado para bosques tropicales y vegetación latifoliada)

Con base en los datos obtenidos durante el muestreo realizado, se estimaron los volúmenes maderables y cantidad de individuos a aprovechar sobre el área directa resultante para el aprovechamiento forestal, (para latizales y fustales), dichas estimaciones se realizaron para el área puntual de aprovechamiento forestal, conforme a los siguientes parámetros.

- Cálculo de cantidad de individuos por ecosistema por unidad de área (m<sup>2</sup>): se realizó la sumatoria para cada tipo ecosistema de la cantidad de individuos muestreados, posteriormente se realizó el promedio de acuerdo al total área muestreada, para obtener un dato por unidad de área (m<sup>2</sup>), y posteriormente realizar la extrapolación del resultado obtenido por cada tipo de ecosistema, de acuerdo al área de cada uno de ellos.
- Cálculo del volumen (total y comercial) por individuo por ecosistema, aplicando la metodología anteriormente explicada:
- Estimación de la cantidad de especies e individuos, por ecosistema para cada tipo de área a intervenir.

A continuación se presentan la formulación empleada para determinar, la cantidad de individuos y volumen (total y comercial) que serán objeto de aprovechamiento forestal.

$$VolIndEco_{xi} = \frac{\sum Vol Eco_{xi}}{\sum Ind Eco_{xi}}$$

$$CI Am_{Eco_{xi}} = \frac{\sum IndEco_{xi}}{AmEco_{xi}}$$

$$CIxEco_{xi} = ÁreaTEco_{xi} \times CI Am_{Eco_{xi}}$$

$$VolEco_{xi} = CantindxEco_{xi} \times VolIndEco_{xi}$$

Donde:

- Vol Ind Eco<sub>xi</sub> = volumen (total ó comercial) de cada individuo en cada tipo de ecosistema
- CI Am<sub>eco xi</sub> = cantidad de individuos por área muestreada en cada tipo de ecosistema
- Cant ind x Eco<sub>xi</sub> = cantidad de individuos presentes en cada tipo de ecosistema

- Vol Eco<sub>xi</sub> = volumen (total ó comercial) en cada tipo de ecosistema
- Vol = volumen
- Ind = individuos
- Eco<sub>xi</sub> = se refiere a cada uno de los ecosistemas presentes en el área puntual de aprovechamiento forestal
- Am = área de muestreo
- CI = cantidad de individuos
- ÁreaT: área total

Finalmente, teniendo en cuenta que puede presentarse superposición de los diferentes tipos de áreas, es decir un polígono con un área X, puede tener diferentes usos, dependiendo de la etapa de desarrollo del proyecto; se realizó una jerarquización de los diferentes tipos de áreas, de acuerdo a la temporalidad o permanencia de las mismas, tal como se observa en la Tabla 41. Esto permitió evitar que se sobreestimaran las áreas de afectación, sobre el área puntual de aprovechamiento forestal.

**Tabla 41 Jerarquización de los tipos de área que conforman el área puntual de aprovechamiento forestal.**

Nivel	Tipo de área	
1	Sitios de torres	Sitios de torre
2	Campos de Franjas de Aprovechamiento	vanos
3	Infraestructura asociada	Campamentos
		Estaciones de tendido
		Patios o centros de acopio
		Helipuertos
4	Accesos a adecuar	Accesos
5	Captaciones	Franja de captaciones

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La gestión y procesamiento de la información se realizó mediante herramientas SIG y el uso de PostgreSQL.

#### 4.6.5 Resultados y análisis

A continuación se presentan los resultados de los volúmenes de aprovechamiento forestal, cantidad de individuos y especies que serán intervenidos durante la construcción del Proyecto, discriminados inicialmente por el tipo de área a intervenir y posteriormente totalizado, en el anexo D3-01-02 se relacionan la base de datos primaria, que sustentan los resultados obtenidos.

##### 4.6.5.1 Aprovechamiento forestal en sitios de torre

En la Tabla 42, se presenta el consolidado de los volúmenes maderables a aprovechar en los ecosistemas naturales y pastos arbolados que serán intervenidos por los sitios de torre. Como se observa el volumen total de aprovechamiento será de 1.861,21 m<sup>3</sup>, el volumen comercial de 802,52 m<sup>3</sup> y 11.564 individuos arbóreos, para las categorías fustal y latizal.

Para la categoría fustal se espera realizar el aprovechamiento de 3.311 individuos, con un volumen total de 1.759,14 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 802,52 m<sup>3</sup>. Respecto a la categoría latizal, la cantidad de individuos estimada a aprovechar es de 11.564, con un volumen total de 102,07 m<sup>3</sup>.

**Tabla 42 Relación del volumen maderable, comercial y total y cantidad de individuos a aprovechar para la categoría fustal y latizal en los sitios de torres.**

ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
	fustal	latizal	Consolidado	Fustal consol	fustal	latizal	consolidado	
Arbustal abierto del Orobioma alto de los Andes	0,00	0,03	0,03	0,00	0	33	33	0,01
Arbustal denso del Orobioma alto de los Andes	0,06	0,06	0,13	0,00	4	59	63	0,01
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma alto de los Andes	19,78	0,48	20,25	8,45	42	58	100	0,10
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	59,59	5,09	64,68	20,94	112	511	623	0,36
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	53,12	1,60	54,72	25,00	94	227	321	0,23
Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	2,61	0,14	2,75	0,95	6	17	23	0,01
Bosque denso del Orobioma alto de los Andes	279,16	17,74	296,90	134,63	658	1.352	2.010	1,40
Bosque denso del Orobioma medio de los Andes	644,36	27,23	671,59	305,45	1.109	2.238	3.347	2,23
Bosque fragmentado del Orobioma alto de los Andes	26,49	2,05	28,54	8,80	94	236	330	0,20
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	29,79	3,06	32,85	8,37	89	592	681	1,29
Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes	272,88	6,21	279,09	121,25	290	1.004	1.294	3,32
Pastos arbolados del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	14,87	0,76	15,63	4,51	25	276	301	0,38
Pastos arbolados del Zonobioma alternohigrico y o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	50,91	0,00	50,91	29,01	8	0	8	0,41
Vegetación de páramo y subpáramo del Orobioma alto de los Andes	0,00	0,00	0,00		0	0	0	0,32
Vegetación secundaria alta del Orobioma alto de los Andes	10,33	2,17	12,50	5,39	26	228	254	0,10
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	18,35	1,39	19,74	7,70	53	152	205	0,10
Vegetación secundaria alta del Orobioma medio de los Andes	208,19	5,72	213,92	97,79	328	719	1.047	0,72
Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	1,89	0,56	2,45	0,44	9	97	106	0,03

ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
<b>Vegetación secundaria baja del Orobioma alto de los Andes</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0,02
<b>Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes</b>	33,58	14,82	48,40	10,28	156	2.003	2.159	1,02
<b>Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes</b>	31,76	6,70	38,46	12,96	195	839	1.034	0,90
<b>Vegetación secundaria baja del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena</b>	1,42	6,26	7,68	0,57	13	923	936	0,36
<b>Total general</b>	1.759,14	102,07	1.861,21	802,52	3.311	11.564	14.875	13,51

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.6.5.2 Aprovechamiento forestal en vanos

En la Tabla 43, se presenta el consolidado de los volúmenes maderables a aprovechar en los ecosistemas naturales y pastos arbolados que serán intervenidos por el aprovechamiento forestal sectorizado en los vanos. Como se observa el volumen total de aprovechamiento será de 16.160,56 m<sup>3</sup>, el volumen comercial de 7.140,56 m<sup>3</sup> y 114.804 individuos arbóreos, para las categorías fustal y latizal.

Para la categoría fustal se espera realizar el aprovechamiento de 29.946 individuos, con un volumen total de 15.325,67 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 7.140,56 m<sup>3</sup>. Respecto a la categoría latizal, la cantidad de individuos estimada a aprovechar es de 114.804, con un volumen total de 834,88 m<sup>3</sup>.

**Tabla 43 Relación del volumen maderable, comercial y total y cantidad de individuos a aprovechar para la categoría fustal y latizal en los vanos.**

ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
	fustal	latizal	consolidad	Fustal consolidad	fustal	latizal	consolida	
Arbustal abierto del Orobioma alto de los Andes	0,00	0,15	0,15	0,00	0	151	151	0,07
Arbustal denso del Orobioma alto de los Andes	0,50	0,45	0,94	0,00	31	425	456	0,10
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma alto de los Andes	228,36	5,43	233,80	97,56	485	661	1.146	1,09
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	320,81	27,31	348,12	112,74	603	2.739	3.342	1,95
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	1.148,30	34,75	1.183,05	540,50	2.032	4.916	6.948	5,00
Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	94,52	4,81	99,34	34,41	217	598	815	0,46
Bosque denso del Orobioma alto de los Andes	3.565,86	225,29	3.791,14	1.719,70	8.405	17.173	25.578	17,79
Bosque denso del Orobioma bajo de los Andes	162,20	10,65	172,85	92,74	154	1.023	1.177	0,35
Bosque denso del Orobioma medio de los Andes	5.440,21	229,25	5.669,45	2.578,82	9.363	18.844	28.207	18,76
Bosque fragmentado del Orobioma alto de los Andes	248,30	18,96	267,26	82,49	881	2.188	3.069	1,90
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	58,57	6,10	64,67	16,46	175	1.181	1.356	2,58
Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes	795,11	18,46	813,57	353,30	845	2.984	3.829	9,94
Pastos arbolados del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	26,77	1,51	28,28	8,13	45	548	593	0,74
Pastos arbolados del Zonobioma alternohigrico y o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	95,46	0,00	95,46	54,39	15	0	15	0,67
Vegetación de páramo y subpáramo del Orobioma alto de los Andes	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0,89
Vegetación secundaria alta del Orobioma alto de los Andes	310,63	64,93	375,57	162,06	782	6.819	7.601	3,07
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	73,40	5,54	78,94	30,80	212	606	818	0,41
Vegetación secundaria alta del Orobioma medio de los Andes	2.413,90	66,86	2.480,76	1.133,84	3.803	8.398	12.201	8,32

ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
<b>Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena</b>	33,16	10,12	43,27	7,78	158	1.756	1.914	0,48
<b>Vegetación secundaria baja del Orobioma alto de los Andes</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0,07
<b>Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes</b>	113,21	50,59	163,80	34,68	526	6.835	7.361	3,46
<b>Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes</b>	193,68	41,06	234,74	79,04	1.189	5.144	6.333	5,51
<b>Vegetación secundaria baja del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena</b>	2,73	12,67	15,40	1,11	25	1.869	1.894	0,73
<b>Total general</b>	<b>15.325,67</b>	<b>834,88</b>	<b>16.160,56</b>	<b>7.140,56</b>	<b>29.946</b>	<b>84.858</b>	<b>114.804</b>	<b>84,34</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### **4.6.5.3 Aprovechamiento forestal en infraestructura asociada**

En la Tabla 44, se presenta el consolidado de los volúmenes maderables a aprovechar en los ecosistemas naturales y pastos arbolados que serán intervenidos por la infraestructura asociadas. Como se observa el volumen total de aprovechamiento será de 1.178,82 m<sup>3</sup>, el volumen comercial de 494,28 m<sup>3</sup> y 11.085 individuos arbóreos, para las categorías fustal y latizal.

Para la categoría fustal se espera realizar el aprovechamiento de 2.426 individuos, con un volumen total de 1.106,31 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 494,28 m<sup>3</sup>. Respecto a la categoría latizal, la cantidad de individuos estimada a aprovechar es de 8.659, con un volumen total de 72,51 m<sup>3</sup>.

**Tabla 44 Relación del volumen maderable, comercial y total y cantidad de individuos a aprovechar para la categoría fustal y latizal en las áreas de infraestructura asociada.**

ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
	fustal	latizal	consolidado	Fustal consolidado	fustal	latizal	consolidado	
<b>Bosque de galería y/o ripario del Orobioma alto de los Andes</b>	16,95	0,40	17,35	7,24	36	49	85	0,08
<b>Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes</b>	28,26	0,84	29,10	13,30	50	119	169	0,12
<b>Bosque denso del Orobioma alto de los Andes</b>	131,09	8,30	139,40	63,22	309	633	942	0,66
<b>Bosque denso del Orobioma medio de los Andes</b>	588,59	24,78	613,37	279,01	1.013	2.037	3.050	2,03
<b>Bosque fragmentado del Orobioma alto de los Andes</b>	50,45	3,86	54,31	16,76	179	445	624	0,39
<b>Bosque fragmentado del Orobioma medio de los Andes</b>	73,03	19,48	92,52	19,75	478	3.229	3.707	1,20
<b>Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes</b>	95,04	2,20	97,24	42,23	101	356	457	1,19
<b>Pastos arbolados del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena</b>	8,92	0,47	9,40	2,71	15	172	187	0,23
<b>Vegetación de páramo y subpáramo del Orobioma alto de los Andes</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0,83
<b>Vegetación secundaria alta del Orobioma medio de los Andes</b>	92,67	2,60	95,27	43,53	146	326	472	0,32
<b>Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes</b>	21,31	9,57	30,88	6,53	99	1.293	1.392	0,66
<b>Total general</b>	<b>1.106,31</b>	<b>72,51</b>	<b>1.178,82</b>	<b>494,28</b>	<b>2.426</b>	<b>8.659</b>	<b>11.085</b>	<b>7,70</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### **4.6.5.4 Aprovechamiento forestal en accesos a adecuar**

En la Tabla 45, se presenta el consolidado de los volúmenes maderables a aprovechar en los ecosistemas naturales y pastos arbolados que serán intervenidos por acceso a adecuar. Como se observa el volumen total de aprovechamiento será de 2.474,61 m<sup>3</sup>, el volumen comercial de 1.027,19 m<sup>3</sup> y 24,181 individuos arbóreos, para las categorías fustal y latizal.

Para la categoría fustal se espera realizar el aprovechamiento de 4.528 individuos, con un volumen total de 2.328,80 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 1.027,19 m<sup>3</sup>. Respecto a la categoría latizal, la cantidad de individuos estimada a aprovechar es de 19,653, con un volumen total de 145,81 m<sup>3</sup>.

**Tabla 45 Relación del volumen maderable, comercial y total y cantidad de individuos a aprovechar para la categoría fustal y latizal en los accesos**

Ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
	fustal	latizal	consolidado	Fustal consolidado	fustal	latizal	consolidado	
Arbustal abierto del Orobioma alto de los Andes	0,00	1,81	1,81	0,00	0	1.792	1.792	0,79
Arbustal denso del Orobioma alto de los Andes	0,56	0,49	1,05	0,00	35	471	506	0,12
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma alto de los Andes	22,13	0,53	22,66	9,45	47	65	112	0,11
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	172,38	14,67	187,04	60,58	324	1.471	1.795	1,05
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	266,73	8,04	274,78	125,55	472	1.138	1.610	1,16
Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofitico Tropical del Alto Magdalena	51,40	2,61	54,01	18,71	118	324	442	0,25
Bosque denso del Orobioma alto de los Andes	207,04	13,12	220,15	99,85	488	1.000	1.488	1,04
Bosque denso del Orobioma bajo de los Andes	10,53	0,67	11,20	6,02	10	64	74	0,02
Bosque denso del Orobioma medio de los Andes	653,66	27,54	681,20	309,86	1.125	2.264	3.389	2,26
Bosque fragmentado del Orobioma alto de los Andes	47,91	3,67	51,59	15,92	170	424	594	0,37
Bosque fragmentado del Orobioma medio de los Andes	2,90	0,80	3,71	0,79	19	133	152	0,05
Pastos arbolados del Orobioma alto de los Andes	10,31	0,01	10,32	4,20	21	70	91	0,35
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	47,86	5,02	52,88	13,45	143	972	1.115	2,13
Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes	429,08	9,94	439,02	190,66	456	1.607	2.063	5,36
Pastos arbolados del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofitico Tropical del Alto Magdalena	20,22	1,10	21,33	6,14	34	400	434	0,55
Pastos arbolados del Zonobioma alternohigrico y o subxerofitico tropical del Valle	6,36	0,00	6,36	3,63	1	0	1	0,07

Ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
<b>del Cauca</b>								
<b>Vegetación de páramo y subpáramo del Orobioma alto de los Andes</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0	0	1,71
<b>Vegetación secundaria alta del Orobioma alto de los Andes</b>	4,37	0,88	5,25	2,28	11	92	103	0,04
<b>Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes</b>	32,55	2,48	35,02	13,65	94	271	365	0,18
<b>Vegetación secundaria alta del Orobioma medio de los Andes</b>	229,14	6,37	235,51	107,63	361	800	1.161	0,79
<b>Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena</b>	6,30	1,99	8,28	1,48	30	345	375	0,09
<b>Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes</b>	63,49	28,25	91,74	19,45	295	3.817	4.112	1,93
<b>Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes</b>	42,35	8,96	51,31	17,28	260	1.122	1.382	1,20
<b>Vegetación secundaria baja del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena</b>	1,53	6,86	8,38	0,62	14	1.011	1.025	0,39
<b>Total general</b>	<b>2.328,80</b>	<b>145,81</b>	<b>2.474,61</b>	<b>1.027,19</b>	<b>4.528</b>	<b>19.653</b>	<b>24.181</b>	<b>22,01</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### **4.6.5.5 Aprovechamiento forestal en las franjas de captación**

En la Tabla 46, se presenta el consolidado de los volúmenes maderables a aprovechar en los ecosistemas naturales y pastos arbolados que serán intervenidos por las franjas de captación. Como se observa el volumen total de aprovechamiento será de 675,48 m<sup>3</sup>, el volumen comercial de 260,44 m<sup>3</sup> y 5.544 individuos arbóreos, para las categorías fustal y latizal.

Para la categoría fustal se espera realizar el aprovechamiento de 1.351 individuos, con un volumen total de 631,85 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 260,44 m<sup>3</sup>. Respecto a la categoría latizal, la cantidad de individuos estimada a aprovechar es de 4.193, con un volumen total de 43,62 m<sup>3</sup>.

**Tabla 46 Relación del volumen maderable, comercial y total y cantidad de individuos a aprovechar para la categoría fustal y latizal en las franjas de captación**

Ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
	fustal	latizal	consolidado	Fustal consolidado	fustal	latizal	consolidado	
<b>Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes</b>	240,48	20,45	260,92	84,51	452	2.051	2.503	1,46
<b>Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena</b>	92,78	4,73	97,51	33,78	213	588	801	0,46
<b>Bosque denso del Orobioma alto de los Andes</b>	280,86	17,78	298,63	135,45	662	1.355	2.017	1,40
<b>Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes</b>	9,41	0,22	9,63	4,18	10	35	45	0,12
<b>Pastos arbolados del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena</b>	8,33	0,45	8,78	2,53	14	164	178	0,22
<b>Total general</b>	631,85	43,62	675,48	260,44	1.351	4.193	5.544	3,66

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.6.5.6 Resultado aprovechamiento forestal

De acuerdo a los datos anteriores, los volúmenes maderables y cantidad de individuos, consolidados para el área de influencia puntual de aprovechamiento forestal del Proyecto son: 22.350,68 m<sup>3</sup> de volumen total y 9.724,99 m<sup>3</sup> de volumen comercial, correspondientes a 170.489 individuos, tal como se observa en la Tabla 47.

En el anexo D2-01-02, se discriminan estos datos con mayor precisión, en el anexo H1-01 (cartografía), se encuentra el mapa de aprovechamiento forestal, referenciado con el código; 9-EEB-TES-AMB-CONCOL-5075-1-EEB.

En la Tabla 48, se relacionan los volúmenes maderables a aprovechar, por municipio, departamento y CAR.

**Tabla 47 Aprovechamiento forestal total para el Proyecto**

ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> ) consolidado	Volumen comercial (m <sup>3</sup> ) consolidado	Cantidad de individuos consolidado	Área (ha)
Arbustal abierto del Orobioma alto de los Andes	2,00	0,00	1.976	0,87
Arbustal denso del Orobioma alto de los Andes	2,12	0,00	1.025	0,23
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma alto de los Andes	294,07	122,71	1.443	1,37
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	860,77	278,76	8.263	4,81
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	1.541,65	704,36	9.048	6,51
Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofitico Tropical del Alto Magdalena	253,61	87,86	2.081	1,18
Bosque denso del Orobioma alto de los Andes	4.746,22	2.152,85	32.035	22,28
Bosque denso del Orobioma bajo de los Andes	184,05	98,76	1.251	0,37
Bosque denso del Orobioma medio de los Andes	7.635,61	3.473,13	37.993	25,27
Bosque fragmentado del Orobioma alto de los Andes	401,69	123,97	4.617	2,86
Bosque fragmentado del Orobioma medio de los Andes	96,22	20,54	3.859	1,24
Pastos arbolados del Orobioma alto de los Andes	10,32	4,20	91	0,35
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	150,40	38,29	3.152	6,00
Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes	1.638,55	711,62	7.688	19,93
Pastos arbolados del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofitico Tropical del Alto Magdalena	83,41	24,02	1.693	2,12
Pastos arbolados del Zonobioma alternohigrico y o subxerofitico tropical del Valle del Cauca	152,73	87,03	24	1,15

ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> ) consolidado	Volumen comercial (m <sup>3</sup> ) consolidado	Cantidad de individuos consolidados	Área (ha)
Vegetación de páramo y subpáramo del Orobioma alto de los Andes	0,00		0	3,75
Vegetación secundaria alta del Orobioma alto de los Andes	393,31	169,73	7.958	3,21
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	133,70	52,15	1.388	0,69
Vegetación secundaria alta del Orobioma medio de los Andes	3.025,45	1.382,79	14.881	10,15
Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofitico Tropical del Alto Magdalena	54,01	9,70	2.395	0,60
Vegetación secundaria baja del Orobioma alto de los Andes	0,00		0	0,08
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	334,82	70,93	15.024	7,07
Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes	324,51	109,29	8.749	7,61
Vegetación secundaria baja del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofitico Tropical del Alto Magdalena	31,46	2,30	3.855	1,48
Total general	22.350,68	<b>9.724,99</b>	<b>170.489</b>	<b>131,22</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 48 Consolidado aprovechamiento forestal – División político administrativa**

CAR	Departamento	Municipio	ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
				fustal	latizal	consolidado	fustal	latizal	consolidado	fustal	
CAM	HUILA	ÍQUIRA	Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	114,39	9,76	124,15	40,20	215	979	1.194	0,69
			Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	226,51	11,52	238,03	82,47	520	1.431	1.951	1,11
			Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	31,46	3,31	34,77	8,84	94	641	735	1,40
			Pastos arbolados del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	55,32	3,00	58,32	16,79	93	1.089	1.182	1,48
			Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	7,27	0,58	7,85	3,05	21	63	84	0,04
			Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	6,30	1,99	8,28	1,48	30	345	375	0,09
			Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	45,84	20,71	66,55	14,04	213	2.798	3.011	1,42
			Vegetación secundaria baja del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	0,98	4,22	5,20	0,40	9	622	631	0,24
		PALERMO	Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	26,07	2,23	28,30	9,16	49	224	273	0,16
			Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	11,87	0,36	12,23	5,59	21	51	72	0,05
			Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	77,90	5,88	83,78	32,68	225	643	868	0,43
			Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	36,59	16,22	52,80	11,21	170	2.191	2.361	1,11
			Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes	31,11	6,58	37,69	12,70	191	824	1.015	0,88

CAR	Departamento	Municipio	ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
		SANTA MARÍA	Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	246,86	21,03	267,89	86,75	464	2.109	2.573	1,50
			Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	163,32	4,95	168,26	76,87	289	700	989	0,71
			Bosque denso del Orobioma medio de los Andes	62,17	2,63	64,80	29,47	107	216	323	0,21
			Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	3,01	0,29	3,31	0,85	9	57	66	0,12
			Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes	106,33	2,46	108,79	47,25	113	398	511	1,32
			Vegetación secundaria alta del Orobioma medio de los Andes	117,43	3,26	120,69	55,16	185	410	595	0,41
			Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	27,55	12,34	39,89	8,44	128	1.668	1.796	0,85
			Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes	57,01	12,11	69,12	23,27	350	1.517	1.867	1,62
		TERUEL	Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	128,22	10,96	139,18	45,06	241	1.099	1.340	0,78
			Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofitico Tropical del Alto Magdalena	5,23	0,27	5,50	1,90	12	34	46	0,03
			Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	35,48	3,68	39,16	9,97	106	713	819	1,56
			Pastos arbolados del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofitico Tropical del Alto Magdalena	5,35	0,32	5,67	1,63	9	115	124	0,16
			Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	22,51	1,69	24,20	9,44	65	185	250	0,12
			Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofitico Tropical del Alto Magdalena	6,51	1,98	8,49	1,53	31	344	375	0,09
			Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	24,11	10,83	34,93	7,38	112	1.463	1.575	0,74
			Vegetación secundaria baja del Zonobioma Alternohigrico y o	0,55	2,35	2,90	0,22	5	347	352	0,13

CAR	Departamento	Municipio	ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
			Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena								
		TESALIA	Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	33,52	2,85	36,37	11,78	63	286	349	0,20
			Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	9,58	0,50	10,08	3,49	22	62	84	0,05
			Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	51,21	5,31	56,52	14,39	153	1.028	1.181	2,25
			Pastos arbolados del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	18,44	0,98	19,42	5,60	31	356	387	0,48
			Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	28,54	8,70	37,23	6,69	136	1.509	1.645	0,41
			Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	62,63	27,58	90,22	19,18	291	3.727	4.018	1,89
			Vegetación secundaria baja del Zonobioma Alternohigrico y o Subxerofítico Tropical del Alto Magdalena	4,14	19,22	23,36	1,68	38	2.834	2.872	1,10
			Total CAM		1891,28	242,637248	2133,92	1.891,28	242,64	2.133,92	706,60
CORTOLIMA	TOLIMA	PLANADAS	Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	140,46	11,92	152,38	49,36	264	1.196	1.460	0,85
			Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	349,24	10,56	359,80	164,39	618	1.494	2.112	1,52
			Bosque denso del Orobioma bajo de los Andes	165,36	10,83	176,20	94,54	157	1.041	1.198	0,35
			Bosque denso del Orobioma medio de los Andes	2.669,26	112,53	2.781,79	1.265,31	4.594	9.250	13.844	9,21
			Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes	1.141,39	26,44	1.167,82	507,16	1.213	4.273	5.486	14,22
			Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	16,62	1,26	17,88	6,97	48	138	186	0,09

CAR	Departamento	Municipio	ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)			
			Vegetación secundaria alta del Orobioma medio de los Andes	337,68	9,35	347,03	158,61	532	1.175	1.707	1,17			
			Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes	111,91	23,71	135,62	45,67	687	2.970	3.657	3,18			
			Arbustal abierto del Orobioma alto de los Andes	0,00	2,00	2,00	0,00	0	1.976	1.976	0,87			
		RIOBLANCO	Arbustal denso del Orobioma alto de los Andes	1,12	1,00	2,12	0,00	70	955	1.025	0,23			
			Bosque de galería y/o ripario del Orobioma alto de los Andes	76,75	1,85	78,60	32,79	163	225	388	0,37			
			Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	113,02	3,41	116,43	53,20	200	482	682	0,49			
			Bosque denso del Orobioma alto de los Andes	3.066,51	193,85	3.260,36	1.478,88	7.228	14.777	22.005	15,31			
			Bosque denso del Orobioma medio de los Andes	1.221,33	51,50	1.272,83	578,95	2.102	4.233	6.335	4,22			
			Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes	214,54	4,92	219,46	95,33	228	796	1.024	2,65			
			Vegetación de páramo y subpáramo del Orobioma alto de los Andes			0,00				0	2,94			
			Vegetación secundaria alta del Orobioma alto de los Andes	325,33	67,98	393,31	169,73	819	7.139	7.958	3,21			
			Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes	14,33	2,99	17,32	5,85	88	374	462	0,40			
			Total CORTOLIMA				9964,85	536,102376	10500,95	9.964,85	536,10	10.500,95	4.706,75	19.011
			CVC	VALLE DEL CAUCA	PRADERA	Bosque de galería y/o ripario del Orobioma alto de los Andes	210,47	5,00	215,47	89,92	447	608	1.055	1,00
						Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	103,75	8,76	112,51	36,46	195	879	1.074	0,62
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma medio de los Andes	858,97	25,96				884,93	404,31	1.520	3.673	5.193	3,74			
Bosque denso del Orobioma alto de los Andes	1.397,49	88,37				1.485,86	673,97	3.294	6.736	10.030	6,98			
Bosque denso del Orobioma bajo de los Andes	7,37	0,48				7,85	4,22	7	46	53	0,02			

CAR	Departamento	Municipio	ecosistema	Volumen total (m <sup>3</sup> )			Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Cantidad de individuos			Área (ha)
			Bosque denso del Orobioma medio de los Andes	3.374,05	142,14	3.516,20	1.599,40	5.807	11.684	17.491	11,63
			Bosque fragmentado del Orobioma alto de los Andes	373,15	28,54	401,69	123,97	1.324	3.293	4.617	2,86
			Bosque fragmentado del Orobioma medio de los Andes	75,94	20,29	96,22	20,54	497	3.362	3.859	1,24
			Pastos arbolados del Orobioma alto de los Andes	10,31	0,01	10,32	4,20	21	70	91	0,35
			Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	15,06	1,58	16,64	4,23	45	306	351	0,67
			Pastos arbolados del Orobioma medio de los Andes	139,26	3,21	142,47	61,88	148	519	667	1,73
			Pastos arbolados del Zonobioma alternohigrico y o subxerofitico tropical del Valle del Cauca	152,73		152,73	87,03	24		24	1,15
			Vegetación de páramo y subpáramo del Orobioma alto de los Andes			0,00				0	0,81
			Vegetación secundaria alta del Orobioma medio de los Andes	2.488,80	68,93	2.557,73	1.169,02	3.921	8.658	12.579	8,57
			Vegetación secundaria baja del Orobioma alto de los Andes			0,00				0	0,08
			Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	34,87	15,55	50,42	10,68	162	2.101	2.263	1,06
			Vegetación secundaria baja del Orobioma medio de los Andes	53,43	11,34	64,76	21,81	328	1.420	1.748	1,52
Total CVC				9295,65	420,15913 <sub>9</sub>	9715,81	9.295,65	420,16	9.715,81	4.311,6 <sub>4</sub>	17.740
Total general				<b>21.151,7<sub>8</sub></b>	<b>1.198,90</b>	<b>22.350,68</b>	<b>9.724,99</b>	<b>41.562</b>	<b>128.927</b>	<b>170.489</b>	<b>131,22</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.6.5.7 Listado de especies

Con base en el muestreo realizado, se realizó una estimación de la cantidad de individuos por especie, en total se hallaron 613 especies. A continuación se presentan el listado de 50 especies estimadas más abundantes, en el anexo D2-01-02, se encuentra el resultado total de las especies identificadas y las cantidades aproximadas que se esperan hallar en el AID.

**Tabla 49** Listado de especies

ID	Especie	Cantidad individuos	Volumen total m <sup>3</sup>	Volumen comercial m <sup>3</sup>	ID	Especie	Cantidad individuos	Volumen total m <sup>3</sup>	Volumen comercial m <sup>3</sup>
1	Cyathea sp.01	1263	716,72	338,57	26	Cecropia sp.01	308	175,43	78,60
2	NA ascenso	920	462,26	219,66	27	Miconia caudata	305	144,32	67,79
3	Hedyosmum racemosum	761	332,43	159,70	28	Miconia bailloniana	291	168,78	79,97
4	Weinmannia elliptica	755	317,94	154,72	29	Ocotea sericea	288	122,84	58,88
5	Saurauia cuatrecasana	723	347,99	154,18	30	Brunellia goudotii	281	131,71	59,71
6	Weinmannia pubescens	577	297,59	141,85	31	Cinchona pubescens	281	176,03	81,10
7	Senna spectabilis	550	429,07	189,89	32	Cyathea caracasana	266	142,36	66,62
8	Blakea sp.01	533	245,00	117,42	33	Urera caracasana	261	140,56	58,57
9	Hedyosmum goudotianum	506	221,42	106,57	34	Meliosma sp.02	259	137,39	65,32
10	Freziera canescens	495	189,37	84,64	35	Cecropia telealba	259	129,81	55,80
11	Cyathea pungens	491	236,58	111,94	36	Ocotea sp.01	250	137,82	63,25
12	Weinmannia sp.01	480	201,06	93,65	37	Meriania rigida	247	106,10	50,66
13	Hedyosmum luteynii	471	199,82	96,37	38	Lauraceae sp.01	246	126,74	60,25
14	Hedyosmum cuatrecazanum	458	212,86	102,03	39	Fabaceae sp.01	246	142,93	67,76
15	Sapium stylare	399	283,47	130,22	40	Brunelliaceae sp.01	245	140,63	66,70
16	Quercus humboldtii	383	224,90	106,49	41	Buddleja incana	233	153,26	66,78
17	Baccharis brachylaenoides	377	105,98	48,41	42	Oreopanax incisus	231	107,02	47,79
18	Miconia lonchophylla	365	156,40	75,36	43	Juglans neotropica	225	165,31	75,30
19	Geissanthus andinus	357	100,91	38,57	44	Miconia sp.11	214	120,74	57,31
20	Hieronyma alchorneoides	339	190,21	89,39	45	Matayba sp.01	213	132,73	62,46
21	Croton bogotanus	335	87,76	38,50	46	Acinodendron plethoricum	210	89,09	42,97
22	Ocotea sp.04	330	198,83	93,89	47	Miconia micropetala	209	86,12	44,05

ID	Especie	Cantidad individuos	Volumen total m <sup>3</sup>	Volumen comercial m <sup>3</sup>	ID	Especie	Cantidad individuos	Volumen total m <sup>3</sup>	Volumen comercial m <sup>3</sup>
23	Saurauia bullosa	328	154,95	73,30	48	Delostoma integrifolium	209	119,72	56,32
24	Morus insignis	327	192,84	90,32	49	Croton hibiscifolius	206	66,96	27,99
25	Saurauia ursina	322	146,48	70,35	50	Guettarda crispiflora	203	109,19	51,61

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 4.6.6 Identificación de especies en veda y amenaza

Conforme a los términos de referencia (LI –TER-1-01) en los que se indica en el numeral 4.6. aprovechamiento forestal, que mediante el inventario realizado se deben identificar las especies amenazadas y vedadas, presentes en el área de estudio del proyecto, a continuación se presentan las especies identificadas en veda o en amenaza conforme a la normatividad nacional vigente

**Tabla 50 Especies amenazadas o vedadas presentes en el AID y All del proyecto**

Familia	Especie	Amenaza *	VEDA	Observación
Podocarpaceae	<i>Podocarpus oleifolius</i>	VU	SI	
Arecaceae	<i>Ceroxylon quindiuense</i>	EN	SI	
Arecaceae	<i>Ceroxylon alpinum</i>	VU	--	
Fagaceae	<i>Quercus humboldtii</i>	VU	SI	
Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i>	EN	--	
Zamiaceae	<i>Zamia tolimensis</i>	--	--	Endémica, del Tolima, descubierta en el año 2010
Cyatheaceae	<i>Cyatheaceae sp</i>	--	SI	
Dicksoniaceae	<i>Dicksoniaceae sp</i>	--	SI	
lauraceae	<i>Aniba perutilis</i>	CR	--	
Meliaceae	<i>Cedrela montana</i>	EN	--	
Orchidaceae	<i>Cattleya trianae</i>	EN		

\*CR: Crítico – VE: Vedado – EN: En peligro – VU: Vulnerable

\* Resolución 0192 del 10 de febrero de 2014 (MADS)

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

En el área de interés del proyecto de la Línea de transmisión Tesalia - Alférez 230 kV fueron realizadas 161 parcelas de caracterización en las diferentes coberturas, éstas se levantaron en espacios en los que se garantizaba la seguridad de los profesionales, es importante anotar que por problemas de orden público (presencia de la Guerrilla y zonas minadas) no fue posible acceder a buena parte del área de influencia directa del proyecto. Por la razón anteriormente expuesta la identificación de las especies vedadas se hizo a

partir de la caracterización hecha a las coberturas asociadas al Proyecto y mediante el uso de la tecnología LIDAR<sup>15</sup>

Para el caso del estrato arbóreo, la identificación los individuos de la mayoría de las especies identificadas como vedadas, se hizo sobre la franja de servidumbre, a partir de la interpretación de imágenes LIDAR, en las que por el nivel de resolución fue posible distinguir los siguientes taxones:

Roble: *Quercus humboldtii* (Fagaceae)

Pino romeron, pino colombiano: *Podocarpus oleifolius*, *Retrophyllum rospigliosii* (Podocarpaceae)

Palma de cera de la zona cafetera: *Ceroxylon alpinum* (Arecaceae)

Palma de cera: *Ceroxylon quinduense* (Arecaceae)

Palma boba: familias Cyatheaceae y Dicksoniaceae

Mediante este proceso se lograron identificar 552 individuos de 5 taxa diferentes, relacionadas en la Tabla 51 sobre la franja de servidumbre del proyecto. En el anexo D2-01-06, se presenta la totalidad de los individuos identificados, en la Tabla 51, se encuentra el consolidado del proceso realizado.

El proceso de levantamiento de veda de estas especies, se realizará mediante el documento correspondiente ante el MADS

**Tabla 51. Especies en veda presentes en el Proyecto**

Nombre común	Especie/Taxón	Número de individuos	Biomás
Palma de cera	<i>Ceroxylon quinduense</i>	2	Orobioma medio de los Andes
Palma boba	Cyatheaceae spp.	436	Orobiomas bajo, medio y alto de los Andes
Pino colombiano	Podocarpaceae sp.	11	Orobioma medio de los Andes
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>	70	Orobioma medio de los Andes

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

#### 4.7 EMISIONES ATMOSFERICAS

Las emisiones atmosféricas son salidas de sustancias al medio ambiente, capaces de afectar la calidad del mismo y pueden ser originadas desde fuentes fijas o móviles. Estas

<sup>15</sup>LIDAR es una tecnología que logra establecer las distancias entre un emisor láser y la superficie de la cobertura estudiada por medio de pulsos de luz y su detección por medio de señal reflejada.

sustancias pueden ser causante de enfermedades respiratorias, dependiendo de factores como su nivel de concentración, tiempo de exposición, combinación de contaminantes entre otros. Además de causar efectos desfavorables en plantas y ecosistemas.

Las actividades a ejecutarse en las etapas de construcción y operación del proyecto, no generan emisiones atmosféricas que requieran de permiso ambiental. Sin embargo se generan emisiones puntuales asociadas a:

- Gases originados por la combustión interna de los vehículos y maquinaria a utilizar en el Proyecto.
- Material particulado producto del descapote de la capa vegetal, las excavaciones para la cimentación de torres y de almacenamiento y manejo de materiales de préstamo como grava y arena.
- Manejos inadecuados de residuos sólidos, particularmente asociado a quemas a cielo abierto.

En el Capítulo 7, se plantean las adecuadas medidas de manejo, especialmente, de tipo preventivo.

#### **4.8 RESIDUOS SÓLIDOS**

Un residuo sólido es una sustancia o elemento sólido resultante del consumo o del uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, etc, que el generador abandona o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación con valor económico o disposición final.<sup>16</sup>

En las etapas de construcción, operación, abandono y restauración del proyecto, se generan residuos sólidos de origen doméstico e industrial, cuya disposición deberá realizarse adecuadamente, con el fin de evitar contaminación del suelo, el agua y el aire, además de evitar afectaciones a la comunidad asociada al área de influencia del proyecto y al personal que labora en el desarrollo del mismo.

Para lograr el manejo adecuado y eficiente de los residuos sólidos, el proyecto facilitará los medios necesarios para realizar la clasificación desde la fuente y la especificación de los procedimientos a seguir para el manejo integral de los mismos desde la fuente hasta la etapa su disposición final.

El manejo adecuado de los residuos sólidos es un programa del PMA que se debe proyectar las diferentes áreas del proyecto, las cuales se mencionan a continuación:

- Corredor de servidumbre
- Área de Influencia Directa (Veredas)
- Sitios de Torres

<sup>16</sup> Guía para el Manejo Adecuado de los Residuos Sólidos y Peligrosos. Alcaldía de envigado. 2011.

- Franjas de captación.
- Plazas o estaciones de tendido.
- Accesos
- Campamentos
- Centros de Acopio
- Helipuertos

#### 4.8.1 Manejo de residuos sólidos – consideraciones generales

Las principales actividades a tener en cuenta de forma general para el manejo adecuado de residuos sólidos son:

- Clasificación en la fuente: Los residuos sólidos se clasificarán de acuerdo con su origen en los diferentes frentes de obra y campamentos.
- Reutilización: En lo posible se recomienda, reutilizar residuos tales como: papel, cartón, recipientes, empaques, pedazos de estructuras, cables y aisladores entre otros.
- Reciclaje: Separar los residuos sólidos generados durante la construcción, que puedan ser utilizados como materia prima en la producción de elementos.
- Disposición final: Una vez clasificados y debidamente embalados, los residuos se transportarán adecuadamente, se entregaran al gestor autorizado y se dispondrán en los sitios autorizados para tal fin.

Previo al inicio de las actividades asociadas al proyecto, será necesaria la formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) para el proyecto, el cual está a cargo del contratista constructor y debe incluir las siguientes consideraciones:

- Identificación de los residuos a ser generados en las actividades de construcción
- Identificación de los puntos de generación
- Procedimiento para la recolección de los residuos en sitios de obras, y sitios de uso temporal
- Procedimiento para la clasificación y separación en la fuente.
- Procedimiento para la segregación en los sitios de acopio temporal en campamentos mayores.
- Metodología para la cuantificación y registro de los residuos ingresados a los sitios de acopio
- Establecer la forma de transporte de los residuos entre: sitios de obra, campamentos volantes, campamentos mayores y sitios de entrega al gestor autorizado (para los casos en los que el gestor no pueda acceder a cualquiera de los campamentos)
- Definir los periodos de recolección y la disposición final de los mismos, según sea el tipo de residuo generado.

Una vez se haya clasificado y almacenado los residuos sólidos en centros de acopio, se realizará el manejo de los mismos (recolección, transporte, tratamiento y disposición final),

por medio de un gestor autorizado y/o la entrega a las empresas de servicios públicos municipales que se encuentren legalmente constituidas, cuenten con un relleno sanitario con licencia ambiental vigente. Para lo cual el contratista deberá suscribir un contrato de servicios por el tiempo de duración del proyecto y presentarlo con la respectiva documentación legal, a la interventoría para su aprobación.

#### 4.8.2 Clasificación y manejo de Residuos Sólidos

En la , se relaciona el tipo de residuo, la clasificación del residuo, los residuos sólidos más comunes a generarse tanto en la etapa de construcción como de operación, el manejo y disposición de cada uno de los grupos y la carta de colores a utilizar tanto en los contenedores, canecas y/o bolsas para su recolección.

**Tabla 52 Clasificación de residuos sólidos**

Tipo de Residuo	Clasificación del Residuo		Manejo y Disposición	Recipientes
RESIDUOS ORDINARIOS	ORGÁNICOS: Restos de comida provenientes de las áreas de alimentación		Se realizará el almacenamiento temporal en bolsas negras dentro de canecas plásticas debidamente cubiertas y marcadas, para luego ser entregados a las empresas de servicios públicos y/o gestor de residuos autorizado para ser llevados a su disposición final. Su entrega se realizará como mínimo dos veces a la semana. Las canecas deberán ser lavadas regularmente con el fin de evitar emisión de olores y proliferación de bacterias e insectos.	
	RECICLABLES	Plástico, envases de vidrio, chatarra	Serán clasificados y separados en la fuente, y almacenados en canecas plásticas de color azul y gris, identificadas con su contenido, para ser entregadas posteriormente a empresas recicladoras y/o gestores autorizados que cuenten con los permisos respectivos para su aprovechamiento.	
		Papel, cartón, tetra pak		
	NO RECICLABLES Papeles encerados, plastificados, metalizados, lcopor, aluminio, cartón contaminado con material orgánico y residuos no aprovechables.	Estos residuos serán clasificados y separados en la fuente y almacenados en canecas de color verde, debidamente rotuladas e identificadas para ser entregadas al gestor autorizado, para su disposición final.		
PELIGROSOS Residuos contaminados con aceites, combustibles, pinturas, solventes, y/o grasas	Serán clasificados y separados en la fuente y almacenados en canecas plásticas de color rojo, debidamente rotuladas para posteriormente ser entregadas a los gestores autorizados para su transporte, manejo y disposición final.			
ESPECIALES	Se realizará la clasificación en la fuente y			

Bolsas de cemento, pilas, bombillos y baterías.	el almacenamiento temporal en canecas o bolsas de color rojo, debidamente identificadas para posteriormente ser entregados al gestor autorizado para su adecuado transporte y disposición final.	
---	--	--

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

A continuación se puntualizan algunas acciones relacionadas con el manejo de los residuos sólidos que se deberán tener en cuenta para la aplicación del Programa propuesto por el PMA.

- Se prohíbe la disposición de residuos en los cuerpos de agua y el almacenamiento temporal de los mismos en cercanías a fuentes hídricas (incluyendo nacimientos).
- Al finalizar cada jornada laboral, se deberá realizar la limpieza de las áreas de trabajo y la evacuación de los residuos a los sitios de acopio temporal ubicados estratégicamente en los campamentos.
- En los sitios de uso temporal se habilitarán zonas para el acopio temporal de residuos de manera organizada, con adecuada señalización y ventilación, con impermeabilización adaptada y según la permanencia del punto de acopio se le instalará cubierta y cerramiento.
- La ubicación de los sitios de acopio temporal a instalar, deberán ser acordadas y aprobadas por la Interventoría, con el fin de establecer los sitios ambientalmente más adecuados, utilizando criterios de protección y prevención para evitar impactos no previstos.
- Mediante charlas diarias, capacitaciones y metodologías de educación ambiental, el contratista deberá socializar el plan de gestión de los residuos sólidos del proyecto y promover consciencia en los trabajadores de la obra para reducir y separar en la fuente.
- Mediante el uso de formatos de gestión (listas de asistencia, registro fotográfico, etc), el contratista deberá dejar evidencia de la socializaciones, charlas diarias y capacitaciones realizadas al personal vinculado en la obra. Las metodologías y los temas deberán estar acorde con lo establecido en la Ficha AM-S01-01 Talleres y Charlas Ambientales dirigidas a los trabajadores adscritos a la obra.
- Mediante registros y formatos de gestión el contratista deberá presentar la cantidad en kilogramos de los residuos sólidos ordinarios, orgánicos, peligrosos y especiales entregados a los gestores autorizados para su recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Así mismo, deberá allegar los respectivos soportes de cada una de las entregas y remitir las certificaciones de disposición final de los residuos.

#### 4.8.3 Manejo y disposición de residuos sólidos en frente de obra (sitios de torre y plazas de tendido)

Cada una de las áreas definidas como frente de obra debe disponer de un punto ecológico, debidamente señalado, en el cual se hará la clasificación de los residuos sólidos, en bolsas plásticas, de acuerdo a los lineamientos de la Tabla 52. Una vez se terminada la

jornada laboral, los residuos se deberán transportar a los campamentos volantes o mayores para ser dispuestos finalmente en el centro de acopio temporal. Esta actividad deberá ser realizada por los trabajadores.

#### Foto 1 Punto Ecológico en Frente de Obra



Punto Ecológico en frente de obra. Proyecto  
Tesalia – Altamira

Fuente: EEB, 2014



Punto Ecológico en frente de obra. Proyecto  
Tesalia – Altamira

Fuente: EEB, 2014

#### 4.8.4 Manejo y disposición de Residuos Sólidos en Campamentos Volantes (capacidad: 30 - 40 hab/día)

Los campamentos volantes son aquellos que quedarán ubicados en áreas de alta montaña y de difícil acceso y los cuales tendrán una capacidad de albergar entre 30 y 40 trabajadores.

Estas áreas deben disponer de un sitio de acopio temporal de residuos sólidos, el cual debe permitir la segregación y almacenamiento de los mismos. La ubicación de los sitio de acopio de residuos deberán ser aprobados por la interventoría y deben cumplir con lo dispuesto en el PGIRS.

Los sitios de acopio temporal deben contar con condiciones que garanticen el manejo de los residuos, tales como: cerramiento lateral, techo, piso, manejo de aguas de escorrentía, ventilación, iluminación y buena señalización.

De acuerdo a la capacidad de albergue, el PGIRS debe especificar el tamaño de los recipientes y/o contenedores en los cuales se realizará el almacenamiento de los residuos generados en el campamento volante y en los frentes de obra cercano. Dichos recipientes deberá estar señalizado o rotulado de forma clara y visible de acuerdo a los residuos a contener.

Teniendo en cuenta que los campamentos volantes estarán ubicados en áreas de difícil acceso, los residuos deberán ser transportados a los sitios de acopio de los campamentos

mayores donde se almacenarán temporalmente para ser entregados al gestor autorizado para su manejo.

#### Foto 2 Sitio de acopio temporal / Punto ecológico



Sitio de acopio temporal - Proyecto Tesalia –  
Altamira

Fuente: EEB, 2014



Punto Ecológico - Proyecto Tesalia –  
Altamira

Fuente: EEB, 2014

#### 4.8.5 Manejo y disposición de Residuos Sólidos en Campamentos Mayores (capacidad: 60 - 80 hab/día)

Los campamentos mayores son aquellos que quedarán ubicados en áreas de fácil acceso y los cuales tendrán una capacidad de albergar entre 60 y 80 trabajadores.

Los campamentos mayores deben contar con un sitio de acopio con capacidad para almacenar los residuos generados en el mismo campamento, en los campamentos volantes y en los frentes de obra. La ubicación de los sitios de acopio deberá ser aprobada por la interventoría y cumplir con los lineamientos del PGIRS.

Los sitios de acopio temporal deben contar con condiciones que garanticen el manejo de los residuos, tales como: cerramiento lateral, techo, piso, manejo de aguas de escorrentía, ventilación, iluminación y buena señalización. Adicionalmente debe disponer de una báscula que permita realizar el registro de la generación de residuos.

En el PGIRS se debe especificar la capacidad de los recipientes, canecas y/o contenedores necesarios para el almacenamiento de los residuos sólidos canalizados desde los campamentos volantes y frentes de obra. Los recipientes, canecas y/o contenedores deberán contar con una señalización clara y visible según el residuo sólido a contener.

De acuerdo al acceso que la ubicación del campamento permita, los residuos sólidos serán entregados al gestor en el sitio de acopio temporal o en un lugar previamente acordado con el gestor y autorizado por la interventoría. En el caso de requerir transporte

previo a la entrega de los residuos al gestor, se deberá tener en cuenta el cumplimiento de los lineamientos del PGIRS.



**Sitio de acopio temporal - Proyecto Tesalia –  
Altamira**

Fuente: EEB, 2014



**Pesaje y registro de los residuos ingresados  
al sitio de acopio temporal - Proyecto Tesalia  
– Altamira**

Fuente: EEB, 2014

#### **4.8.6 Manejo de residuos industriales en la franja de servidumbre en etapa de construcción y operación**

Los residuos correspondientes a carretes metálicos o de madera, cable de guarda y demás estructuras sobrantes del montaje deberán ser reutilizados o entregados al proveedor del producto.

##### **Foto 3 Residuos industriales**



**Carretes metálicos y de madera - Proyecto Tesalia –  
Altamira**

Fuente: EEB, 2014

#### **4.8.7 Manejo de residuos de excavación**

El material de excavación que cumpla con las condiciones técnicas deberá ser reutilizado en el relleno, en caso contrario debe ser reconformado en el área adyacente al sitio de torre y dentro de la franja de servidumbre. No se permite la disposición de material sobrante de excavaciones en los cuerpos de agua; así mismo, el almacenamiento temporal de materiales cerca de cuerpos de agua y en sitios de moderada o alta pendiente (> 12%).

#### **4.8.8 Disposición del material vegetal residual y de troceo**

El material vegetal resultante del aprovechamiento forestal se canalizará hacia la reutilización en las actividades como señalización, obras geotécnicas y demás actividades a desarrollar y en las cuales se puedan reutilizar. El material maderable que no se vaya a utilizar en el proyecto podrán ser entregado a la comunidad del área de influencia quienes les pueden dar diferentes usos doméstico. Una vez agotadas las posibilidades de utilización de estos materiales, los excedentes se convierten en residuos los cuales deberán picarse para facilitar su manejo y disposición.

El procedimiento de picado de estos residuos de deberá realizar con motosierra o de forma manual, y se deberá dispone únicamente en los lugares de aplicación. No se permite la disposición de residuos vegetales en cursos de agua o cerca de ellos con el fin de evitar el arrastre del mismo aguas abajo.

#### **4.8.9 Manejo de Residuos peligrosos y especiales en la franja de servidumbre en etapa de construcción y operación**

Los residuos sólidos peligrosos son aquellos residuos contaminados con aceites, combustibles, pinturas, solventes, y/o grasas a los cuales se les debe dar manejo de acuerdo a lo establecido en el Plan de Gestión de Residuos Peligrosos de la Empresa de Energía de Bogotá (ver Anexo F1-01-02 Gestión de residuos peligrosos).

La clasificación de estos residuos y su almacenamiento se realizará en recipientes y o bolsas de acuerdo a lo señalado en la Tabla 52.

La entrega al gestor autorizado se realizar previo registro de la cantidad en kilogramos generada. El gestor se encargará de su recolección, transporte, tratamiento y disposición final, la cual se debe soportar con los documentos que certifiquen la entrega y disposición final de los mismos.

El gestor autorizado para manejo de residuos peligrosos deberá presentar todos los permisos ambientales vigentes que exijan las autoridades ambientales establecidos en el Decreto 4741 del 2010.

En el Capítulo 7, se puede consultar las medidas de manejo de manera detallada.