

CONTENIDO

	Pág.
7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	1
7.1 AGUAS SUPERFICIALES	12
7.1.1 Fuentes de captación	12
7.1.1.1 Predio donde se ubican las fuentes de captación.	16
7.1.2 Usos del agua	17
7.1.3 Caudal de agua requerido	17
7.1.3.1 Caudal para uso doméstico	17
7.1.3.2 Caudal requerido para uso Industrial	19
7.1.4 Oferta hídrica.	20
7.1.4.1 Calidad del agua.	20
7.1.4.2 Caudales de las fuentes de captación.	26
7.1.5 Infraestructura del sistema de captación, conducción y almacenamiento del recurso	49
7.1.5.1 Sistema de captación	62
7.1.5.2 Conducción por medio de carrotanque	63
7.1.5.3 Almacenamiento temporal y distribución	63
7.1.5.4 Restitución de sobrantes	65
7.1.6 Análisis de los conflictos actuales o potenciales sobre la disponibilidad y usos del agua	65
7.1.6.1 Caudales de oferta total mínimos y máximos de retorno para los ríos y quebradas donde se solicitan las captaciones.	66
7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS	78
7.3 VERTIMIENTOS	78
7.3.1 Actividades generadoras de las aguas residuales.	79
7.3.2 Caracterización fisicoquímica y caudal de las aguas residuales a generarse.	79
7.3.2.1 Caudales de residuos líquidos a generar	79
7.3.2.2 Características de la composición de aguas residuales	82
7.3.3 Sistemas de tratamiento	83

7.3.3.1	Sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas _____	83
7.3.3.2	Aguas residuales no domésticas _____	85
7.3.4	Vertimientos en cuerpos de agua. _____	87
7.3.4.1	Capacidad de asimilación de los cuerpos receptores _____	89
7.4	OCUPACIONES DE CAUCES _____	89
7.4.1	Análisis de caudales de diseño (estudio hidrológico). _____	90
7.4.1.1	Método racional (cuencas < 2.5 km ²). _____	90
7.4.1.1.1	Coeficiente de escorrentía. _____	91
7.4.1.2	Método del Hidrograma Unitario del SCS (Cuencas 2.5 km ² – 20 km ²). _____	94
7.4.1.2.1	Aplicación del Método del Hidrograma Unitario a las cuencas del proyecto. _____	95
7.4.1.3	Método del Hidrograma Unitario del SCS con tránsito de hidrogramas (cuencas >20km ²). ____	96
7.4.1.3.1	Aplicación del Método del Hidrograma Unitario del SCS con tránsito de hidrogramas a la cuenca del Río Boquerón. _____	97
7.4.1.3.2	Aplicación del Método del Hidrograma Unitario con tránsito de hidrogramas a la cuenca del Río Sapuyes. _____	99
7.4.1.4	Método del Hidrograma Unitario de Snyder con tránsito de hidrogramas (cuencas > 2.5 km ²).101	
7.4.1.4.1	Aplicación del método del hidrograma unitario de Snyder con tránsito de hidrogramas a las cuencas: río Boquerón, C-29.2, C-29.4, C-31.9, C-37.1 y río Sapuyes. _____	102
7.4.1.5	Método del Hidrograma Unitario Triangular (Cuencas > 2.5 km ²). _____	103
7.4.1.5.1	Aplicación del Método del Hidrograma Unitario Triangular a las cuencas del río Boquerón, C-29.2, C-29.4, C-31.9, C-37.1 y del río Sapuyes. _____	103
7.4.1.6	Aplicación de las teorías y métodos de predicción. _____	104
7.4.1.6.1	Hietogramas aplicados para el método Hidrograma Unitario (SCS y Snyder) con tránsito de hidrogramas. _____	104
7.4.2	Localización de ocupaciones de cauce y obras a construir. _____	107
7.4.3	Dinámica fluvial. _____	122
7.4.3.1	Río Boquerón. _____	122
7.4.3.2	Cuenca C-36.4 (Puente Vereda Tablón Alto), quebrada El Macal y cuenca 38.7 (Puente Vereda Porvenir). _____	122

7.4.3.3	Río Sapuyes. _____	123
7.4.4	Socavación. _____	123
7.4.4.1	Socavación en puentes. _____	123
7.4.4.1.1	Socavación Generalizada. _____	124
7.4.4.2	Socavación local. _____	141
7.4.4.3	Socavación en obras menores. _____	141
7.4.5	Estudios hidráulicos. _____	150
7.4.5.1	Hidráulica de obras menores _____	150
7.4.5.2	Criterios de diseño. _____	150
7.4.5.3	Hidráulica de obras mayores. _____	159
7.4.5.3.1	Modelo de simulación Hec-Ras. _____	160
7.4.5.3.2	Comprobación del resto de obras mayores (cuenca C-36.4 (puente Vereda Tablón alto) y Cuenca C-38.7 (Puente Vereda El Porvenir)). _____	178
7.4.6	Descripción de los puentes. _____	181
7.4.6.1	Puente Boquerón. _____	181
7.4.6.1.1	Pilas _____	183
7.4.6.1.2	Cimentación. _____	185
7.4.6.2	Puente El Tablón Alto. _____	187
7.4.6.3	Puente Quebrada Macal. _____	190
7.4.6.4	Puente Vereda El Porvenir _____	191
7.4.6.5	Puente Río Sapuyes. _____	193
7.4.7	Procesos constructivos. _____	197
7.4.7.1	Procesos constructivos obras menores (alcantarillas y box culvert). _____	197
7.4.7.2	Procedimientos constructivos obras mayores (Puentes y/o viaductos). _____	197
7.5	APROVECHAMIENTO FORESTAL _____	197
7.5.1	Localización de las unidades de muestreo forestal _____	198
7.5.2	Tamaño unidades muestrales _____	203
7.5.3	Análisis estadístico _____	204
7.5.4	Representatividad del muestreo _____	205

7.5.5	Volumen _____	209
7.5.5.1	Cálculo de volumen _____	209
7.5.5.2	Actividades a realizar _____	210
7.5.5.3	Cálculo de volúmenes máximos de aprovechamiento _____	210
7.5.5.4	Volumen consolidado _____	211
7.5.6	Sistema de aprovechamiento forestal _____	216
7.5.6.1	Pre-tala. _____	216
7.5.6.2	Tala _____	217
7.5.6.3	Post-tala. _____	220
7.5.7	Uso de productos maderables. _____	222
7.5.8	Especies vedadas, endémicas amenazadas o en peligro crítico reportadas en el estudio _____	222
7.6	EMISIONES ATMOSFÉRICAS _____	223
7.6.1	Fuentes de emisión. _____	224
7.6.2	Estimación de contaminantes atmosféricos _____	231
7.6.3	Descripción de los equipos emisores _____	234
7.6.4	Dispositivos o sistemas de control de emisiones _____	237
7.6.5	Modelo de dispersión. _____	240
7.7	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN _____	274
7.7.1	Explotación de material de cantera. _____	274
7.7.2	Explotación de materiales de arrastre de cauces o lechos de corrientes o depósitos de agua. _____	275
7.7.3	Adquisición de materiales en fuentes existentes. _____	275
7.7.3.1	Título minero. _____	275
7.7.3.2	Autorización ambiental. _____	277
7.7.3.3	Relación de materiales. _____	278
7.7.4	Extracción de materiales sobre títulos mineros en el derecho de vía. _____	279

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 7-1 Demanda de recursos naturales aplicables al proyecto. _____	1
Tabla 7-2 Franjas de captación solicitadas. _____	14
Tabla 7-3 Información predial de los sitios de captación de agua superficial. _____	16
Tabla 7-4 Dotación neta máxima por habitante _____	18
Tabla 7-5 Coeficiente de consumo máximo diario, k1, según el Nivel de Complejidad del Sistema. _____	19
Tabla 7-6 Caudal requerido para uso industrial. _____	19
Tabla 7-7 Demanda de agua para uso industrial en campamentos. _____	20
Tabla 7-8 Demanda de recurso hídrico. _____	20
Tabla 7-9 Puntos de monitoreo de calidad del agua en los sitios de captación solicitados. _____	20
Tabla 7-10 Calificación de los Índices de Contaminación (ICOMI, ICOMO e ICOSUS). _____	21
Tabla 7-11 Categoría Índice de Contaminación Tráfico (ICOTRO). _____	22
Tabla 7-12 Índices de contaminación (ICOs) en los sitios de captación 1 al 6 para el proyecto vial doble calzada Rumichaca Pasto, tramo San Juan - Pedregal. _____	22
Tabla 7-13 Índices de contaminación (ICOs) en los sitios de captación 7 al 11 para el proyecto vial doble calzada Rumichaca Pasto, tramo San Juan - Pedregal. _____	22
Tabla 7-14 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en el río Guaitara – Captación 1. _____	27
Tabla 7-15 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en el río Boquerón – Captación 2. _____	29
Tabla 7-16 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada Humeadora – Captación 3. _____	31
Tabla 7-17 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada La Llave – Moledores – Captación 4. _____	32
Tabla 7-18 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada San Francisco 2 – Captación 5. _____	34
Tabla 7-19 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada Macal – Captación 6. _____	36
Tabla 7-20 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en el río Sapuyes – Captación 7. _____	37
Tabla 7-21 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada Yamurayán – Captación 8. _____	40

Tabla 7-22 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada San Francisco – Captación 9.	41
Tabla 7-23 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada Culantro – Captación 10.	43
Tabla 7-24 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada El Manzano – Captación 11.	44
Tabla 7-25 Relación del caudal de oferta neta mínima estimada y caudal aforado con el caudal solicitado en los sitios de captación.	47
Tabla 7-26 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 1.	50
Tabla 7-27 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 2.	51
Tabla 7-28 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 3.	52
Tabla 7-29 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 4.	53
Tabla 7-30 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 5.	54
Tabla 7-31 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 6.	55
Tabla 7-32 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 7.	56
Tabla 7-33 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 8.	57
Tabla 7-34 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 9.	58
Tabla 7-35 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 10.	60
Tabla 7-36 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 11.	61
Tabla 7-37 Características generales para tanques de almacenamiento de agua potable y cruda.	64
Tabla 7-38 Prueba de bondad del ajuste de kolmogorov smirnov - río Guáitara.	67
Tabla 7-39 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para el río Guáitara – Captación 1.	68
Tabla 7-40 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para el río Boquerón – Captación 2.	69
Tabla 7-41 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada Humeadora – Captación 3.	70
Tabla 7-42 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada La Llave - Moledores – Captación 4.	70
Tabla 7-43 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada San Francisco 2 – Captación 5.	71
Tabla 7-44 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada Macal – Captación 6.	72

 Agencia Nacional de Infraestructura	 Desafíos cumplidos	 Ministerio de Construcción y Obras Públicas	 CONCESSIONARIA VAL UNIÓN DEL SUR
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA DOBLE CALZADA RUMICHACA – PASTO, TRAMO SAN JUAN – PEDREGAL, CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA APP N° 15 DE 2015			
Versión 1 – agosto de 2018.			

Tabla 7-45 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para el río Sapuyes – Captación 7.	73
Tabla 7-46 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada Yamurayán – Captación 8.	74
Tabla 7-47 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada San Francisco – Captación 9.	75
Tabla 7-48. Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada Culantro – Captación 10.	76
Tabla 7-49 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada El Manzano – Captación 11.	77
Tabla 7-50 Sitios generadores de aguas residuales.	79
Tabla 7-51 Caudal de vertimiento por campamento.	80
Tabla 7-52 Caracterización de las aguas residuales domésticas en un proyecto similar.	82
Tabla 7-53 Caracterización de aguas residuales de una planta hormigón.	82
Tabla 7-54 Franjas de vertimiento.	87
Tabla 7-55 Pd mm (resultados del ajuste de distribución probabilística de Gumbel).	92
Tabla 7-56 Coeficiente de escorrentía.	93
Tabla 7-57 Periodos de retorno de cálculo.	94
Tabla 7-58 Datos de entrada al modelo del HEC-HMS.	96
Tabla 7-59 Resultados modelización HEC-HMS.	96
Tabla 7-60 Datos de entrada al modelo del HEC – HMS para el río Boquerón - Cuencas.	98
Tabla 7-61 Datos de entrada al modelo del HEC – HMS para el río Boquerón – Tramos.	99
Tabla 7-62 Resultados del cálculo de caudales del río Boquerón.	99
Tabla 7-63 Datos de entrada al modelo del HEC – HMS para el río Sapuyes - Cuencas.	100
Tabla 7-64 Datos de entrada al modelo del HEC – HMS para el río Sapuyes – Tramos.	101
Tabla 7-65 Resultados del cálculo de caudales del río Sapuyes.	101
Tabla 7-66 Caudales de cálculo (Método del Hidrograma Unitario de Snyder con tránsito de hidrogramas) del río Boquerón y del río Sapuyes.	102
Tabla 7-67 Caudales de cálculo (Método del Hidrograma Unitario de Snyder con tránsito de hidrogramas) – Cuencas C-29.2, C-29.4, C-31.9 y C-37.1.	102
Tabla 7-68 Parámetros para método del hidrograma unitario triangular.	103
Tabla 7-69 Caudales de cálculo (método del hidrograma unitario triangular).	104
Tabla 7-70 Localización de puntos de ocupación de cauce.	108

7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	CONTENIDO
---	-----------

Tabla 7-71 Localización de ocupaciones de cauce por implementación de medidas ambientales en puntos de agua	115
Tabla 7-72 Datos de entrada para estudio de socavación Río Boquerón.	126
Tabla 7-73 Comprobación socavación general del río Boquerón.	126
Tabla 7-74 Comprobación erosión por socavación en alcantarillas y Box Culvert.	144
Tabla 7-75 Coeficiente de pérdidas a la entrada.	153
Tabla 7-76 Tipos de funcionamiento de alcantarillas.	155
Tabla 7-77 Coeficientes de Manning.	164
Tabla 7-78 Coeficientes de contracción y expansión.	165
Tabla 7-79 Sección del viaducto modelado.	166
Tabla 7-80 Vegetación existente en el tramo de estudio del río Boquerón	168
Tabla 7-81 Caudales de cálculo del río Boquerón.	168
Tabla 7-82 Condiciones de contorno.	168
Tabla 7-83 Comprobación del galíbo en el río Boquerón.	169
Tabla 7-84 Sección del viaducto modelado.	171
Tabla 7-85 Caudales de cálculo C-37.4 Quebrada Macal.	172
Tabla 7-86 Condiciones de contorno.	172
Tabla 7-87 Comprobación del galíbo en la Quebrada Macal.	173
Tabla 7-88 Secciones de los viaductos modelados.	174
Tabla 7-89 Vegetación existente en el tramo de estudio el Río Sapuyes.	176
Tabla 7-90 Caudales de cálculo Río Sapuyes	176
Tabla 7-91 Condiciones de contorno.	176
Tabla 7-92 Comprobación del galíbo en el río Sapuyes.	177
Tabla 7-93 Coberturas presentes en el área de intervención del proyecto vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan –Pedregal	198
Tabla 7-94 Localización de las unidades de muestreo forestal.	200
Tabla 7-95 Tamaño de las unidades de muestreo forestal para cada uno de los ecosistemas susceptibles de aprovechamiento	204
Tabla 7-96 Cálculo de error de muestreo basado en el volumen	205
Tabla 7-97 Estimación volumen por hectárea por ecosistema	207
Tabla 7-98 Volumen de aprovechamiento por hectárea en los ecosistemas antrópicos a intervenir.	211

Tabla 7-99 Volumen máximo a aprovechar por ecosistema	212
Tabla 7-100 Especies vegetales amenazadas dentro del área de influencia del proyecto	222
Tabla 7-101 Sitios de generación de emisiones atmosféricas en el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal.	224
Tabla 7-102 Tipos de fuentes de contaminación atmosférica existente.	225
Tabla 7-103 Relación de Fuentes Fijas en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal.	227
Tabla 7-104 Serie histórica y composición del tránsito promedio diario semanal TPDs.	229
Tabla 7-105 Proyecciones del TPDs en la vía Ipiales San Juan - Pedregal para el año 2017.	229
Tabla 7-106 Tasas de emisiones tipo	230
Tabla 7-107 Emisión de contaminantes por kilómetro según el transito semanal actual.	231
Tabla 7-108 Emisiones Estimadas Plantas de asfalto	232
Tabla 7-109: Características técnicas planta generadora de energía.	237
Tabla 7-110 Emisión y características de Fuentes Fijas.	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7-111 Factores de emisión planta de asfalto.	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7-112 Emisión por construcción en la Vía.	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7-113 Constantes para el cálculo de la emisión de material particulado por re-suspensión	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7-114 Datos de Escenario Actual.	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7-115 Resultados de Cálculos y Emisiones ingresadas al Aermod Vlew.	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7-116 Contaminantes evaluados y sus niveles normativos	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7-117 Estabilidad –Monin-Obukhov Length	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7-118 Comparación Normativa PM10	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7-119 Comparación Normativa SO2	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7-120 Comparación Normativa NO2	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7-121 Balance de masas general.	275
Tabla 7-122 Titulo minero de las canteras.	275
Tabla 7-123 Licencias ambientales de las canteras.	278
Tabla 7-124 Volumen de material disponible y requerido en las canteras.	279

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 7.1 Localización de los sitios de captación. _____	16
Figura 7.2 Resultados del índice de contaminación ICOMI. _____	23
Figura 7.3 Resultados del índice de contaminación ICOMO. _____	24
Figura 7.4 Resultados del índice de contaminación ICOSUS. _____	25
Figura 7.5 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990 – 2014) para el río Guáitara - Captación 1. _____	27
Figura 7.6 Hidrograma anual de caudales para el río Guáitara – Captación 1. _____	27
Figura 7.7 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para el río Guáitara - Captación 1. _____	28
Figura 7.8 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990 – 2014) para el río Boquerón - Captación 2. _____	29
Figura 7.9 Hidrograma anual de caudales para el río Boquerón. _____	29
Figura 7.10 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para el río Boquerón - Captación 2. _____	30
Figura 7.11 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada Humeadora - Captación 3. _____	31
Figura 7.12 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada Humeadora - Captación 3. _____	31
Figura 7.13 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada La Llave - Moledores - Captación 4. _____	33
Figura 7.14 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada La Llave - Moledores - Captación 4. _____	33
Figura 7.15 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada San Francisco 2 en el punto de captación 5. _____	34
Figura 7.16 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada San Francisco 2 - Captación 5. _____	35
Figura 7.17 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada Macal - Captación 6. _____	36
Figura 7.18 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada Macal - Captación 6. _____	37
Figura 7.19 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990 – 2014) para el río Sapuyes - Captación 7. _____	38
Figura 7.20 Hidrograma anual de caudales para el río Sapuyes. _____	38

Figura 7.21 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para el río Sapuyes - Captación 7.	39
Figura 7.22 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada Yamurayán - Captación 8.	40
Figura 7.23 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada Yamurayán - Captación 8.	41
Figura 7.24 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada San Francisco - Captación 9.	42
Figura 7.25 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada San Francisco - Captación 9.	42
Figura 7.26 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada Culantro - Captación 10.	43
Figura 7.27 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada Culantro - Captación 10.	44
Figura 7.28 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada El Manzano - Captación 11.	45
Figura 7.29 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada El Manzano - Captación 11.	45
Figura 7.30 Sistema de captación directa desde carrotanque.	62
Figura 7.31 distribución de redes de acueducto, alcantarillado y eléctricas del sector industrial del campamento Mikel.	65
Figura 7.32 Hidrográma de ajuste de distribuciones de probabilidad para el río Guáitara.	67
Figura 7.33 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en el río Guáitara – Captación 1.	68
Figura 7.34 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en el río Boquerón – Captación 2.	69
Figura 7.35 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada Humeadora – Captación 3.	70
Figura 7.36 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada La Llave - Moledores – Captación 4.	71
Figura 7.37 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada San Francisco 2 – Captación 5.	72
Figura 7.38 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada Macal – Captación 6.	73
Figura 7.39 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en el río Sapuyes – Captación 7.	74

Figura 7.40 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada Yamurayán – Captación 8.	75
Figura 7.41 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada San Francisco – Captación 9.	76
Figura 7.42 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada Culantro – Captación 10.	77
Figura 7.43 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada el manzano – Captación 11.	78
Figura 7.44 Balance de masa aguas usadas en procesos industriales y domésticos.	81
Figura 7.45 Esquema de pozo séptico tipo	83
Figura 7.46 Sistema FAFA tipo	84
Figura 7.47 Funcionamiento de trampa de grasas.	85
Figura 7.48 sistemas de mezcla rápido típicos	86
Figura 7.49 Sistemas de anclaje de piscina	87
Figura 7.50 Localización de los sitios de vertimiento en fuente superficial.	88
Figura 7.51 Configuración de conexiones en HEC – HSM para la cuenca del río Boquerón.	98
Figura 7.52 Configuración de conexiones en HEC – HSM para la cuenca del río Sapuyes.	100
Figura 7.53 Hidrograma unitario de Snyder.	102
Figura 7.54 Hidrograma unitario triangular.	103
Figura 7.55 Estación Gualmatan. Hietograma para T=10 años.	105
Figura 7.56 Estación Gualmatan. Hietograma para T=100 años.	105
Figura 7.57 Estación Aeropuerto San Luis. Hietogramas para T=10 años.	106
Figura 7.58 Estación Aeropuerto San Luis. Hietogramas para T=100 años.	106
Figura 7.59 Estación Imués. Hietogramas para T=10 años.	107
Figura 7.60 Estación Imués. Hietogramas para T=100 años.	107
Figura 7.61 Análisis granulométrico.	128
Figura 7.62 Contenido de humedad.	129
Figura 7.63 Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.	130
Figura 7.64 Certificado de análisis.	131
Figura 7.65 Sección 517 – HEC-RAS- Puente Macal.	132
Figura 7.66 Sección 537D – HEC-RAS- Puente Macal	132
Figura 7.67 Sección 537U – HEC-RAS- Puente Macal	133

Figura 7.68 Sección 557 – HEC-RAS- Puente Macal	133
Figura 7.69 Secciones utilizadas en HEC-RAS – Quebrada El Macal.	134
Figura 7.70 Perfil longitudinal tablero izquierdo Puente Macal – Llanuras de inundación T ₁₀₀ .	134
Figura 7.71 Sección 454.94 – HEC-RAS- Puente río Sapuyes.	135
Figura 7.72 Sección 440U – HEC-RAS- Puente río Sapuyes	136
Figura 7.73 Sección 440D – HEC-RAS- Puente río Sapuyes	136
Figura 7.74 Sección 422.68 – HEC-RAS- Puente río Sapuyes	137
Figura 7.75 Análisis granulométrico.	138
Figura 7.76 Contenido de humedad.	139
Figura 7.77 Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.	140
Figura 7.78 Tipos de funcionamiento de alcantarillas.	152
Figura 7.79 Sección en corte alcantarilla circular Ø 900 mm.	156
Figura 7.80 Sección en corte alcantarilla circular Ø 1200 mm.	156
Figura 7.81 Sección en corte box culvert con cajón de 2.0 x 2.0 m.	157
Figura 7.82 Cruce tipo badén con alcantarilla circular metálica y relleno material de excavación.	157
Figura 7.83 Cruce tipo badén con alcantarilla circular metálica y relleno en concreto.	158
Figura 7.84 Menú inicial software Hec-Ras.	160
Figura 7.85 Tipo de régimen hidráulico.	162
Figura 7.86 Esquema de localización de secciones transversales en puentes y box culvert.	164
Figura 7.87 Esquema modelo Hec-Ras del río Boquerón.	166
Figura 7.88 Perspectiva de simulación ejecutada en el río Boquerón.	170
Figura 7.89 Esquema modelo Hec- Ras Quebrada Macal.	171
Figura 7.90 Perspectiva de la simulación Hec-Ras de la Quebrada Macal.	173
Figura 7.91 Esquema modelo Hec-Ras Río Sapuyes.	174
Figura 7.92 Perspectiva de la simulación Hec-Ras del Río Sapuyes.	177
Figura 7.93 Comprobación Vereda Tablón Alto (C-36.4).	178
Figura 7.94 Sección analizada en el Puente Vereda Tablón Alto.	179
Figura 7.95 Comprobación Vereda El Porvenir(C-38.47).	179
Figura 7.96 Sección analizada en el Puente El Porvenir.	179
Figura 7.97 Cauce (C-38.7) bajo puente El Porvenir.	180

Figura 7.98 Sección transversal tipo del Puente Boquerón. _____	181
Figura 7.99 Planta Puente Boquerón. _____	182
Figura 7.100 Alzado Puente Boquerón. _____	182
Figura 7.101 Configuración general de la subestructura del apoyo 2 Puente Boquerón. _____	183
Figura 7.102 Configuración general de la subestructura del apoyo 3 Puente Boquerón. _____	184
Figura 7.103 Configuración general de la subestructura del apoyo 4 Puente Boquerón. _____	185
Figura 7.104 Alzado y vista en planta de la cimentación de apoyo de la pila tres (3) del Puente Boquerón. _____	185
Figura 7.105 Geometría estribo del eje 1 de Puente Boquerón. _____	186
Figura 7.106 Planta del Puente El Tablón Alto. _____	187
Figura 7.107 Alzado Puente El Tablón Alto. _____	187
Figura 7.108 Sección transversal tipo del Puente El Tablón Alto. _____	188
Figura 7.109 Sección transversal por pila del Puente El Tablón Alto. _____	188
Figura 7.110 Sección en planta de la cimentación del Puente El Tablón Alto. _____	189
Figura 7.111 Planta Puente Quebrada Macal. _____	190
Figura 7.112 Alzado Puente Quebrada Macal. _____	190
Figura 7.113 Planta Puente Vereda El Porvenir. _____	191
Figura 7.114 Alzado Puente Vereda El Porvenir. _____	191
Figura 7.115 Sección transversal tipo Puente Vereda El Porvenir. _____	192
Figura 7.116 Sección transversal pilas 2 y 3 del Puente Vereda El Porvenir. _____	192
Figura 7.117 Cimentación de las Pilas 2 y 3 del Puente Vereda El Porvenir. _____	193
Figura 7.118 Planta del Puente Río Sapuyes. _____	194
Figura 7.119 Alzado Puente Río Sapuyes. _____	194
Figura 7.120 Sección transversal tipo del Puente Río Sapuyes. _____	195
Figura 7.121 Sección transversal de la pila 1 de Puente Río Sapuyes. _____	195
Figura 7.122 Sección en planta de la cimentación del Puente Río Sapuyes. _____	196
Figura 7.123 Localización de parcelas en los ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal y área inventariada al 100%. _____	203
Figura 7.124 Pretala _____	216
Figura 7.125 Limpieza de área _____	217
Figura 7.126 Construcción de caminos de escape _____	217
Figura 7.127 Técnica patrón _____	218

Figura 7.128 Apertura de la boca	218
Figura 7.129 Árboles con tendencia a hendiduras	219
Figura 7.130 Árboles grandes	219
Figura 7.131 Apertura de la boca	220
Figura 7.132 Error en el despunte	220
Figura 7.133 Camino de Escape del Despunte	221
Figura 7.134 sitios de Generación de emisiones atmosféricas en el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal.	224
Figura 7.135 Fuentes fijas de emisión en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal.	228
Figura 7.136 Ajuste de distribuciones de probabilidad para la vía San Juan - Pedregal.	229
Figura 7.137 Modelo Planta trituradora	232
Figura 7.138 Modelo Planta de Hormigón	233
Figura 7.139 Esquema planta de asfalto de producción continua	235
Figura 7.140 Modelo tipo planta generadora de energía.	236
Figura 7.141 Filtro mangas lisas	238
Figura 7.142 Filtro de mangas plegables.	238
Figura 7.143 Modelo filtro ciclón.	239
Figura 7.144 Mapa de ubicación general.	Error! Bookmark not defined.
Figura 7.145 Coordenadas de las fuentes de emisión principales del proyecto.	Error! Bookmark not defined.
Figura 7.146 Factores de emisión tomados del compendio AP 42, para equipos de combustión interna	Error! Bookmark not defined.
Figura 7.147 Datos de Entrada Fuente Lineal Aermod View	Error! Bookmark not defined.
Figura 7.148 Velocidad del Viento Mensual Promedio (m/s)	Error! Bookmark not defined.
Figura 7.149 Valores medios mensuales de humedad relativa.	Error! Bookmark not defined.
Figura 7.150 Valores de precipitación mensual.	Error! Bookmark not defined.
Figura 7.151 Valores mensuales de temperatura	Error! Bookmark not defined.
Figura 7.152 Altura de Mezcla	Error! Bookmark not defined.
Figura 7.153 Rosa de vientos.	Error! Bookmark not defined.
Figura 7.154 Modelo de elevación digital.	Error! Bookmark not defined.
Figura 7.155 Grillas General de Receptores para fuentes fijas.	Error! Bookmark not defined.

Figura 7.156 Grillas General de Receptores para vía. _____ **Error! Bookmark not defined.**

Figura 7.157 Modelo de Dispersión para PM10 24 Horas. _____ **Error! Bookmark not defined.**

Figura 7.158 Modelo de Dispersión para PM10 Anual. _____ **Error! Bookmark not defined.**

Figura 7.159 Modelo de Dispersión para SO2 24 Horas. _____ **Error! Bookmark not defined.**

Figura 7.160 Modelo de Dispersión para SO2 1 Hora. _____ **Error! Bookmark not defined.**

Figura 7.161 Modelo de Dispersión para NO2 1 Hora _____ **Error! Bookmark not defined.**

Figura 7.162 Modelo de Dispersión para NO2 anual. _____ **Error! Bookmark not defined.**

Figura 7.163 Receptores sensibles construcción fuentes fijas - vía _____ **Error! Bookmark not defined.**

Figura 7.164 Receptores sensibles construcción fuentes fijas. _____ **Error! Bookmark not defined.**

Figura 7.165 Receptores sensibles construcción fuentes fijas _____ **Error! Bookmark not defined.**

Figura 7.166 Receptores sensibles construcción fuentes fijas _____ **Error! Bookmark not defined.**

Figura 7.167 Localización fuentes de materiales cercanas al proyecto. _____ 277

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 7.1 Río Guátara en la vereda San Juan (captación 1) _____	12
Fotografía 7.2 Río Boquerón en la vereda San Juan (captación 2) _____	12
Fotografía 7.3 Quebrada Humeadora en la vereda Urbano (captación 3) _____	12
Fotografía 7.4 Quebrada La Llave - Moledores en la vereda Tablón Alto (captación 4) _____	12
Fotografía 7.5 Quebrada San Francisco en la vereda Tablón Alto (captación 5) _____	13
Fotografía 7.6 Quebrada El Macal en la vereda El Porvenir (captación 6) _____	13
Fotografía 7.7 Río Sapuyes en la vereda Sllamag (captación 7) _____	13
Fotografía 7.8 Quebrada Yamurayán en la vereda Aldea de María (captación 8) _____	13
Fotografía 7.9 Quebrada San Francisco en la vereda Las Delicias (captación 9) _____	13
Fotografía 7.10 Quebrada El Culantro en la vereda El Culantro (captación 10) _____	13
Fotografía 7.11 Quebrada El Manzano en la vereda Las Cuevas (captación 11) _____	14
Fotografía 7.12 Caudalímetro _____	62
Fotografía 7.13 Transporte del recurso en carrotanque. _____	63
Fotografía 7.14 Baños portátiles Tipo. _____	85
Fotografía 7.27 Vista de la zona de ubicación del viaducto proyectado sobre el río Boquerón (vista aguas arriba) Coordenada: E 948305,19 N 591154,26. _____	167
Fotografía 7.28 Vista de la zona de ubicación del viaducto proyectado sobre el río Boquerón (vista aguas abajo) Coordenada: E 948305,19 N 591154,26. _____	167
Fotografía 7.29 Vista del cauce río Boquerón. Coordenada: E 948305,19 N 591154,26. _____	168
Fotografía 7.30 Vista general de la zona de ubicación del viaducto proyectado sobre la Quebrada Macal (vista desde aguas abajo) – Coordenada: E 953957,59 N 602948,86. _____	171
Fotografía 7.31 Vista de la zona de ubicación del viaducto proyectado sobre el Río Sapuyes (vista aguas arriba) – Coordenada: E 955315,41 N 604941,55. _____	175
Fotografía 7.32 Vista del cauce del Río Sapuyes – Coordenada: E 955315,41 N 604941,55. _____	175
Fotografía 7.33 Fuente de emisión producida por quemas de basura E: 954388; N 596850. _____	226

7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

En el presente capítulo se describen y cuantifica los recursos naturales que serán utilizados, aprovechados y/o afectados por la ejecución del Proyecto vial doble calzada Rumichaca Pasto, tramo San Juan – Pedregal. La ejecución del proyecto requiere el aprovechamiento y/o intervención de diferentes recursos naturales, a causa de la interacción del trazado del proyecto vial con algunos recursos naturales, las necesidades de insumos y/o materiales de construcción y la importancia de manejar adecuadamente los residuos líquidos y sólidos que serán generados por actividades del proyecto. Este capítulo presenta la clasificación de los recursos naturales que serán demandados, así como los permisos que se requieren para su aprovechamiento, se adjuntan los formatos para solicitud de permisos de captación de aguas superficiales y vertimiento (**Anexo 14 Uso y Aprovechamiento_Formatos únicos Nacionales**); a su vez el programa de uso eficiente y ahorro del agua (**Anexo 14. Uso y Aprovechamiento_Programa de uso eficiente y ahorro del agua**) y el programa de uso eficiente de la energía (**Anexo 14. Uso y Aprovechamiento_programa de uso eficiente de la energía**).

Teniendo en cuenta los aspectos expuestos por la comunidad en los procesos participativos con las comunidades y autoridades del área de influencia, así como los impactos identificados para el proyecto (Ver capítulo 8. Evaluación de Impactos) el uso y manejo de los recursos se hará bajo el cumplimiento de lo establecido en la legislación ambiental, estos tendrán medidas de control y planes de manejo a fin de prevenir y mitigar los impactos generados.

A manera de resumen se presenta a continuación en la **Tabla 7-1** lo concerniente a los diferentes tipos de aprovechamiento que serán desarrollados en el presente Capítulo.

Tabla 7-1 Demanda de recursos naturales aplicables al proyecto.

RECURSO NATURAL REQUERIDO	DESCRIPCIÓN						DEMANDA/APROVECHAMIENT O
AGUAS SUPERFICIALES	La Concesionaria Vial Unión del Sur solicita como fuentes de captación, la concesión de aguas superficiales sobre las fuentes hídricas enlistadas a continuación. Se propone realizar la captación en siguientes franjas de captación: Franjas de Captación proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal.						Captación de Aguas Superficiales en un caudal máximo estimado de 1.95 L/s por campamento :
							• 0.45 L/s para uso doméstico.
							• 1.5 L/s para uso Industrial.
	ID	FUENTE	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE				
			INICIO		FIN		
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	1	Río Guáitara	948485,266	590734,1183	948582,31	590821,24	
	2	Río Boquerón	948.517,74	590.988,44	948.644,43	590.977,74	
3	Quebrada La Humeadora	955000	597231,3228	955161,1526	597127,7594		
4	Quebrada La Llave - Moledores	955.973,00	598.910,00	956.035,68	598.992,65		

RECURSO NATURAL REQUERIDO	DESCRIPCIÓN						DEMANDA/APROVECHAMIENTO
	5	Quebrada San Francisco	953.925,07	601.524,52	954.052,37	601.603,95	
	6	Quebrada El Macal	954.792,59	603.653,33	954.902,40	603.731,49	
	7	Río Sapuyes	954.828,35	605.132,12	954.923,99	605.080,42	
	8	Quebrada Yamurayán	949057,188 1	592328,241 9	949126,907 1	592168,003 3	
	9	Quebrada San Francisco	949.916,69	593.166,52	950.065,66	593.086,27	
	10	Quebrada Culantro	950.700,11	594.644,14	950.596,05	594.486,24	
	11	Quebrada El Manzano	951581,200 6	595255,064 8	951727,214	595145,425 3	
	A su vez la Concesionaria Vial Unión del Sur solicita, en caso de ser necesario para uso doméstico, la compra de agua a terceros que cuenten con permisos otorgados por la autoridad ambiental competente.						
AGUAS SUBTERRÁNEAS	No se solicita concesión de aguas subterráneas, dado que la demanda de agua para la construcción del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal, se cubrirá con los sitios solicitados en las fuentes de agua superficial y con la compra a empresas autorizadas que brinden agua con características óptimas para el consumo humano.						
VERTIMIENTOS	La Concesionaria Vial Unión del Sur solicita las alternativas para la disposición de aguas residuales domésticas y no domésticas que se presentan a continuación:						
	1. Vertimiento a cuerpo de agua superficial en los sitios y caudales presentados en la siguiente tabla, con un rango de movilidad de hasta 100 metros aguas arriba y aguas abajo de los puntos propuestos, cumpliendo con la Resolución 631 del 17 de marzo de 2015.						
	Franjas de vertimiento proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal.						
	ID	FUENTE	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE		CAUDAL (L/s)		
			ESTE	NORTE			
	1	Río Boquerón (Campamento 1)	948589	590972	0.44		
	2	Quebrada La Humeadora (Campamento 2)	955074	597201	0.44		
	3	Río Guátara (Campamento 1, 2 o 3)	956508	600552	0.44		
4	Río Sapuyes (Campamento 3)	954844	605090	0.44			
2. Entrega a un tercero autorizado que cuente con los permisos respectivos para el manejo y disposición de las aguas residuales.							
OCUPACIONES DE CAUCE	La concesionaria Vial Unión del Sur solicita permiso de 107 ocupaciones de cauce, en los sitios de cruce sobre cuerpos de agua superficiales por la construcción de la segunda calzada, vías industriales de accesos con un rango						

RECURSO NATURAL REQUERIDO	DESCRIPCIÓN						DEMANDA/APROVECHAMIENT O			
	de movilidad de 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo respecto al punto solicitado, por captaciones y vertimientos y por la construcción de ZODMES, en las coordenadas y puntos relacionados en la siguiente Tabla.									
	Tabla Localización de puntos de ocupación de cauce.									
	N°	TIPO INTERVENCIÓN			ID OC	ABSCISA DE REFERENCIA	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS		DESVÍO DE CAUCE
		DC	AI	Z				X	Y	
	1	✓			OCT001	16+120	NN001	946805,89	589398,60	-
	2	✓			OCT002	16+508	NN002	947136,49	589601,28	-
	3	✓			OCT003	16+840	NN003	947314,30	589763,91	-
	4	✓			OCT004	18+700 – 18+960	Río Boquerón	948305,19	591154,26	-
	5	✓			OCT005	19+512	NN004	948208,83	591728,68	✓
		✓						948196,02	591672,07	
	6	✓			OCT006	19+777	NN004	948187,14	591965,63	✓
		✓						948220,34	591855,56	
	7	✓			OCT007	20+259	NN005	948624,26	591825,14	-
	8	✓			OCT008	20+573	NN006	948913,40	591910,12	-
	9	✓			OCT009	20+831	Q. Yamurayán	949113,41	592091,26	✓
		✓						949127,40	592018,69	
	10	✓			OCT010	21+585	NN007	949787,12	592382,85	-
	11	✓			OCT011	22+428	Q. San Francisco	950015,34	593110,73	✓
		✓						950114,14	593025,86	
	12	✓			OCT012	23+157	Q. Cuayarín	950194,72	593793,67	✓
		✓						950247,10	593765,78	
	13	✓			OCT013	23+370	Q. Honda	950314,15	593980,94	✓
		✓						950374,80	593891,31	
	14	✓			OCT014	23+843	NN013	950469,97	594385,33	✓
		✓						950543,59	594370,87	
	15	✓			OCT015	24+138	NN014	950620,69	594696,08	✓
		✓						950637,43	594606,59	
	16	✓			OCT016	24+315	Q. El Culantro	950802,92	594763,70	✓
		✓						950744,57	594687,96	
	17	✓			OCT017	24+523	Q. La Cueva	950992,76	594816,34	✓
		✓						951044,74	594557,24	
	18	✓			OCT018	25+331	NN015	951672,73	595169,03	✓
✓				951740,30				595140,02		
19	✓			OCT019	25+589	NN016	951905,92	595283,39	-	
20	✓			OCT020	25+952	NN017	952244,20	595412,78	-	
21	✓			OCT021	0+133	NN018	952632,48	595515,52	-	
22	✓			OCT022	26+440	NN018	952656,66	595518,54	✓	
	✓						952733,97	595467,75		
23	✓			OCT023	26+805	NN019	952988,49	595729,39	✓	
	✓						953033,60	595906,08		
24	✓			OCT024	27+312	NN020	953252,74	596183,28	-	
25	✓			OCT025	27+387	NN021	953303,05	596232,71	-	
26	✓			OCT026	28+400	NN022	954181,75	596541,02	✓	
27	✓			OCT027		NN022	954448,85	596800,03		
28	✓			OCT028	29+212	Q. Los Arrayanes	954735,68	597198,23	-	
29	✓			OCT029	29+437	Q. El Manzano	954887,39	597374,46	-	
	✓						954936,42	597285,58		
30	✓			OCT030	29+594	NN024	955040,86	597418,44	-	
31	✓			OCT031	29+756	Q. Urbano	955165,67	597539,83	✓	
	✓						955197,70	597455,95		
32	✓			OCT032	29+966	NN025	955433,15	597522,24	-	

RECURSO NATURAL REQUERIDO		DESCRIPCIÓN						DEMANDA/APROVECHAMIENTO		
	33	✓			OCT033	30+880	Zanja Chorrera Negra	955778,48	598061,95	-
	34	✓			OCT034	31+746	Zanja Chorrera Chiquita	955968,90	598708,24	-
	35	✓			OCT035	31+950	Q. La Llave Moledores	955945,94	598899,66	✓
		✓						956020,42	598963,48	
	36	✓			OCT036	32+243	NN026	955938,07	599182,28	-
	37	✓			OCT037	33+259	NN027	955348,21	599964,56	-
	38	✓			OCT038	33+322	NN028	955291,42	599986,18	-
	39	✓			OCT039	33+770	Q. El Tablón	954977,80	600270,06	-
	40	✓			OCT040-1	33+868	NN029	954891,43	600341,85	✓
		✓			OCT040-2			954967,07	600396,69	
	41	✓			OCT041	34+012	NN030	954876,34	600490,72	✓
		✓						954907,09	600505,19	
	42	✓			OCT042	34+106	NN031	954838,89	600573,84	✓
		✓						954885,50	600603,80	
	43	✓			OCT043	34+351	NN032	954844,20	600826,78	-
	44	✓			OCT044	34+566	NN033	954838,93	601037,23	✓
		✓						954910,05	601037,18	
	45	✓			OCT045		NN034	954837,26	601057,20	
	46	✓			OCT046	34+663	NN035	954927,16	601126,47	-
	47	✓			OCT047		NN036	954914,71	601156,12	
	48	✓			OCT048	34+685	NN037	954912,33	601176,25	✓
		✓						954972,51	601142,96	
	49	✓			OCT049	34+814	NN038	954985,81	601269,71	✓
		✓						955045,56	601220,15	
	50	✓			OCT050	34+939	NN039	955094,26	601341,66	-
	51	✓			OCT051	35+732	NN040	954849,06	601989,04	-
	52	✓			OCT052-1	36+002	Q. San Francisco - Q. La Batea	954623,81	602041,03	✓
		✓			OCT052-2		Q. San Francisco	954612,68	602104,55	
	53	✓			OCT053	36+053	NN041	954587,91	602146,23	-
	54	✓			OCT054	36+304,35 – 36+847,85	NN042	954279,74	602330,47	-
	55	✓			OCT055	36+751	NN043	954129,45	602599,67	-
	56	✓			OCT056	36+878	NN044	954026,20	602664,96	-
	57	✓			OCT057	37+070 – 37+290	Q. El Macal	953947,84	602928,31	-
	58	✓			OCT058		NN046	953960,59	602957,21	
	59	✓			OCT059	37+471	NN047	954133,37	603157,39	-
	60	✓			OCT060	37+927	NN048	954040,72	603588,21	-
	61	✓			OCT060-1	38+300	NN049	954206,40	603960,43	✓
		✓			OCT060-2			954286,34	603689,43	
	62	✓			OCT061	38+576 – 38+801	NN050	954458,46	604263,33	-
	63	✓			OCT062	39+651	Q. Saraconcha	953919,23	604492,69	✓
	64	✓			OCT063		NN052	953910,75	604498,20	
	65	✓			OCT064		Q. Saraconcha	953916,06	604522,86	
	66	✓			OCT065	39+679	Q. Chorrera Negra	953898,07	604534,67	-
	67	✓			OCT066	40+037	Q. Saraconcha	953954,33	604901,51	-
		✓						953964,69	604771,34	

RECURSO NATURAL REQUERIDO	DESCRIPCIÓN							DEMANDA/APROVECHAMIENT O		
	68	✓			OCT069	0+074	NN053	955423,81	604895,55	-
	69	✓			OCT068	0+146	NN053	955477,04	605026,90	✓
		✓						955432,97	604911,25	
	70	✓			OCT067	41+560 – 41+760	Río Sapuyes	955315,41	604941,56	-
	71	✓			OCT070	43+432	NN054	956767,60	605384,56	-
	72	✓			OCT071	43+870	NN055	956746,90	605816,78	✓
		✓						956789,34	605807,93	
	73	✓			OCT072	44+376	NN056	956885,63	606295,22	-
	74	✓			OCT073	44+695	NN057	956991,56	606581,94	-
	75		✓		OCA001a	K19+140 MD	NN005	948723,09	591142,11	-
	76		✓		OCA001b	K19+140 MD	NN005a	948860,67	591285,92	-
	77		✓		OCA002	K19+350 MI	NN004	948202,84	591650,41	-
	78		✓		OCA003	K22+400 MI	Q. San Francisco	949977,35	593159,50	-
	79		✓		OCA004	K22+370 MI	Q. San Francisco	949793,85	593218,88	-
	80		✓		OCA005	K24+100 MD	Q. El Culantro	950645,88	594585,77	-
	81		✓		OCA006	K24+100 MI	Q. El Culantro	950738,71	595197,88	-
	82		✓		OCA007	K26+300 MI	NN018	952612,89	595586,78	-
	83		✓		OCA007A	K26+300 MI	NN018	952601,00	595604,12	-
	84		✓		OCA008	K31+100 MI	Q. Urbano	954646,68	598602,73	-
	85		✓		OCA009	K35+600 MI	NN040	954741,01	601608,35	-
	86		✓		OCA010	K35+700 MD	NN040	954999,79	602370,08	-
	87		✓		OCA011	K36+000 MI	Q. San Francisco	954425,39	601895,43	-
	88		✓		OCA013	K36+400 MD	NN042	954288,38	602350,61	-
	89		✓		OCA014	K36+400 MD	NN042	954406,77	602560,45	-
	90		✓		OCA015	K36+200 MD	NN042	954723,59	602706,07	-
	91		✓		OCA016	K36+750 MD	NN043	954140,82	602808,61	-
	92		✓		OCA017	K36+750 MD	NN044	954115,04	602823,19	-
	93		✓		OCA018	K37+700 MD	NN045	954053,40	602857,92	-
	94		✓		OCA020	K38+450 MD	NN049	954429,07	603991,03	-
	95		✓		OCA021	K38+650 MI	NN050	954371,39	604319,02	-
	96		✓		OCA022	K41+500 MI	Río Sapuyes	955246,07	604968,34	-
	97			✓	OCZ001	K22+700 Z1-16B	NN012	949913,72	593241,59	-
98			✓	OCZ002	K30+100 R2-1	NN025	955453,50	597354,10	-	
99			✓	OCZ003	K38+100 Z3-1B	NN048	954119,02	603600,77	-	
100			✓	OCZ004	K38+900 Z3-2	NN049	954567,64	604026,03	-	
101			✓	OCZ005	K38+900 Z3-2	NN050	954680,30	604194,56	-	
102			✓	OCZ006	K27+600 Z2-2	Canal	953796,89	595913,97	-	
103			✓	OCPA007	K22+700 Z1-16B	Afloramiento subsuperficial PA-31	949861	593384	-	
104			✓	OCPA018	K27+600 Z2-2	Afloramiento subsuperficial PA-96	953904	596007	-	
105			✓	OCPA027	K38+900 Z3-2	Afloramiento subsuperficial PA-187	954592	604142	-	
106			✓	OCPA054	K30+700 Z2-5	Surgencia antrópica SA- 22B	953824,1	598583,1	-	

RECURSO NATURAL REQUERIDO		DESCRIPCIÓN						DEMANDA/APROVECHAMIENTO		
	107			✓	OCPA058	K26+700	Manantial PA-71A	952215,43	596292,46	-
	Asimismo, se solicita 58 permisos de ocupación de cauce para intervención de puntos de agua o su ronda hídrica, los cuales se listan en la siguiente tabla									
	Localización de puntos de agua objeto de permiso de ocupación.									
	N°	ID OC	ABSCISA DE REFERENCIA		TIPO DE OBRA / ACTIVIDAD A EJECUTAR		NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS		
								X	Y	
	1	OCPA002	K20+060		Técnica: Drenes subhorizontales y dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña		Afloramiento subsuperficial PA-12	948468	591947	
	2	OCPA003	K20+260		Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña		Manantial PA-13	948640	591864	
	3	OCPA004	K20+900		Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección		Manantial PA-14	949117	592215	
	4	OCPA005	K21+890		Técnica: Drenes subhorizontales y dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección		Manantial PA-22	949984	592580	
	5	OCPA006	K22+170		Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña		Afloramiento subsuperficial PA-25	950000	592820	
	6	OCPA008	K22+900		Técnica: Drenes subhorizontales y dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en rondas de protección		Manantial PA-33	950184	593483	
	7	OCPA009					Manantial PA-34	950183	593526	
	8	OCPA010	K24+220		Técnica: Drenes subhorizontales y dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña		Afloramiento subsuperficial PA-45	950599	594761	
9	OCPA011	K26+160		Técnica: Drenes subhorizontales y dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña		Afloramiento subsuperficial PA-66	952428	595608		
10	OCPA012	K26+400		Técnica: Drenes subterráneos longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña		Surgencia antrópica PA-68	952621,11	595545,15		
11	OCPA013					Manantial PA-69	952627	595516		

RECURSO NATURAL REQUERIDO	DESCRIPCIÓN				DEMANDA/APROVECHAMIENTO		
	12	OCPA014	K27+280	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda alemana	Afloramiento subsuperficial PA-74	953271	596122
	13	OCPA015	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda alemana	Afloramiento subsuperficial PA-77	953419,53	596072,69
	14	OCPA016	K27+480	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal y transversales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	Manantial PA-87	953308,26	596370,65
	15	OCPA017	K27+910	Técnica: Drenes transversales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda alemana	Afloramiento subsuperficial PA-93	953687	596251
	16	OCPA019	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda alemana	Afloramiento subsuperficial PA-97	953986	596005
	17	OCPA020	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda alemana	Afloramiento subsuperficial PA-98	953935	596078
	18	OCPA021	K28+000	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	Manantial PA-106	953981	596279
	19	OCPA022	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda alemana	Afloramiento subsuperficial PA-118	954891	596917
	20	OCPA023	K31+840	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda alemana	Afloramiento subsuperficial PA-150	955807	598807
	21	OCPA024	K37+400	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	Manantial PA-182	954153	603071
	22	OCPA025	-	Técnica: Se manejará con el box culvert previsto para la doble calzada en el K37+927 Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	Manantial PA-184	953962	603517
	23	OCPA026	K38+560	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal y transversal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda alemana	Afloramiento subsuperficial PA-185	954423	604116

RECURSO NATURAL REQUERIDO	DESCRIPCIÓN				DEMANDA/APROVECHAMIENTO		
	24	OCA028	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	Manantial PA-193A	955066	605106
	25	OCA029	K34+850	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal	Manantial PA-197	956725	605835
	26	OCA029-1		Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña	Manantial PA-198	956720	605851
	27	OCA030			Manantial PA-199	956746	605890
	28	OCA031	K44+070	Técnica: Sistema de drenaje subterráneo de muro de suelo reforzado Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	Manantial PA-201	956890	605983
	29	OCA032	K44+140	Técnica: Dren longitudinal - Sistema de drenaje subterráneo de muro de suelo reforzado Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña	Surgencia antrópica PA-204	956824	606118
	30	OCA033	K44+420	Técnica: Dren longitudinal - Sistema de drenaje subterráneo de muro de suelo reforzado Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña	Surgencia antrópica PA-206	956897	606333
	31	OCA034	K44+680	Técnica: Drenes subhorizontales y subterráneo Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	Manantial PA-209	956944	606617
	32	OCA036	K16+200	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña	Surgencia antrópica SA-1B	946931	589429
	33	OCA037	K21+320	Técnica: Dren longitudinal - Sistema de drenaje subterráneo de muro de suelo reforzado Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña	Manantial SA-4A	949580	592251
	34	OCA038	K21+850	Técnica: Drenes subterráneo longitudinal y subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña	Surgencia antrópica SA-4B	949973	592551
	35	OCA039	K22+100	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aledaña	Surgencia antrópica SA-4C	950036	592767
	36	OCA040	K23+000		Surgencia antrópica SA-4D	950115	593671

RECURSO NATURAL REQUERIDO	DESCRIPCIÓN				DEMANDA/APROVECHAMIENT O	
	37	OCA041		Técnica: Drenos subterráneo longitudinal y subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	Surgencia antrópica SA-4E	950123 593684
	38	OCA042	K26+480	Técnica: Dren subterráneo transversal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	Surgencia antrópica SA-4F	952744 595586
	39	OCA043	K27+550	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal y transversales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	Surgencia antrópica SA-5	953425,74 596324,56
	40	OCA044	K27+680	Técnica: Dren longitudinal - Sistema de drenaje subterráneo de muro de suelo reforzado Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	Surgencia antrópica SA-5A	953537,06 596392,12
	41	OCA045			Surgencia antrópica SA-6	953524,68 596336,83
	42	OCA046	K28+580	Técnica: Dren subterráneo Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	Surgencia antrópica SA-7A	954344 596694
	43	OCA047	K29+912	Técnica: Drenes subterráneos transversales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	Surgencia antrópica SA-13	954770,81 597184,44
	44	OCA048	K29+270	Técnica: Dren lateral y subterráneos Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	Surgencia antrópica SA-14	954773,91 597236,66
	45	OCA049	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	Surgencia antrópica SA-17	955141,83 597150,61
	46	OCA050	K29+760	Técnica: Drenes subterráneos – Box culvert Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	Surgencia antrópica SA-17A	955178,98 597546,85
	47	OCA051			Surgencia antrópica SA-17B	955175,89 597562,20
	48	OCA052	K30+200	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	Surgencia antrópica SA-21	955630 597515
	49	OCA053	K30+360	Técnica: Drenes subterráneo y subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	Manantial SA-22A	955747,88 597552,92

RECURSO NATURAL REQUERIDO		DESCRIPCIÓN				DEMANDA/APROVECHAMIENT O	
	50	OCPA055	K30+886	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aladaña	Surgencia antrópica SA- 22C	955803	598046
	51	OCPA056	K31+100	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aladaña	Surgencia antrópica SA- 22D	955838	598266
	52	OCPA057	K33+640	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aladaña	Surgencia antrópica SA- 22E	955107	600228
	53	OCPA059	K43+900	Técnica: Zanja interceptora Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aladaña	Surgencia antrópica SA- 34	956.794,0	605.938,0
	54	OCPA060	K26+700	Técnica: Zanja interceptora Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aladaña	Surgencia antrópica SA- 35	956.798,0	605.961
	55	OCPA061	K30+200	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aladaña	Manantial SA-22	955.751,0	597.454,6
	56	OCPA062 ⁽³⁾	K44+680	Técnica: Dren subterráneo longitudinal y drenes subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aladaña	Manantial PA-210	956.963,0	606.722,0
	57	OCPA063 ⁽³⁾	K44+680	Técnica: Dren subterráneo longitudinal y drenes subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aladaña	Manantial PA-211	956.987,0	606.732,0
	58	OCPA064	K44+680	Técnica: Dren subterráneo longitudinal y drenes subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aladaña	Manantial PA-212	956.968,0	606.745,0
Los diseños tipo para las ocupaciones de cauce se presentan en el numeral 7.4 Ocupaciones de Cauce, del presente capítulo.							
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	La concesionaria Vial Unión del Sur obtendrá los materiales de construcción de fuentes existentes en la zona, a través de terceros, en sitios de extracción que cuenten con los respectivos permisos y/o licencias minero-ambientales otorgados por las entidades y las autoridades competentes.						
	A sí mismo la concesionaria Vial Unión del Sur realizará reutilización de materiales producto de las actividades de excavación, que puedan ser aprovechables como material de relleno, terraplenes y concretos, lo que a su vez disminuirá los volúmenes de material a disponer en las Zodmes.						
	En consecuencia, no se solicitará permiso para la explotación de fuentes de materiales.						

RECURSO NATURAL REQUERIDO	DESCRIPCIÓN	DEMANDA/APROVECHAMIENT O																																
APROVECHAMIENT O FORESTAL	La Concesionaria Vial Unión del Sur solicita el aprovechamiento forestal para las coberturas susceptibles de intervención para el desarrollo de las actividades del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal.																																	
	Las coberturas naturales susceptibles de aprovechamiento forestal son Bosque denso, bosque ripario y vegetación secundaria alta y las coberturas de origen antrópico como plantaciones forestales y las coberturas con individuos fustales en cercas vivas como mosaicos de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y pastos limpios.																																	
	El área máxima a intervenir es de 642,28 ha; de las cuales 80,46 ha corresponde a cobertura no susceptibles de aprovechamiento, 35,11 ha son de cobertura natural (bosque y vegetación secundaria alta), 25,22 ha de plantación forestal y 501,50 ha de cobertura mosaico pastos y cultivos, mosaico de cultivos y pastos limpios (cercas vivas), con un volumen total de 13005,12 m3, y un volumen comercial de 7212,06m3.																																	
	Para determinar el volumen a intervenir de la cobertura bosque denso, se realizó un inventario al 100% de los individuos fustales (censo) localizados en el área de intervención																																	
	Para estimar el volumen de las restantes coberturas susceptibles de aprovechamiento forestal se realizó un levantamiento de parcelas forestales con un error de muestreo no mayor al 15% y una probabilidad del 95%.																																	
EMISIONES ATMOSFERICAS	La Concesionaria Vial Unión del Sur solicita permiso de emisiones de fuentes fijas para la operación de plantas de Asfalto, concreto y trituración, la ubicación de dichas plantas se realizará de acuerdo con la siguiente tabla																																	
	Sitios de generación de emisiones atmosféricas en el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal.																																	
	<table><tr><th rowspan="2">NOMBRE</th><th rowspan="2">ABSCISAS</th><th rowspan="2">MARGEN</th><th rowspan="2">OBSERVACIONES</th><th colspan="2">COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>CAMPAMENTO SAN JUAN</td><td>18+800</td><td>Derecho</td><td>Planta de hormigón DHA- 60 ton/h (1.25 m³)</td><td>948159</td><td>590955</td></tr><tr><td>CAMPAMENTO ILES</td><td>35+600</td><td>Izquierdo</td><td>Planta móvil de trituración de 90ton/h</td><td>954957</td><td>601737</td></tr><tr><td rowspan="3">CAMPAMENTO MIKEL</td><td rowspan="3">41+300</td><td rowspan="3">Izquierdo</td><td>Planta de hormigón DHA – 60ton/h (1.25 m3)</td><td>955000</td><td>604560</td></tr><tr><td>Planta de machaqueo 150ton/h</td><td>954924</td><td>604457</td></tr><tr><td>Planta de asfalto Intrame-UM 160ton/h</td><td>954964</td><td>604527</td></tr></table>		NOMBRE	ABSCISAS	MARGEN	OBSERVACIONES	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE		ESTE	NORTE	CAMPAMENTO SAN JUAN	18+800	Derecho	Planta de hormigón DHA- 60 ton/h (1.25 m³)	948159	590955	CAMPAMENTO ILES	35+600	Izquierdo	Planta móvil de trituración de 90ton/h	954957	601737	CAMPAMENTO MIKEL	41+300	Izquierdo	Planta de hormigón DHA – 60ton/h (1.25 m3)	955000	604560	Planta de machaqueo 150ton/h	954924	604457	Planta de asfalto Intrame-UM 160ton/h	954964	604527
	NOMBRE	ABSCISAS					MARGEN	OBSERVACIONES	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE																									
			ESTE	NORTE																														
	CAMPAMENTO SAN JUAN	18+800	Derecho	Planta de hormigón DHA- 60 ton/h (1.25 m³)	948159	590955																												
	CAMPAMENTO ILES	35+600	Izquierdo	Planta móvil de trituración de 90ton/h	954957	601737																												
CAMPAMENTO MIKEL	41+300	Izquierdo	Planta de hormigón DHA – 60ton/h (1.25 m3)	955000	604560																													
			Planta de machaqueo 150ton/h	954924	604457																													
			Planta de asfalto Intrame-UM 160ton/h	954964	604527																													

7.1 AGUAS SUPERFICIALES

Durante el desarrollo de las actividades del proyecto vial doble calzada Rumichaca Pasto, tramo San Juan - Pedregal se hace presente la necesidad de recurrir al uso del agua para suplir las actividades domésticas, que básicamente se centran en las actividades de aseo en los campamentos y casinos que se adecuen y para suplir las actividades industriales que se asocian a humectación, plantas de hormigón, lavado, limpieza, entre otras.

Como alternativas para suplir las necesidades de agua del proyecto se plantean dos alternativas de suministro:

- Captación de agua de corrientes superficiales sobre franjas de captación.
- Compra del recurso a un tercero que cuente con la disponibilidad para prestar este servicio, esta alternativa se presenta como una opción en caso de que por algún imprevisto o contingencia no se pueda realizar la captación sobre las franjas de agua propuestas.

7.1.1 Fuentes de captación

Las fuentes de agua propuestas para la captación del recurso hídrico son Los ríos Guáitara, Boquerón, Sapuyes y las quebradas Humeadora, La Llave - Moledores, San Francisco, Yamurayán, El Manzano, Culantro, San Francisco 2 y El Macal (Ver **Fotografía 7.1** a **Fotografía 7.11**), estos nombres se tomaron de acuerdo a la base cartográfica del IGAC y se validaron con los planes de ordenamiento del recurso hídrico de los ríos Guáitara, Boquerón y Sapuyes, así como de la quebrada La Llave - Moledores. Los sitios considerados como una fuente de abastecimiento se solicitan durante la época ambientalmente viable, de acuerdo con el análisis hidrológico realizado para el área de influencia del proyecto (Ver **Tabla 7-2**).

Las variables tenidas en cuenta para establecer las franjas de captación sobre corrientes superficiales fueron las siguientes:

- Contexto hidrológico
- Disponibilidad del recurso para diferentes temporadas en el año.
- Caudal de agua requerido para el proyecto.
- Accesibilidad a la corriente de agua.
- Conflictos actuales y potenciales por el uso del agua.

Fotografía 7.1 Río Guáitara en la vereda San Juan (captación 1) E: 948503 N: 590762



Fotografía 7.2 Río Boquerón en la vereda San Juan (captación 2) E: 948589 N: 590972



Fotografía 7.3 Quebrada Humeadora en la vereda Urbano (captación 3)

Fotografía 7.4 Quebrada La Llave - Moledores en la vereda Tablón Alto (captación 4)

E: 955074 N: 597201



Fuente: CONSORCIO SH.

Fotografía 7.5 Quebrada San Francisco en la vereda Tablón Alto (captación 5)
E: 953962 N: 601557



Fuente: CONSORCIO SH.

Fotografía 7.7 Río Sapuyes en la vereda Silamag (captación 7)
E: 954844 N: 605090



Fuente: CONSORCIO SH.

Fotografía 7.9 Quebrada San Francisco en la vereda Las Delicias (captación 9)

E: 956019 N: 598991



Fuente: CONSORCIO SH.

Fotografía 7.6 Quebrada El Macal en la vereda El Porvenir (captación 6)
E: 954870 N: 603721



Fuente: CONSORCIO SH.

Fotografía 7.8 Quebrada Yamurayán en la vereda Aldea de María (captación 8)
E: 949128 N: 592258



Fuente: CONSORCIO SH.

Fotografía 7.10 Quebrada El Culantro en la vereda El Culantro (captación 10)

E: 949976 N: 593121



Fuente: CONSORCIO SH.

E: 950642 N: 594577



Fuente: CONSORCIO SH.

Fotografía 7.11 Quebrada El Manzano en la vereda Las Cuevas (captación 11)

E: 951631 N: 595174



Fuente: CONSORCIO SH.

El agua captada en estas corrientes será destinada para el desarrollo de las actividades, con un caudal de hasta 0,45 L/s para uso doméstico y 1,5 L/s para uso industrial. A continuación se presenta en la **Tabla 7-2** las coordenadas del punto inicial y final de las franjas de captación solicitadas, y su localización espacial se presenta en la **Figura 7.1**.

Tabla 7-2 Franjas de captación solicitadas.

ID	FUENTE	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE				LONGITUD (m)	MARGEN DE CAPTACIÓN	ÉPOCA	CAUDAL (L/s)		
		INICIO		FIN					Uso doméstico	Uso industrial	Total
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE						
1	Río Guáitara	948485,26	590734,11	948582,31	590821,24	135,63	Izquierda	Todo el año	---	1.5	1.5
2	Río Boquerón	948.517,74	590.988,44	948.644,43	590.977,74	135,00	Izquierda	Todo el año	0.45	1.5	1.95
3	Quebrada La Humeadora	955000	597231,3228	955161,15	597127,75	201,5037	Derecha	(feb – ago y oct – dic)	---	1.5	1.5

ID	FUENTE	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE				LONGITUD (m)	MARGEN DE CAPTACIÓN	ÉPOCA	CAUDAL (L/s)		
		INICIO		FIN					Uso doméstico	Uso industrial	Total
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE						
4	Quebrada La Llave - Moledores	955.973,00	598.910,00	956.035,68	598.992,65	111,68	Derecha	(feb – ago y oct – dic)	---	1.5	1.5
5	Quebrada San Francisco 2	953.925,07	601.524,52	954.052,37	601.603,95	154,17	Derecha	(mar – may, nov y dic)	0.45	1.5	1.95
6	Quebrada El Macal	954.792,59	603.653,33	954.902,40	603.731,49	142,29	Izquierda	(feb – jul y oct – dic)	---	1.5	1.5
7	Río Sapuyes	954.828,35	605.132,12	954.923,99	605.080,42	180,69	Izquierda	Todo el año	0.45	1.5	1.95
8	Quebrada Yamurayán	949057,18	592328,24	949126,90	592168,00	209,2649	Izquierda	(mar – may, jul, nov y dic)	---	1.5	1.5
9	Quebrada San Francisco	949.916,69	593.166,52	950.065,66	593.086,27	196,03	Izquierda	(mar – may, jul, nov y dic)	---	1.5	1.5
10	Quebrada Culantro	950.700,11	594.644,14	950.596,05	594.486,24	218,49	Izquierda	(mar – may, jul, nov y dic)	---	1.5	1.5
11	Quebrada El Manzano	951581,20	595255,0648	951727,21	595145,425	202,47044	Izquierda	(abr, may, nov y dic)	---	0.4	0.4*

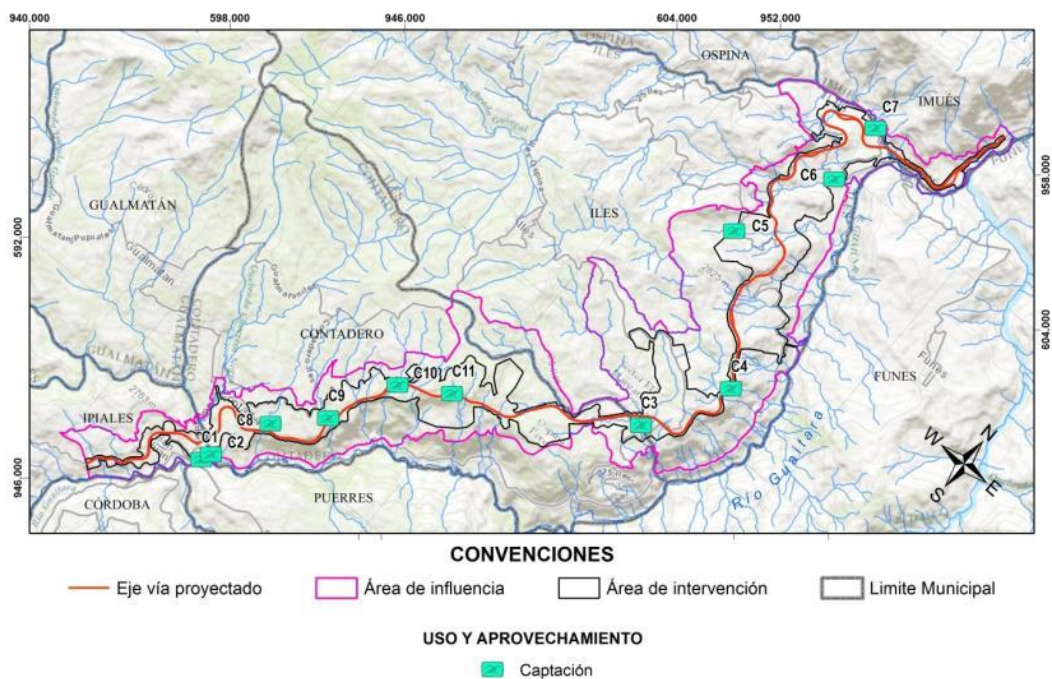
*En la franja 11 - Quebrada el Manzano se solicita únicamente 0.4 L/s, caudal determinado con base en la oferta hídrica disponible estimada en el análisis hidrológico, aunque se aclara que para uso industrial se requiere 1.5 L/s el caudal faltante se complementará con los demás sitios de captación solicitados.

Fuente: CONSORCIO SH.

La descripción de las características generales de las corrientes sujetas a aprovechamiento del recurso hídrico se presenta en el Capítulo 5, en el medio abiótico, componente hidrológico.

La solicitud de la concesión de aguas superficiales en los 11 sitios fue socializada con las administraciones municipales, presidentes de la junta de acción comunal, comunidades asistentes a las reuniones de socialización de talleres de impactos y resultados del EIA (ver **Anexo 13. Social_Segundo Momento y Tercer Momento**).

Figura 7.1 Localización de los sitios de captación.



Fuente: CONSORCIO SH.

7.1.1.1 Predio donde se ubican las fuentes de captación.

A continuación, en la **Tabla 7-3** se presenta la caracterización predial de los sitios en los que se solicita concesión de aguas superficiales.

Tabla 7-3 Información predial de los sitios de captación de agua superficial.

CAPTACIÓN	FUENTE	NOMBRE DEL PREDIO	PROPIETARIO	CEDULA CATASTRAL
1	Río Guáitara	Maco o Playa	Gloria Inés Pabón Hernández	52356-00-01-0001-0313-000
2	Río Boquerón	Boquerón	Adalberto Armando Mallama Bolaños	52356-00-01-0001-0312-000
3	Quebrada La Humeadora	La Florida	Luz Marina Pantoja Pantoja - Hipoteca: Banco Agrario De Colombia	52352-00-01-0003-0279-000
4	Quebrada La Llave - Moledores	La Esperanza	Omar Edgar Estrada	52352-00-02-0003-0116-000
5	Quebrada San Francisco 2	Descollo	Luis Alfonso Peña Herrera	52352-00-02-0003-0110-000
6	Quebrada El Macal	Pan de Azúcar	María Teresa Burbano De Puertas	52352-00-02-0003-0208-000

CAPTACIÓN	FUENTE	NOMBRE DEL PREDIO	PROPIETARIO	CEDULA CATASTRAL
7	Río Sapuyes	Pilcuan Huerto Y Patio	Filipo Hernán Ortega Arellano - Aida Doris Yandar Villota	52354-00-00-0016-0144-000
8	Quebrada Yamurayán	Mayuelo	Marino Hernán Escobar Escobar	52210-00-00-0004-0240-000
9	Quebrada San Francisco	Tercal	Verónica Maribel Coral Coral	52210-00-00-0004-0193-000
10	Quebrada Culantro	Culantro	Demetrio Pascual	52210-00-00-0006-0125-000
11	Quebrada El Manzano	Nayalquer o Perforado	Carlos Alberto Figueroa Yaguapaz	52210-00-00-0008-0046-000

Fuente: CONSORCIO SH.

7.1.2 Usos del agua

Los usos y/o puntos de vertimientos en las fuentes susceptibles de aprovechamiento por parte del proyecto, los cuales pueden verse influenciados directa o indirectamente. Se presentaron en el numeral **5.1.7 Usos del agua** – Demanda hídrica en los sitios de aprovechamiento, del capítulo 5 del presente estudio, donde se estableció que el agua superficial se utiliza en la zona principalmente para actividades agrícolas y pecuarias.

Este concepto se genera con base en los recorridos y el acercamiento con las comunidades para establecer los usos no registrados. Cabe resaltar que se realizó 1 km de recorrido (de acuerdo a la posibilidad de acceso) aguas arriba y aguas abajo de los sitios de captación definidos, así mismo se identificaron los usuarios registrados ante la autoridad ambiental competente, revisando los Planes de ordenamiento del recurso hídrico existente, que corresponden a los de los ríos Guátara, Boquerón y Sapuyes y de la quebrada La Llave - Moledores, así como las resoluciones emitidas por CORPONARIÑO para el uso del recurso hídrico en los sitios aledaños a los sitios de aprovechamiento por parte del proyecto. Adicionalmente, los usos para el presente estudio en los puntos de captación se identificaron con base en el decreto 3930 de 2010, el cual en su Capítulo IV, artículo 9, establece y define los usos para recurso hídrico.

7.1.3 Caudal de agua requerido

El caudal requerido para el desarrollo de las actividades domésticas e industriales está condicionado por la oferta que se tenga del recurso hídrico en cada época del año y está determinado por la demanda específica de cada actividad a lo largo de las diferentes etapas del proyecto. De acuerdo con esto, a continuación, se presenta los caudales requeridos para las actividades domésticas e industriales.

7.1.3.1 Caudal para uso doméstico

Para determinar la demanda de agua para uso doméstico requerida para el proyecto, se utilizaron las consideraciones establecidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable Y Saneamiento Básico-RAS – 2000 -, adoptado mediante la Resolución 1096 de 2000 del Ministerio de Desarrollo Económico, y ajustado por la Resolución 330 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial – MADS.

- **Dotación Neta**

La dotación neta se obtiene a partir de lo establecido en el Artículo 43 de la Resolución 330 de 2017, en la que se establece la dotación neta máxima por habitante de acuerdo con la altura promedio sobre el nivel del mar según la siguiente **Tabla 7-4**.

Tabla 7-4 Dotación neta máxima por habitante

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR	DOTACIÓN NETA MAXIMA. L/HAB.*DÍA
> 2000 m.s.n.m.	120
1000 – 2000 m.s.n.m.	130
< 1000 m.s.n.m.	140

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. Resolución 330 de 2017

Considerando la tabla anterior, las condiciones de operación de los campamentos en los que en el día estará poco personal y las condiciones climáticas de la zona se ha determinado un caudal de dotación neta de **90 L/hab-día**.

- **Dotación Bruta**

Se determina la dotación bruta, según la mencionada Resolución 330 de 2017, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%P}$$

Donde %P es el porcentaje de pérdidas técnicas y d_{neta} es la dotación neta. Se establece el porcentaje de pérdidas máximo admisible (25%) el cual está asociado al nivel de complejidad del sistema.

$$d_{bruta} = \frac{90}{1 - 0.25}$$

$$d_{bruta} = 120 \text{ L/hab} - \text{día}$$

- **Caudal medio diario (Qmd)**

Partiendo de la dotación bruta anteriormente calculada, se procede a determinar el caudal medio diario (Qmd) en la siguiente expresión:

$$Qmd = \frac{P * d_{bruta}}{86400}$$

Donde p es la población, d_{bruta} es la dotación bruta y (Qmd) es el caudal medio diario.

$$Qmd = \frac{250 \text{ hab} * 120 \text{ L/hab} - \text{día}}{86400 \text{ s/día}}$$

$$Qmd = 0.35 \text{ L/s}$$

- **Caudal Máximo Diario (QMD)**

Luego se procede al determinar el Caudal Máximo Diario (QMD) con la siguiente expresión:

$$QMD = Qmd * k_1$$

Donde el k_1 corresponde al coeficiente de consumo máximo diario según el nivel de complejidad del sistema, el cual se obtiene de la **Tabla 7-5**.

Tabla 7-5 Coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , según el Nivel de Complejidad del Sistema.

NIVEL DE COMPLEJIDAD	COEFICIENTE DE CONSUMO MÁXIMO DIARIO - k_1
Bajo	1,3
Medio	1,3
Medio alto	1,2
Alto	1,2

Fuente: Norma RAS – 2000, Título B, página 39.

$$QMD = 0,35 \text{ L/s} * 1,3 = 0,45 \text{ L/s}$$

$$QMD = 0,45 \text{ L/s}$$

Este último valor corresponde al requerimiento del recurso hídrico para uso doméstico por campamento, para un total de 1,35 L/s para los 3 campamentos.

7.1.3.2 Caudal requerido para uso Industrial

- Para determinar el caudal requerido para el desarrollo del Proyecto se tiene en cuenta la cantidad de agua a usar para las diferentes actividades industriales tales como: planta de hormigón, lavado de maquinaria, limpieza para los tres (3) campamentos propuestos para el tramo San Juan - Pedregal. Ver **Tabla 7-6 y Tabla 7-7**.
- Las plantas de triturado y asfalto no requieren uso de agua para su proceso; pero cabe anotar que sí se usará agua para procesos de limpieza de estas y humectación de triturado, en la mayoría de los casos las actividades en los posible se realizarán con agua recirculada atendiendo a las medidas propuestas en el programa de ahorro y uso eficiente de agua.
- Para el cálculo del caudal de uso industrial se tuvo en cuenta el máximo requerido para el desarrollo de actividades en frentes de obra y campamentos, por otra parte, el caudal solicitado por campamento para concesión es de 1,5 L/s el cual se dispondrá en tanques de almacenamiento con el fin de suplir el caudal requerido para los diferentes procesos de las obras para las actividades anteriormente mencionadas.

Tabla 7-6 Caudal requerido para uso industrial.

Actividad	Caudal (L/s)
Preparación concreto hidráulico	0.3
Riego de vías	0.56
Compactación terraplenes	0.034
Tratamiento de talleres	0.6
Total, por campamento	1.5
Total, por 3 campamentos	4.5

Fuente: CONSORCIO SH.

De acuerdo con la **Tabla 7-6** para uso industrial en los 3 campamentos se requiere un total de 4.5 L/s, sin embargo se solicitan 11 sitios de captación para tener diferentes fuentes de abastecimiento, principalmente por el carácter intermitente de algunos cuerpos de agua, lo que impediría la captación en algunas épocas.

Tabla 7-7 Demanda de agua para uso industrial en campamentos.

CAMPAMENTO / FRENTE DE OBRA		CAUDAL SOLICITADO POR CAMPAMENTO (L/s)
Nombre	Abscisa	
Campamento San Juan	18+800	1,5
Campamento Iles	35+600	1,5
Campamento Mikel	41+300	1,5

Fuente: CONSORCIO SH.

De acuerdo con las estimaciones anteriores, la demanda del recurso para las actividades domésticas e industriales en las diferentes etapas por campamento se presenta de forma resumida en la **Tabla 7-8**.

Tabla 7-8 Demanda de recurso hídrico.

TIPO DE CONSUMO	DEMANDA DE AGUA POR CAMPAMENTO (CAUDAL – L/s)
Doméstico	0,45
Industrial	1,5
Total	1,95

Fuente: CONSORCIO SH.

7.1.4 Oferta hídrica.

A continuación, se presenta la calidad del agua y los caudales característicos de las fuentes de agua que están sujetas a aprovechamiento del recurso hídrico.

7.1.4.1 Calidad del agua.

Este aspecto se elaboró con el fin de lograr una caracterización de la calidad de los cuerpos de agua que cubriera la totalidad del área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca Pasto, tramo San Juan - Pedregal, se identificaron las cuencas y subcuencas de las cuales hace parte el área de influencia, definiéndose los puntos de monitoreo en las zonas más representativas, con el fin de conocer el estado de calidad actual de los mismos, así como en los sitios de captación. Dicho análisis se presentó en el **Numeral 5.1.6 Calidad del agua (Capítulo 5 Caracterización del área de influencia)**, Los resultados presentados a continuación corresponden a los sitios de captación solicitados.

Los puntos monitoreados en los sitios de captación solicitados, con sus coordenadas y la fecha de muestreo se presentan en la **Tabla 7-9**.

Tabla 7-9 Puntos de monitoreo de calidad del agua en los sitios de captación solicitados.

CAPTACIÓN	NÚMERO DE MONITOREO EN LA LÍNEA BASE	FUENTE	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE		FECHA DE MONITOREO
			ESTE	NORTE	
1	2	Río Guáitara	948503	590762	26-febrero-2017
2	4	Río Boquerón	948589	590972	26-febrero-2017
3	26	Quebrada La Humeadora	955074	597201	06- marzo -2017
4	30	Quebrada La Llave - Moledores	956019	598991	08- marzo -2017
5	35	Quebrada San Francisco 2	953962	601557	13- marzo -2017
6	38	Quebrada El Macal	954870	603721	13- marzo -2017
7	41	Río Sapuyes	954977	605045	15- marzo -2017
8	5	Quebrada Yamurayán	949114	592110	27-febrero-2017
9	7	Quebrada San Francisco	949980	593156	27-febrero-2017
10	14	Quebrada Culantro	950603	594509	06- marzo -2017
11	17	Quebrada El Manzano	951604	595195	04- marzo -2017

Fuente: CONSORCIO SH.

A continuación, se presenta los índices de contaminación ICOs determinados (ICOMI, ICOMO, ICOSUS, e ICOTRO) para evaluar las condiciones de cada una de las fuentes hídricas consideradas en cuanto a diferentes tipos de contaminación; sin embargo, en el **Anexo 15. Monitoreos_Aguas superficiales** el análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, comprende inicialmente la presentación de los resultados y la comparación con los criterios de calidad según la normatividad vigente. Posteriormente, se realiza una descripción de cada parámetro evaluado y como complemento a la interpretación de los resultados y con el fin de determinar la calidad del recurso en cada punto de monitoreo se determina: El Índice de calidad del agua (ICA), Índice de Alteración del Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)¹, Índice de Langelier, Índice de la Capacidad Buffer (tampón) y los Índices de contaminación (ICOs), igualmente se incluye la modelación de calidad del agua para la época seca a partir de los resultados obtenidos en la campaña de monitoreos realizada para la temporada de lluvias.

- **Índices de contaminación (ICOs).**

Dentro de los índices de contaminación, fueron calculados: índice de contaminación por mineralización (ICOMI), el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), y el índice de contaminación trófico (ICOTRO). El ICOMI, se expresa en las variables de conductividad, dureza y alcalinidad, mientras que el ICOMO tiene en cuenta los valores de coliformes Totales, DBO₅ y el porcentaje de saturación de oxígeno, el ICOSUS involucra únicamente la concentración de sólidos suspendidos, que hacen referencia a los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua y el ICOTRO se determina con la concentración del fósforo total. Estos índices son de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica el grado de intervención que presentan los cuerpos de agua (Ramírez *et al.*, 1997). En la **Tabla 7-12** y **Tabla 7-13**, se presentan los valores de las concentraciones obtenidas de las variables fisicoquímicas analizadas, requeridas para determinar los índices de contaminación (ICOs) y de igual manera se muestran los resultados de los mismos para cada sitio de captación solicitado, de acuerdo con la metodología presentada en el capítulo 5 y la clasificación de la **Tabla 7-10** y **Tabla 7-11**.

Tabla 7-10 Calificación de los Índices de Contaminación (ICOMI, ICOMO e ICOSUS).

¹ IDEAM. 2010. Estudio Nacional del Agua, D. C.

ICOs	NIVEL DE CONTAMINACIÓN
0- 0,2	Ninguna
> 0,2 – 0,4	Baja
> 0,4 – 0,6	Media
> 0,6 – 0,8	Alta
> 0,8 - 1	Muy Alta

Fuente: RAMÍREZ Y VIÑA, 1998.

Tabla 7-11 Categoría Índice de Contaminación Tráfico (ICOTRO).

CATEGORÍA	RANGO
Oligotrofia:	<0.01 mg/L)
Mesotrofia	0.01 – 0.02 mg/L
Eutrofia	0.021 – 1.00 mg/L
Hipertrofia	> 1.00 mg/L

Fuente: RAMÍREZ Y VIÑA, 1998.

Tabla 7-12 Índices de contaminación (ICOs) en los sitios de captación 1 al 6 para el proyecto vial doble calzada Rumichaca Pasto, tramo San Juan - Pedregal.

PARÁMETRO	UNIDADES	1. Río Guáitara	2. Río Boquerón	3. Quebrada La Humeadora	4. Quebrada La Llave - Moledores	5. Quebrada San Francisco 2	6. Quebrada El Macal
Conductividad	μS/cm	155	249,5	120	135	125	100
Oxígeno Disuelto	mg/L O ₂	6,5	7,0	5,0	5,2	6,6	6,45
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	57	93,8	28,7	31,3	39,8	38,4
Sólidos Susp. Totales	mg/L	46	305	22	22	48	36
DBO ₅	mg/L O ₂	< 5	< 5	< 5	< 5	15	13
Dureza total	mg/L	56,4	50,0	38,4	28,4	48,4	35,2
Coliformes Totales	NMP /100mL	2890	3690	2160	2450	2890	2200
Fosforo Total	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,127	0.1065
ICOMI		0,183	0,380	0,114	0,131	0,125	0,089
		Ninguna	Baja	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
ICOMO		0,334	0,355	0,394	0,390	0,437	0,431
		Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media
ICOSUS		0,118	0,895	0,046	0,046	0,124	0,088
		Ninguna	Muy Alta	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
ICOTRO		Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2017.

Tabla 7-13 Índices de contaminación (ICOs) en los sitios de captación 7 al 11 para el proyecto vial doble calzada Rumichaca Pasto, tramo San Juan - Pedregal.

PARÁMETRO	UNIDADES	7. Río Sapuyes	8. Quebrada Yamurayán	9. Quebrada San Francisco	10. Quebrada Culantro	11. Quebrada El Manzano
Conductividad	μS/cm	180	190	180	95	80
Oxígeno Disuelto	mg/L O ₂	6,5	1,01	1,20	5,2	5,0
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	31,5	42,8	43,2	22,6	22,3
Sólidos Susp. Totales	mg/L	478	34	69	16	53
DBO ₅	mg/L O ₂	20	< 5	< 5	< 5	< 5
Dureza total	mg/L	45,2	62,8	54,8	33,2	19,2
Coliformes Totales	NMP /100mL	2200	1300	1480	1260	1600
Fosforo Total	mg/L	3,3	0,286	0,222	<0,1	<0,1
ICOMI		0,198	0,229	0,205	0,083	0,065
ICOMO		Ninguna	Baja	Baja	Ninguna	Ninguna
		Media	Media	Media	Baja	Baja
ICOSUS		1,00	0,082	0,187	0,028	0,139
ICOTRO		Muy Alta	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
		Hipereutrofia	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental, 2017.

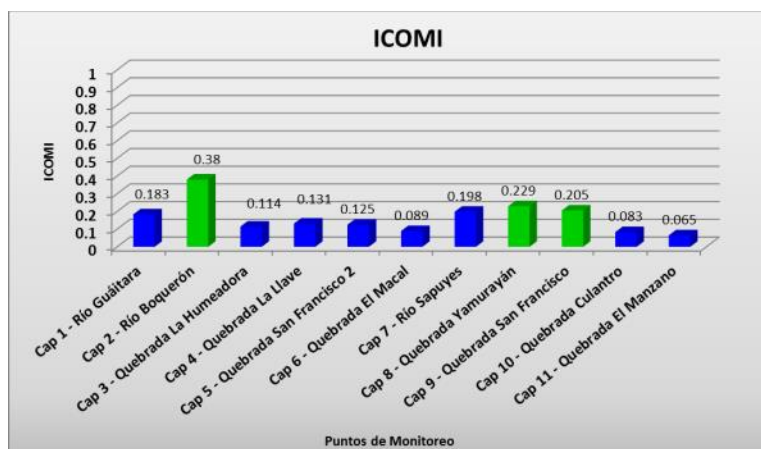
A continuación, se presentan gráficamente los resultados de los diferentes índices de contaminación para cada uno de los cuerpos de agua sujetos de aprovechamiento y su análisis; en los sitios donde se obtuvo una calidad media se debe principalmente a posibles focos de contaminación tales como letrinas y unidades de saneamiento básico, así como la disposición inadecuada de residuos (enterramientos).

- **ICOMI.**

Este índice mide el grado de mineralización en el agua, su propósito es recoger en unas pocas variables la expresión de los múltiples iones disueltos en el agua. El ICOMI lo conforman los valores de conductividad eléctrica, como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, la dureza por cuanto reúne los cationes Hierro, calcio y magnesio y la alcalinidad total porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos.

En la **Figura 7.2** se ilustran los resultados del índice de contaminación por minerales (ICOMI), donde se puede evidenciar que en los fuetes hídricas no se presentan problemas de contaminación por mineralización, a excepción del río Boquerón y las quebradas Yamurayán y San Francisco que obtuvieron una clasificación “baja” principalmente por concentraciones más elevadas de conductividad eléctrica y alcalinidad total, con valores del ICOMI entre 0,21 y 0,38.

Figura 7.2 Resultados del índice de contaminación ICOMI.

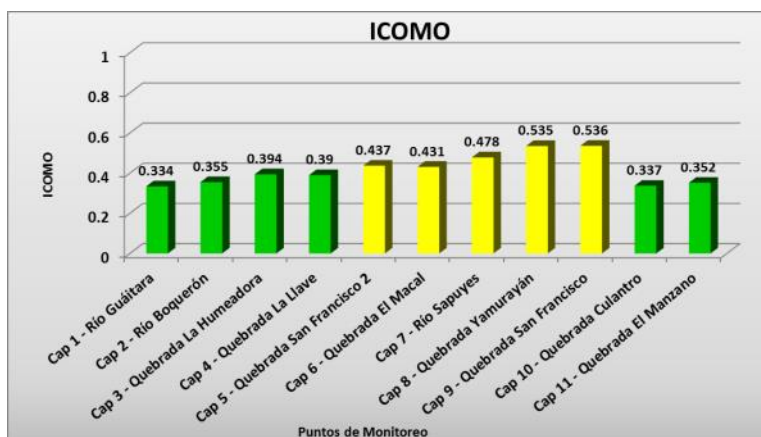


Fuente: CONSORCIO SH.

- **ICOMO.**

Mide la contaminación por materia orgánica. Se determina a través de tres variables: Demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y porcentaje de oxígeno. Para los cuerpos de agua analizados se obtiene un nivel de contaminación “media” por materia orgánica, con valores entre 0,334 y 0,394, para los puntos de captación 5 a 9, debido principalmente a los altos valores de DBO₅ (entre 13 y 20 mg/L) en los puntos 5, 6 y 7 y por las bajas concentraciones de oxígeno disuelto (1,01 Y 1, 20 mg/L) en los puntos 8 y 9 respectivamente , a diferencia de los demás sitios analizados, en el los cuales estos parámetros presentan mejores condiciones y hace que el ICOMO se encuentre en un nivel de contaminación “baja”. (Figura 7.3).

Figura 7.3 Resultados del índice de contaminación ICOMO.



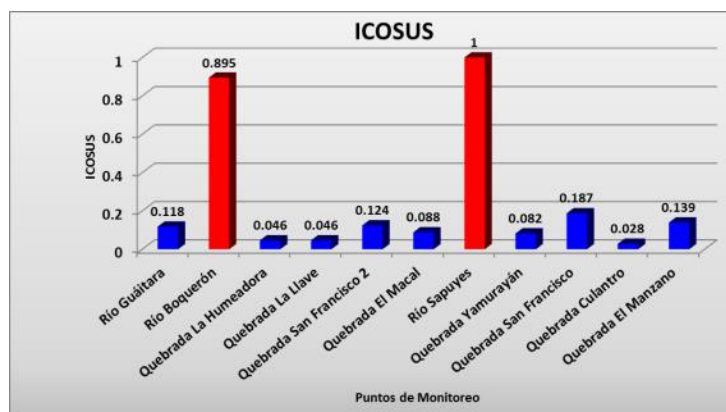
Fuente: CONSORCIO SH.

- **ICOSUS.**

Este índice mide el nivel de contaminación por la presencia de sólidos suspendidos.

Para los cuerpos de agua evaluados, de acuerdo con las concentraciones de Sólidos suspendidos se observa un valor de ICOSUS igual a 0,895 y 1 para las muestras tomadas en los ríos Boquerón y Sapuyes respectivamente, siendo esta una de las principales limitantes de la calidad del agua de estas corrientes. El valor presentado en estos puntos se debe al arrastre de material del lecho a lo largo de su recorrido, dado a su mayor caudal con respecto a los otros cuerpos de agua y la pendiente del cauce, lo que genera una mayor mezcla de estos compuestos, a diferencia de los demás puntos muestreados, donde se obtuvo niveles de contaminación con categoría “ninguna” con valores entre 0,028 y 0,187. (Figura 7.4).

Figura 7.4 Resultados del índice de contaminación ICOSUS.



Fuente: CONSORCIO SH.

- **ICOTRO.**

Se calcula con base en la concentración de fósforo total, determinando si el agua tiene características de oligotrofia, mesotrofia, eutrofia o hipertrofia.

Es importante aclarar que debido al límite de detección del método empleado para determinar el fósforo, (0,1 mg/L), no se pueden establecer las fuentes en categoría de oligotrofia (< 0,01 mg/L) y mesotrofia (entre 0,01 y 0,02 mg/L). Por su parte los puntos 5 a 9 que corresponden a los mismos donde el ICOMO está en categoría media, presentaron los valores más altos de ICOTRO, clasificándose en eutróficos las fuentes 5, 6, 8 y 10 y el punto 7 que corresponde al río Sapuyes presenta la mayor concentración (3,3) que representa una clasificación de hipereutrofia, lo que indica alto contenido de nutrientes inorgánicos, coherentes con los índices biológicos definidos a partir de los monitoreos hidrobiológico realizados en las fuentes de agua, mostrando un exceso de nutrientes en el agua, en lo referente al fósforo total.

7.1.4.2 Caudales de las fuentes de captación.

Para determinar el régimen de caudales en las corrientes a intervenir, se optó por definir los sitios de captación; lo anterior con el fin de conocer la disponibilidad del recurso hídrico para su aprovechamiento.

En la **Tabla 7-2**. Se presentan las franjas propuestas para captación y/o aprovechamiento del recurso hídrico superficial, que están ubicadas en los ríos Guátara, Boquerón, Sapuyes y las quebradas Humeadora, La Llave - Moledores, San Francisco, Yamurayán, El Manzano, Culantro y El Macal, los cuales fueron seleccionados y verificados en campo.

La estimación de los caudales característicos (oferta hídrica total) de las principales corrientes del Área de influencia del proyecto, se presentó en el **Numeral 5.1.5 Hidrología – Caudales característicos (Capítulo 5_ Caracterización del área de influencia)**, los caudales presentados a continuación corresponden únicamente a los cuerpos de agua solicitados para captación, teniendo en cuenta que para obtener la oferta hídrica neta disponible, se realizó de acuerdo a lo establecido en la Resolución 865 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), hoy MADS, la cual reglamenta la metodología desarrollada por el IDEAM en el documento “Metodología para el Cálculo del Índice de Escasez para Aguas superficiales, (IES)” y en el “Estudio Nacional del Agua”, por lo tanto, se procede a reducir la oferta hídrica total estimada, es decir, reducir la oferta hídrica total por caudal mínimo ecológico y por calidad del agua, lo que incluye la demanda hídrica realizada e identificada en cada fuente, de acuerdo con los usos determinados en el numeral **7.1.2 Usos del agua**.

- **Reducción por el caudal ecológico.**

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.

El cálculo del caudal ecológico se realizó teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 865 de 2004, en la cual avala el porcentaje de descuento adoptado por el IDEAM, como caudal mínimo ecológico un valor aproximado del 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio, importante para la adecuada planificación del recurso hídrico.

- **Reducción por la calidad del agua.**

La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe sus posibles usos, por lo tanto, mediante el monitoreo sistemático de indicadores de calidad del agua, como los ICOs, realizados por el laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental, entre los días 26 de febrero al 21 de marzo de 2017, se avanzó en el conocimiento de los niveles de calidad ambiental del recurso hídrico de los cuerpos de agua solicitados para aprovechamiento. Una vez conocido el estado de la calidad del agua de estas fuentes (baja a media), la oferta hídrica se redujo el 25%, correspondiendo a la condición de calidad del agua.

Con base en lo anterior, la suma de la reducción por caudal ecológico (25%) más la reducción por calidad del agua (25%), equivale a la reducción que se debe hacer a la oferta hídrica total calculada, para determinar la oferta hídrica neta y que se presenta a continuación.

- **Estimación de caudales para el río Guátara - Captación 1.**

En la **Tabla 7-14** se presenta los caudales de oferta neta estimados con un rango de análisis de 1990-2014, para el punto de captación 1.

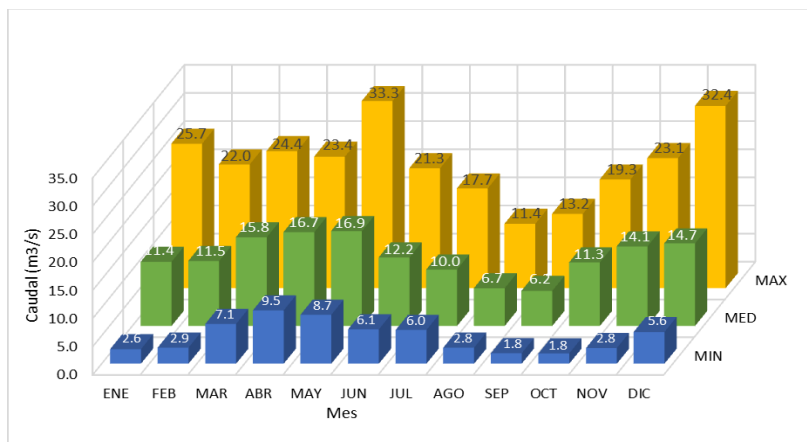
Tabla 7-14 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en el río Guáitara – Captación 1.

CAUDALES (m ³ /s). PUNTO DE CAPTACIÓN 1 - RÍO GUÁITARA													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MED	11.39	11.54	15.76	16.66	16.85	12.17	10.03	6.69	6.23	11.27	14.13	14.67	12.28
MAX	25.68	22.00	24.37	23.37	33.26	21.32	17.72	11.43	13.21	19.31	23.11	32.38	33.26
MIN	2.58	2.86	7.06	9.47	8.69	6.10	5.99	2.84	1.84	1.84	2.78	5.62	1.84

Fuente: Consorcio SH..

El Guáitara presenta un régimen hidrológico de carácter permanente; pues debido a su extensión y por el gran número de afluentes a lo largo de su recorrido, no se ve fuertemente influenciado por la precipitación zonal; a diferencia de las cuencas de las demás quebradas identificados en campo. En la **Figura 7.5**, se presenta el histograma de caudales mínimos, medios y máximos mensuales de oferta hídrica neta, donde se observa que los caudales más altos se presentan entre octubre y julio, con un pico en el mes de mayo. Obteniendo valores en promedio de 13.4 m³/s, también se observa que los caudales más bajos se presentan entre los meses de agosto y septiembre, con un mínimo en el mes de septiembre, donde al hacer los descuentos por caudal ecológico y calidad del agua, el cuerpo de agua tendría caudal disponible para todo el año.

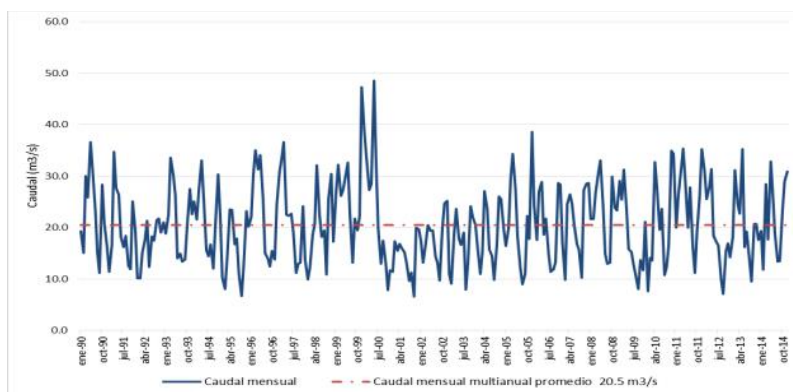
Figura 7.5 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990 – 2014) para el río Guáitara - Captación 1.



Fuente: Consorcio SH..

Al analizar el hidrograma anual de caudales de Oferta Hídrica Total del río Guáitara (**Figura 7.6**), se evidencia que los caudales tienen un régimen perenne o de flujo continuo característico de cuencas que son permanentes, con un caudal promedio de 20.5 m³/s.

Figura 7.6 Hidrograma anual de caudales para el río Guáitara – Captación 1.

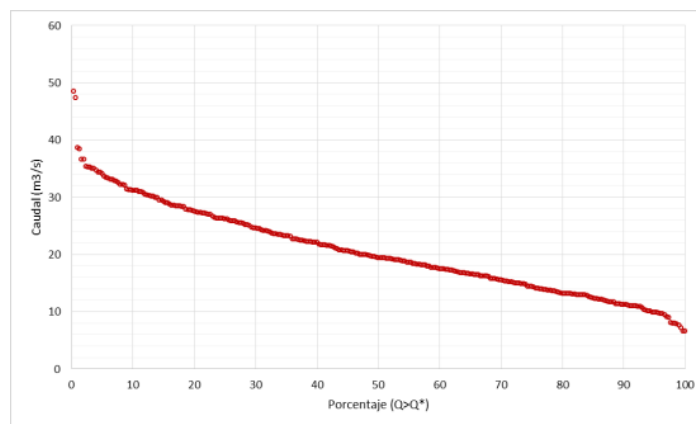


Fuente: GEOCOL CONSULTORES, 2017.

En la **Figura 7.7** se observa el comportamiento de la curva de duración de caudales, la cual básicamente indica el período en términos de porcentaje del tiempo en que un determinado caudal es excedido o igualado en magnitud, lo que permite establecer un conocimiento general sobre la regulación de la fuente hídrica al punto analizado. Es así, que la curva de duración muestra con claridad la persistencia de los caudales estimados. El caudal de 48.5 m³/s es un caudal que muy pocas veces se presenta y el caudal de 6.6 m³/s es el caudal base, lo que significa que en ningún momento de los evaluados se han presentado valores inferiores a este. En promedio se espera encontrar un caudal de 19.4 m³/s.

Lo anterior indicando que el río Guáitara, tendrá suficiente caudal de abastecimiento durante todo el año, ya que el río mantiene su lámina de agua 100% del tiempo.

Figura 7.7 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para el río Guáitara - Captación 1.



Fuente: Consorcio SH..

- **Estimación de caudales para el punto de captación 2 - Río Boquerón.**

En la **Tabla 7-15** se presenta los caudales de oferta neta estimados, a partir de la modelación precipitación – escorrentía realizada para el río Boquerón.

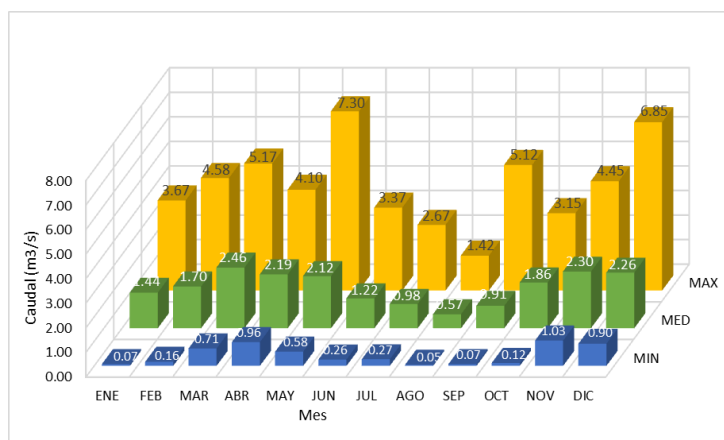
Tabla 7-15 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en el río Boquerón – Captación 2.

CAUDALES (m³/s). PUNTO DE CAPTACIÓN 2 - RÍO BOQUERÓN													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MED	1.44	1.70	2.46	2.19	2.12	1.22	0.98	0.57	0.91	1.86	2.30	2.26	1.67
MAX	3.67	4.58	5.17	4.10	7.30	3.37	2.67	1.42	5.12	3.15	4.45	6.85	7.30
MIN	0.07	0.16	0.71	0.96	0.58	0.26	0.27	0.05	0.07	0.12	1.03	0.90	0.05

Fuente: Consorcio SH..

El río Boquerón presenta un régimen hidrológico de carácter permanente; pues debido a su extensión y por el gran número de afluentes a lo largo de su recorrido, no se ve fuertemente influenciado por la precipitación zonal; a diferencia de las cuencas de las demás quebradas identificados en campo. En la **Figura 7.8**, se presenta el histograma de caudales mínimos, medios y máximos mensuales de oferta hídrica neta, donde se observa que los caudales más altos se presentan entre octubre y mayo, con un pico en el mes de marzo. Obteniendo valores en promedio de $2.46 \text{ m}^3/\text{s}$, también se observa que los caudales más bajos se presentan entre los meses de junio a septiembre, con un mínimo en el mes de agosto, donde al hacer los descuentos por caudal ecológico y calidad del agua, el cuerpo de agua tendría caudal disponible para todo el año.

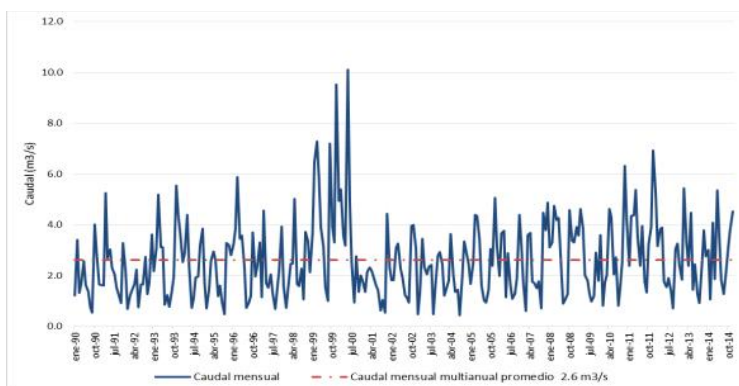
Figura 7.8 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990 – 2014) para el río Boquerón - Captación 2.



Fuente: Consorcio SH..

Al analizar el hidrograma anual de caudales de Oferta Hídrica Total del río Boquerón (**Figura 7.9**), estimados a partir de la modelación precipitación – escorrentía, se evidencia que los caudales tienen un régimen perenne o de flujo continuo característico de cuencas que son permanentes, con un caudal promedio de $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 7.9 Hidrograma anual de caudales para el río Boquerón.

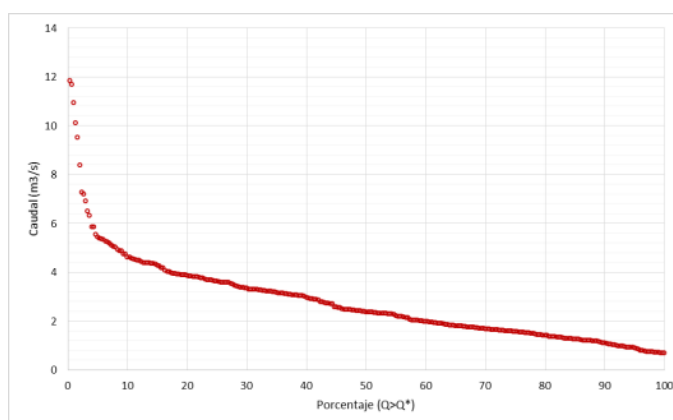


Fuente: GEOCOL CONSULTORES, 2017.

En la **Figura 7.10** se observa el comportamiento de la curva de duración de caudales, la cual básicamente indica el período en términos de porcentaje del tiempo en que un determinado caudal es excedido o igualado en magnitud, lo que permite establecer un conocimiento general sobre la regulación de la fuente hídrica al punto analizado. Es así, que la curva de duración muestra con claridad la persistencia de los caudales estimados. El caudal de $11.8 \text{ m}^3/\text{s}$ es un caudal que muy pocas veces se presenta y el caudal de $0.68 \text{ m}^3/\text{s}$ es el caudal base, lo que significa que en ningún momento de los evaluados se han presentado valores inferiores a este. En promedio se espera encontrar un caudal de $2.38 \text{ m}^3/\text{s}$.

Lo anterior indicando que el río Boquerón, tendrá suficiente caudal de abastecimiento durante todo el año, ya que el río mantiene su lámina de agua 100% del tiempo.

Figura 7.10 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para el río Boquerón - Captación 2.



Fuente: Consorcio SH..

- Estimación de caudales para el punto de captación 3 - Quebrada Humeadora.

En la **Tabla 7-16** se presenta los caudales de oferta neta estimados con un rango de análisis de 1990-2014, a partir de la modelación precipitación – escorrentía realizada para la quebrada Humeadora.

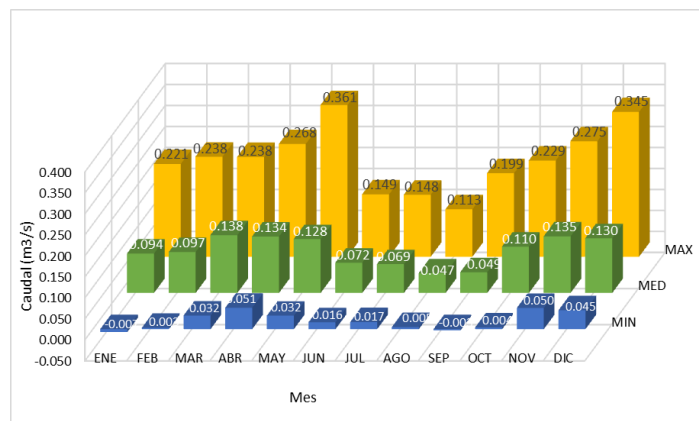
Tabla 7-16 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada Humeadora – Captación 3.

CAUDALES (m³/s). PUNTO DE CAPTACIÓN 3 - QUEBRADA HUMEADORA													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MED	0.094	0.097	0.138	0.134	0.128	0.072	0.069	0.047	0.049	0.110	0.135	0.130	0.100
MAX	0.221	0.238	0.238	0.268	0.361	0.149	0.148	0.113	0.199	0.229	0.275	0.345	0.361
MIN	-0.007	0.003	0.032	0.051	0.032	0.016	0.017	0.005	-0.003	0.004	0.050	0.045	-0.007

Fuente: CONSORCIO SH.

En la **Figura 7.11**, se presenta el histograma de caudales de oferta neta mínimos, medios y máximos mensuales, donde se observa que los caudales más altos se presentan entre los meses de octubre a mayo y existe un ligero pico en el mes de marzo. Obteniendo valores entre $0.094 \text{ m}^3/\text{s}$ para enero y $0.138 \text{ m}^3/\text{s}$ para el mes de marzo. También se puede observar que los valores máximos registrados están alrededor de los $0.361 \text{ m}^3/\text{s}$ para el mes de mayo, no obstante, se puede observar que de acuerdo con los valores mínimos durante los meses de enero y septiembre la quebrada puede secarse y por ende no presenta las condiciones de oferta hídrica suficiente durante dichos meses.

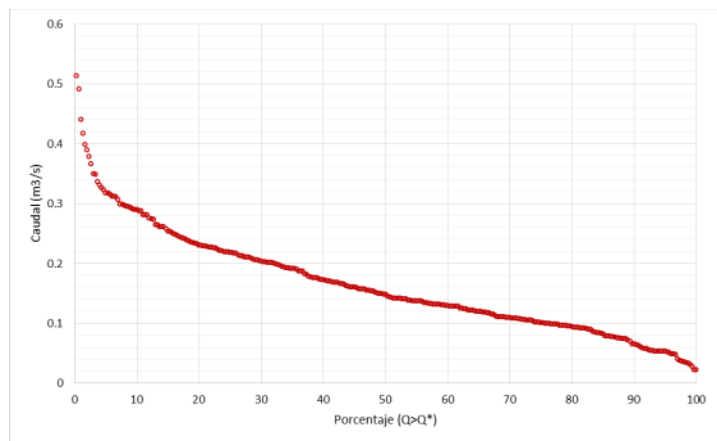
Figura 7.11 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada Humeadora - Captación 3.



Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.12** se observa el comportamiento de la curva de duración de caudales para la quebrada Humeadora, donde se pueden llegar a presentar valores de hasta $0.51 \text{ m}^3/\text{s}$ y valores mínimos de $0.022 \text{ m}^3/\text{s}$, en promedio, de acuerdo a los registros de precipitación de la zona, se puede generar un caudal de $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 7.12 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada Humeadora - Captación 3.



Fuente: Consorcio SH..

Con base en lo anterior, se observa que la cuenca de la quebrada Humeadora en el punto de captación 3, tendrá suficiente caudal de abastecimiento únicamente durante la temporada de lluvias (febrero a agosto y octubre a diciembre), dado que, en la época de estiaje, específicamente los meses de enero y septiembre la fuente podría secarse por su carácter intermitente.

En la época de lluvias el valor de oferta mínimo estimado es de 0.0031 m³/s (3.14 L/s) para el mes de febrero, si se compara el caudal de oferta mínimo con el caudal solicitado en esta quebrada (1.5 L/s) se observa que la demanda solicitada equivaldría al 47.77 % de la oferta neta en las condiciones más críticas, no obstante, como pueden existir fluctuaciones en donde la disponibilidad sea menor, es decir donde en la época de lluvias no se presente lámina agua se deberá considerar como alternativa viable la captación en las fuentes de agua permanente como los ríos Guaitara, Boquerón y Sapuyes o compra a terceros autorizados.

- **Estimación de caudales para el punto de captación 4 - Quebrada La Llave - Moledores.**

En la **Tabla 7-17** se presenta los caudales de oferta neta estimados con un rango de análisis de 1990-2014, a partir de la modelación precipitación – escorrentía realizada para la quebrada La Llave - Moledores.

Tabla 7-17 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada La Llave – Moledores – Captación 4.

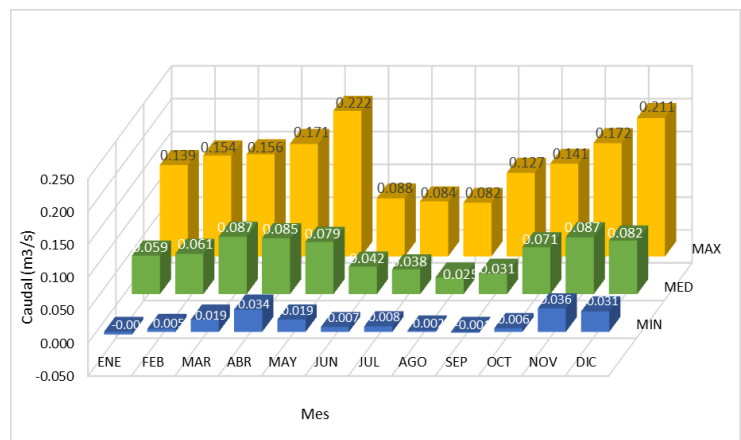
CAUDALES (m³/s). PUNTO DE CAPTACIÓN 4 QUEBRADA LA LLAVE - MOLEDORES													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MED	0.059	0.061	0.087	0.085	0.079	0.042	0.038	0.025	0.031	0.071	0.087	0.082	0.062
MAX	0.139	0.154	0.156	0.171	0.222	0.088	0.084	0.082	0.127	0.141	0.172	0.211	0.222
MIN	-0.004	0.005	0.019	0.034	0.019	0.007	0.008	0.0021	-0.001	0.006	0.036	0.031	-0.004

Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.13**, se presenta el histograma de caudales de oferta neta mínimos, medios y máximos mensuales, donde se observa que los caudales más altos se presentan entre los meses de octubre a mayo y existe un ligero pico en el mes de marzo. Obteniendo valores entre 0.059 m³/s para enero y 0.087 m³/s para

el mes de marzo. También se puede observar que los valores máximos registrados están alrededor de los $0.222 \text{ m}^3/\text{s}$ para el mes de mayo, no obstante, se puede observar que de acuerdo con los valores mínimos durante los meses de enero y septiembre la quebrada puede secarse y por ende no presenta las condiciones de oferta hídrica suficiente durante dichos meses.

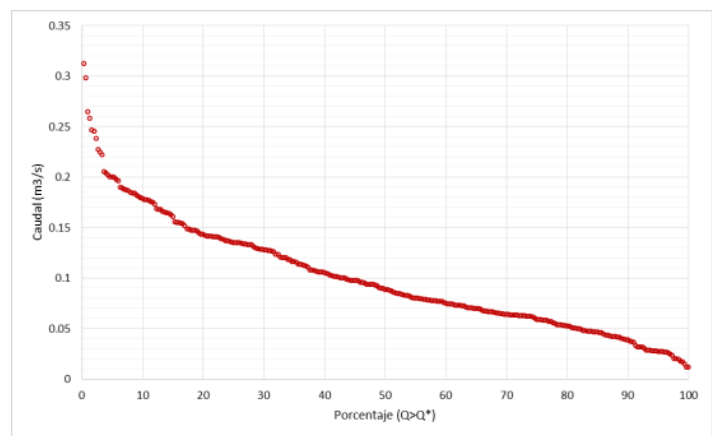
Figura 7.13 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada La Llave - Moledores - Captación 4.



Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.14** se observa el comportamiento de la curva de duración de caudales para la quebrada La Llave - Moledores, donde se pueden llegar a presentar valores de hasta $0.31 \text{ m}^3/\text{s}$ y valores mínimos de $0.011 \text{ m}^3/\text{s}$, en promedio, de acuerdo a los registros de precipitación de la zona, se puede generar un caudal de $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$

Figura 7.14 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada La Llave - Moledores - Captación 4.



Fuente: Consorcio SH..

Con base en lo anterior, se observa que la cuenca de la quebrada La Llave - Moledores en el punto de captación 4, tendrá suficiente caudal de abastecimiento únicamente durante la temporada de lluvias (febrero a agosto y octubre a diciembre), dado que, en la época de estiaje, específicamente los meses de enero y septiembre la fuente podría secarse por su carácter intermitente.

En la época de lluvias el valor de oferta mínimo estimado es de $0.0021 \text{ m}^3/\text{s}$ (2.10 L/s) para el mes de agosto, si se compara el caudal de oferta mínimo con el caudal solicitado en esta quebrada (1.5 L/s) se observa que la demanda solicitada equivaldría al 71.1 % de la oferta neta en las condiciones más críticas, no obstante, como pueden existir fluctuaciones en donde la disponibilidad sea menor, es decir donde en la época de lluvias no se presente lámina agua se deberá considerar como alternativa viable la captación en las fuentes de agua permanente como los ríos Guátara, Boquerón y Sapuyes o compra a terceros autorizados.

- **Estimación de caudales para el punto de captación 5 - Quebrada San Francisco 2.**

En la **Tabla 7-18** se presenta los caudales de oferta neta estimados con un rango de análisis de 1990-2014, a partir de la modelación precipitación – escorrentía realizada para la quebrada San Francisco 2.

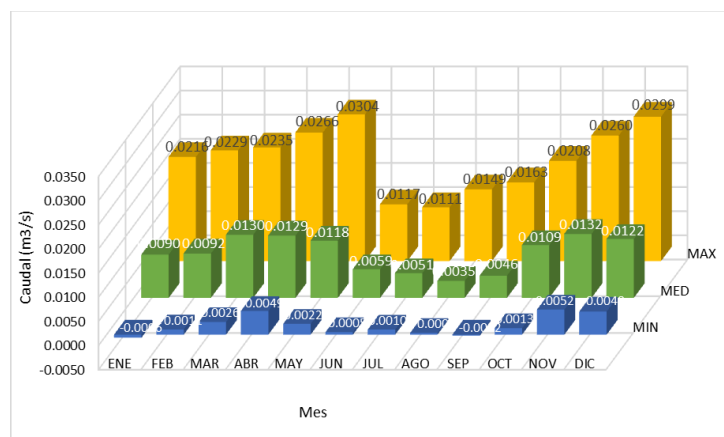
Tabla 7-18 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada San Francisco 2 – Captación 5.

CAUDALES (m^3/s). PUNTO DE CAPTACIÓN 5 QUEBRADA SAN FRANCISCO 2													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MED	0.0090	0.0092	0.0130	0.0129	0.0118	0.0059	0.0051	0.0035	0.0046	0.0109	0.0132	0.0122	0.0093
MAX	0.0216	0.0229	0.0235	0.0266	0.0304	0.0117	0.0111	0.0149	0.0163	0.0208	0.0260	0.0299	0.0304
MIN	-0.0006	0.0011	0.0026	0.0049	0.0022	0.0005	0.0010	0.0003	-0.0002	0.0013	0.0052	0.0048	-0.0006

Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.15**, se presenta el histograma de caudales de oferta neta mínimos, medios y máximos mensuales, donde se observa que los caudales más altos se presentan entre los meses de octubre a mayo y existe un ligero pico en el mes de noviembre. Obteniendo valores entre $0.009 \text{ m}^3/\text{s}$ para enero y $0.013 \text{ m}^3/\text{s}$ para el mes de noviembre. También se puede observar que los valores máximos registrados están alrededor de los $0.034 \text{ m}^3/\text{s}$ para el mes de mayo, no obstante, se puede observar que de acuerdo con los valores mínimos durante los meses de enero, febrero y de junio a octubre la quebrada puede secarse y por ende no presenta las condiciones de oferta hídrica suficiente durante dichos meses.

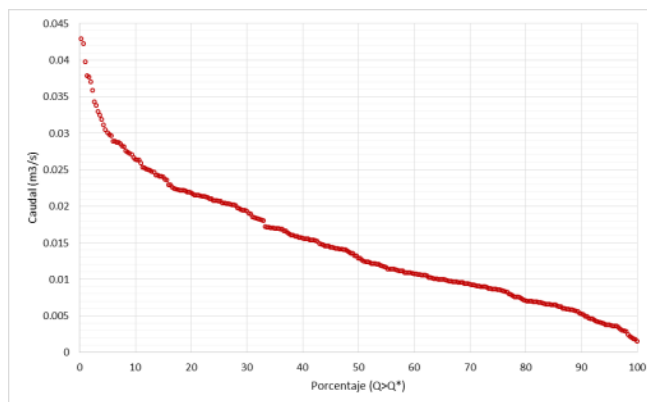
Figura 7.15 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada San Francisco 2 en el punto de captación 5.



Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.16** se observa el comportamiento de la curva de duración de caudales para la quebrada San Francisco 2, donde se pueden llegar a presentar valores de hasta $0.042 \text{ m}^3/\text{s}$ y valores mínimos de $0.001 \text{ m}^3/\text{s}$, en promedio, de acuerdo a los registros de precipitación de la zona, se puede generar un caudal de $0.013 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 7.16 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada San Francisco 2 - Captación 5.



Fuente: Consorcio SH..

Con base en lo anterior, se observa que la cuenca de la quebrada San Francisco 2 en el punto de captación 5, tendrá suficiente caudal de abastecimiento únicamente durante la temporada de lluvias (marzo a mayo y noviembre a diciembre), dado que en la época de estiaje, específicamente los meses de enero a febrero y de junio a octubre la fuente podría secarse por su carácter intermitente.

En la época de lluvias el valor de oferta mínimo estimado es de $0.002 \text{ m}^3/\text{s}$ (2.22 L/s) para el mes de mayo, si se compara el caudal de oferta mínimo con el caudal solicitado en esta quebrada (1.95 L/s) se observa que la demanda solicitada equivaldría al 87.8 % de la oferta neta en las condiciones más críticas, no obstante como

pueden existir fluctuaciones en donde la disponibilidad sea menor, es decir donde en la época de lluvias no se presente lámina agua se deberá considerar como alternativa viable la captación en las fuentes de agua permanente como los ríos Guátara, Boquerón y Sapuyes o compra a terceros autorizados.

- **Estimación de caudales para el punto de captación 6 - Quebrada Macal.**

En la **Tabla 7-19** se presenta los caudales de oferta neta estimados con un rango de análisis de 1990-2014, a partir de la modelación precipitación – escorrentía realizada para la quebrada Macal.

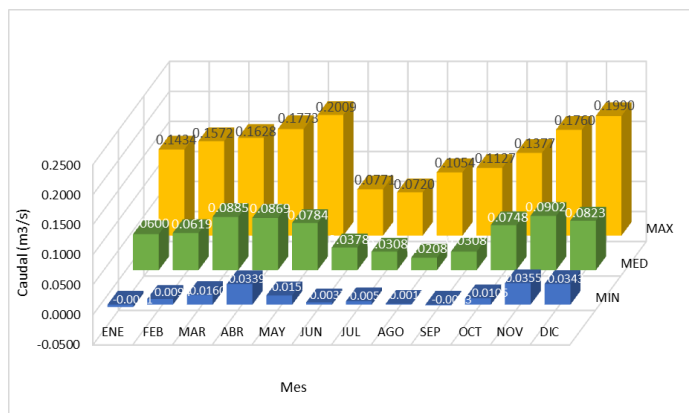
Tabla 7-19 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada Macal – Captación 6.

CAUDALES (m ³ /s). PUNTO DE CAPTACIÓN 6 - QUEBRADA MACAL													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MED	0.060	0.062	0.088	0.087	0.078	0.038	0.031	0.021	0.031	0.075	0.090	0.082	0.062
MAX	0.143	0.157	0.163	0.177	0.201	0.077	0.072	0.105	0.113	0.138	0.176	0.199	0.201
MIN	-0.004	0.009	0.016	0.034	0.015	0.004	0.006	0.001	-0.001	0.010	0.036	0.034	-0.004

Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.17**, se presenta el histograma de caudales de oferta neta mínimos, medios y máximos mensuales, donde se observa que los caudales más altos se presentan entre los meses de octubre a mayo y existe un ligero pico en el mes de noviembre. Obteniendo valores entre 0.060 m³/s para enero y 0.090 m³/s para el mes de noviembre. También se puede observar que los valores máximos registrados están alrededor de los 0.20 m³/s para el mes de mayo, no obstante, se puede observar que de acuerdo con los valores mínimos durante los meses de enero, agosto y septiembre la quebrada puede secarse y por ende no presenta las condiciones de oferta hídrica suficiente durante dichos meses.

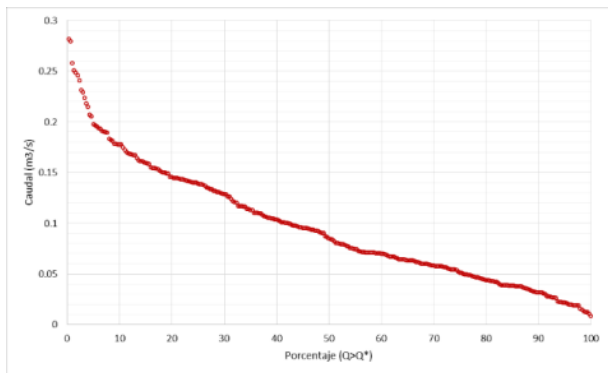
Figura 7.17 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada Macal - Captación 6.



Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.18** se observa el comportamiento de la curva de duración de caudales para la quebrada Macal, donde se pueden llegar a presentar valores de hasta 0.28 m³/s y valores mínimos de 0.008 m³/s, en promedio, de acuerdo a los registros de precipitación de la zona, se puede generar un caudal de 0.084 m³/s.

Figura 7.18 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada Macal - Captación 6.



Fuente: Consorcio SH..

Con base en lo anterior, se observa que la cuenca de la quebrada Macal en el punto de captación 6, tendrá suficiente caudal de abastecimiento únicamente durante la temporada de lluvias (febrero a julio y octubre a diciembre), dado que en la época de estiaje, específicamente los meses de enero, agosto y septiembre la fuente podría secarse por su carácter intermitente.

En la época de lluvias el valor de oferta mínimo estimado es de $0.004 \text{ m}^3/\text{s}$ (3.65 L/s) para el mes de junio, si se compara el caudal de oferta mínimo con el caudal solicitado en esta quebrada (1.5 L/s) se observa que la demanda solicitada equivaldría al 41.1 % de la oferta neta en las condiciones más críticas, no obstante como pueden existir fluctuaciones en donde la disponibilidad sea menor, es decir donde en la época de lluvias no se presente lámina agua se deberá considerar como alternativa viable la captación en las fuentes de agua permanente como los ríos Guáitara, Boquerón y Sapuyes o compra a terceros autorizados.

- **Estimación de caudales para el punto de captación 7 - Río Sapuyes.**

En la **Tabla 7-20** se presenta los caudales de oferta neta estimados, a partir de la modelación precipitación – escorrentía realizada para el río Sapuyes.

Tabla 7-20 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en el río Sapuyes – Captación 7.

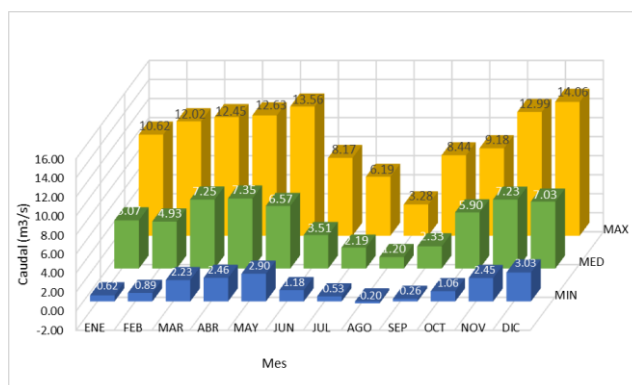
CAUDALES (m^3/s). PUNTO DE CAPTACIÓN 7 - RÍO SAPUYES													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MED	5.07	4.93	7.25	7.35	6.57	3.51	2.19	1.20	2.33	5.90	7.23	7.03	5.05
MAX	10.62	12.02	12.45	12.63	13.56	8.17	6.19	3.28	8.44	9.18	12.99	14.06	14.06
MIN	0.62	0.89	2.23	2.46	2.90	1.18	0.53	-0.20	0.26	1.06	2.45	3.03	-0.20

Fuente: Consorcio SH..

El río Sapuyes presenta un régimen hidrológico de carácter permanente; pues debido a su extensión y por el gran número de afluentes a lo largo de su recorrido, no se ve fuertemente influenciado por la precipitación

zonal; a diferencia de las cuencas de las demás quebradas identificados en campo. En la **Figura 7.19**, se presenta el histograma de caudales mínimos, medios y máximos mensuales de oferta hídrica neta, donde se observa que los caudales más altos se presentan entre octubre y mayo, con un pico en el mes de abril. Obteniendo valores en promedio de $6.42 \text{ m}^3/\text{s}$, también se observa que los caudales más bajos se presentan entre los meses de junio a septiembre, con un mínimo en el mes de agosto, donde al hacer los descuentos por caudal ecológico y calidad del agua, el cuerpo de agua no tendría caudal disponible, pero con el análisis realizado de frecuencias de caudales mínimos para diferentes periodos de retorno, se tiene una probabilidad de que ni siquiera para un periodo de 100 años se dé un caudal de esa magnitud en el río Sapuyes, demostrando la capacidad del cuerpo de agua durante todo el año.

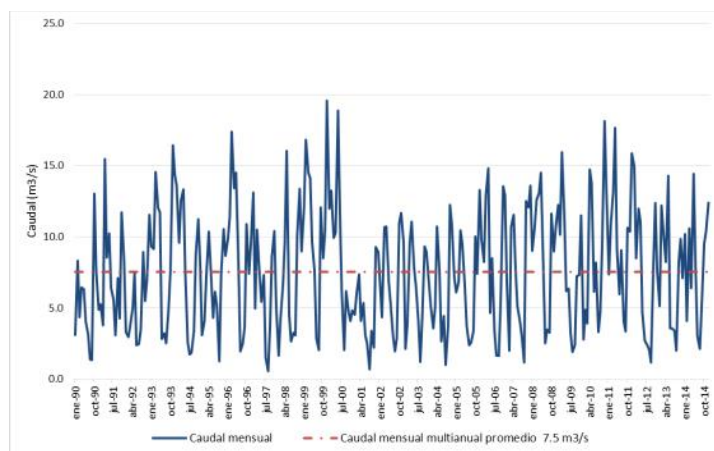
Figura 7.19 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990 – 2014) para el río Sapuyes - Captación 7.



Fuente: Consorcio SH..

Al analizar el hidrograma anual de caudales de Oferta Hídrica Total del río Sapuyes (**Figura 7.20**), estimados a partir de la modelación precipitación – escorrentía, se evidencia que los caudales tienen un régimen perenne o de flujo continuo característico de cuencas que son permanentes, con un caudal promedio de $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 7.20 Hidrograma anual de caudales para el río Sapuyes.

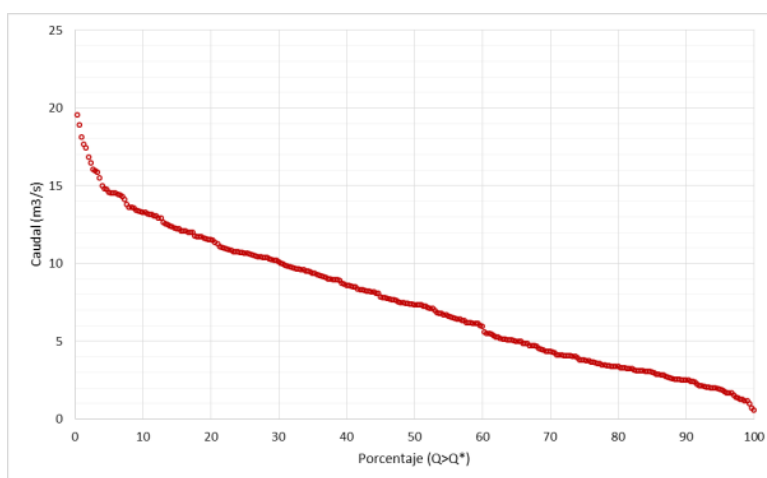


Fuente: GEOCOL CONSULTORES, 2017.

En la **Figura 7.21** se observa el comportamiento de la curva de duración de caudales, la cual básicamente indica el período en términos de porcentaje del tiempo en que un determinado caudal es excedido o igualado en magnitud, lo que permite establecer un conocimiento general sobre la regulación de la fuente hídrica al punto analizado. Es así, que la curva de duración muestra con claridad la persistencia de los caudales estimados. El caudal de 19.55 m³/s es un caudal que muy pocas veces se presenta y el caudal de 0.53 m³/s es el caudal base, lo que significa que en ningún momento de los evaluados se han presentado valores inferiores a este. En promedio se espera encontrar un caudal de 7.34 m³/s.

Lo anterior indicando que el río Sapuyes, tendrá suficiente caudal de abastecimiento durante todo el año, ya que el río mantiene su lámina de agua 100% del tiempo.

Figura 7.21 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para el río Sapuyes - Captación 7.



Fuente: Consorcio SH..

- Estimación de caudales para el punto de captación 8 - Quebrada Yamurayán.

En la **Tabla 7-21** se presenta los caudales de oferta neta estimados con un rango de análisis de 1990-2014, a partir de la modelación precipitación – escorrentía realizada para la quebrada Yamurayán.

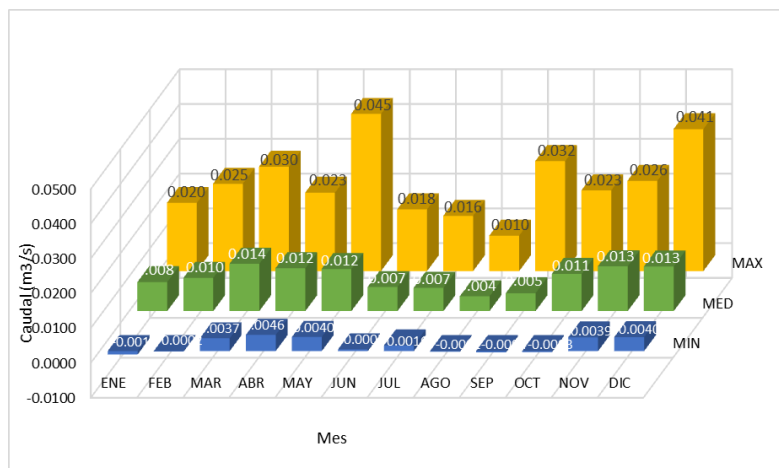
Tabla 7-21 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada Yamurayán – Captación 8.

CAUDALES (m³/s). PUNTO DE CAPTACIÓN 8 - QUEBRADA YAMURAYÁN													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MED	0.0083	0.0095	0.0136	0.0123	0.0121	0.0069	0.0067	0.0042	0.0051	0.0107	0.0129	0.0128	0.0096
MAX	0.0196	0.0251	0.0300	0.0225	0.0452	0.0177	0.0159	0.0102	0.0316	0.0232	0.0259	0.0408	0.0452
MIN	-0.0010	-0.0002	0.0037	0.0046	0.0040	0.0005	0.0016	-0.0002	-0.0004	-0.0003	0.0039	0.0040	-0.0010

Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.22**, se presenta el histograma de caudales de oferta neta mínimos, medios y máximos mensuales, donde se observa que los caudales más altos se presentan entre los meses de octubre a mayo y existe un ligero pico en el mes de marzo. Obteniendo valores entre $0.008 \text{ m}^3/\text{s}$ para enero y $0.014 \text{ m}^3/\text{s}$ para el mes de marzo. También se puede observar que los valores máximos registrados están alrededor de los $0.045 \text{ m}^3/\text{s}$ para el mes de mayo, no obstante se puede observar que de acuerdo con los valores mínimos durante los meses de enero, febrero, junio y de agosto a octubre la quebrada puede secarse y por ende no presenta las condiciones de oferta hídrica suficiente durante dichos meses.

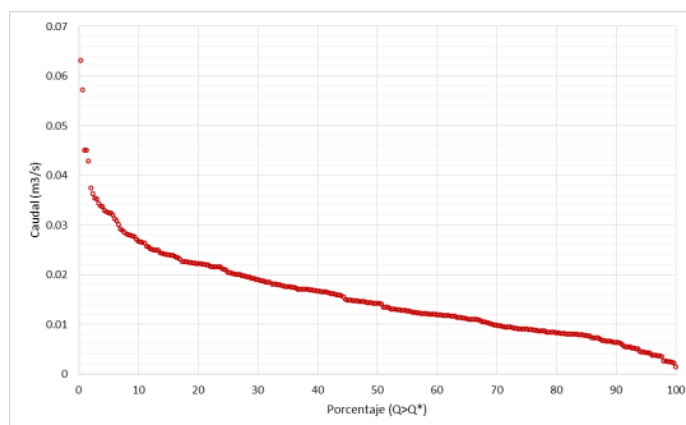
Figura 7.22 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada Yamurayán - Captación 8.



Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.23** se observa el comportamiento de la curva de duración de caudales para la quebrada Yamurayán, donde se pueden llegar a presentar valores de hasta $0.063 \text{ m}^3/\text{s}$ y valores mínimos de $0.001 \text{ m}^3/\text{s}$, en promedio, de acuerdo a los registros de precipitación de la zona, se puede generar un caudal de $0.014 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 7.23 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada Yamurayán - Captación 8.



Fuente: Consorcio SH..

Con base en lo anterior, se observa que la cuenca de la quebrada Yamurayán en el punto de captación 8, tendrá suficiente caudal de abastecimiento únicamente durante la temporada de lluvias (marzo a mayo, julio y noviembre y diciembre), dado que en la época de estiaje, específicamente los meses de enero y febrero, junio y de agosto a octubre la fuente podría secarse por su carácter intermitente.

En la época de lluvias el valor de oferta mínimo estimado es de 0.0016 m³/s (1.61 L/s) para el mes de julio, si se compara el caudal de oferta mínimo con el caudal solicitado en esta quebrada (1.5 L/s) se observa que la demanda solicitada equivaldría al 93.0 % de la oferta neta en las condiciones más críticas, no obstante como pueden existir fluctuaciones en donde la disponibilidad sea menor, es decir donde en la época de lluvias no se presente lámina agua se deberá considerar como alternativa viable la captación en las fuentes de agua permanente como los río Guáitara, Boquerón y Sapuyes o compra a terceros autorizados.

- **Estimación de caudales para el punto de captación 9 - Quebrada San Francisco.**

En la **Tabla 7-22** se presenta los caudales de oferta neta estimados con un rango de análisis de 1990-2014, a partir de la modelación precipitación – escorrentía realizada para la quebrada San Francisco.

Tabla 7-22 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada San Francisco – Captación 9.

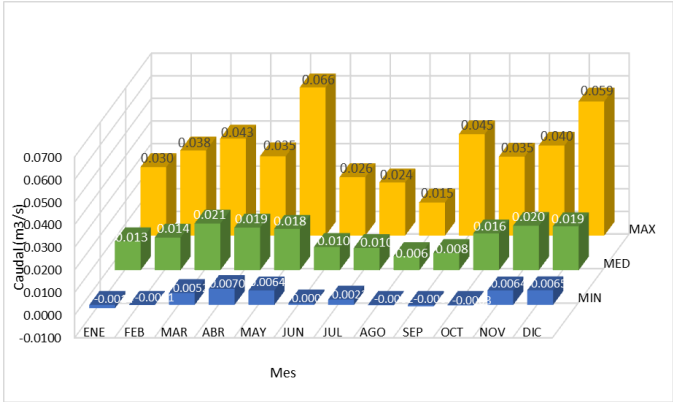
CAUDALES (m³/s). PUNTO DE CAPTACIÓN 9 QUEBRADA SAN FRANCISCO													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MED	0.0128	0.0144	0.0206	0.0189	0.0183	0.0103	0.0098	0.0063	0.0076	0.0163	0.0196	0.0194	0.0145
MAX	0.0303	0.0376	0.0429	0.0351	0.0656	0.0258	0.0235	0.0146	0.0449	0.0349	0.0398	0.0593	0.0656
MIN	-0.0014	-0.0001	0.0052	0.0070	0.0064	0.0007	0.0023	-0.0002	-0.0007	-0.0003	0.0064	0.0065	-0.0014

Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.24**, se presenta el histograma de caudales de oferta neta mínimos, medios y máximos mensuales, donde se observa que los caudales más altos se presentan entre los meses de octubre a mayo y

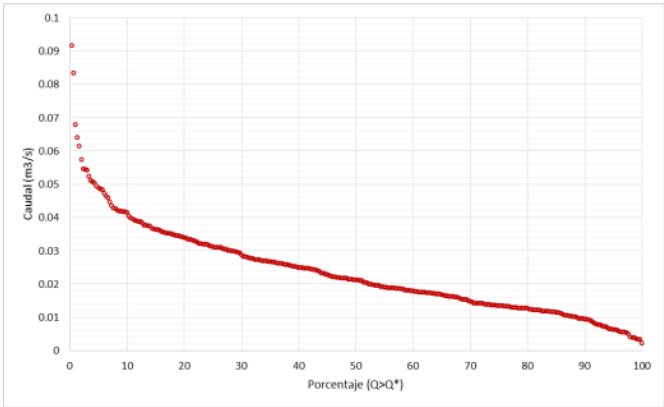
existe un ligero pico en el mes de marzo. Obteniendo valores entre $0.017 \text{ m}^3/\text{s}$ para enero y $0.027 \text{ m}^3/\text{s}$ para el mes de marzo. También se puede observar que los valores máximos registrados están alrededor de los $0.066 \text{ m}^3/\text{s}$ para el mes de mayo, no obstante se puede observar que de acuerdo con los valores mínimos durante los meses de enero, febrero, junio y de agosto a octubre la quebrada puede secarse y por ende no presenta las condiciones de oferta hídrica suficiente durante dichos meses.

Figura 7.24 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada San Francisco - Captación 9.



En la **Figura 7.25** se observa el comportamiento de la curva de duración de caudales para la quebrada San Francisco, donde se pueden llegar a presentar valores de hasta $0.092 \text{ m}^3/\text{s}$ y valores mínimos de $0.002 \text{ m}^3/\text{s}$, en promedio, de acuerdo a los registros de precipitación de la zona, se puede generar un caudal de $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 7.25 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada San Francisco - Captación 9.



Fuente: Consorcio SH..

Con base en lo anterior, se observa que la cuenca de la quebrada San Francisco en el punto de captación 9, tendrá suficiente caudal de abastecimiento únicamente durante la temporada de lluvias (marzo a mayo, julio,

noviembre y diciembre), dado que en la época de estiaje, específicamente los meses de enero, febrero, junio y de agosto a octubre la fuente podría secarse por su carácter intermitente.

En la época de lluvias el valor de oferta mínimo estimado es de 0.002 m³/s (2.34 L/s) para el mes de julio, si se compara el caudal de oferta mínimo con el caudal solicitado en esta quebrada (1.5 L/s) se observa que la demanda solicitada equivaldría al 63.8 % de la oferta neta en las condiciones más críticas, no obstante como pueden existir fluctuaciones en donde la disponibilidad sea menor, es decir donde en la época de lluvias no se presente lámina agua se deberá considerar como alternativa viable la captación en las fuentes de agua permanente como los río Guátara, Boquerón y Sapuyes o compra a terceros autorizados.

- **Estimación de caudales para el punto de captación 10 - Quebrada Culantro.**

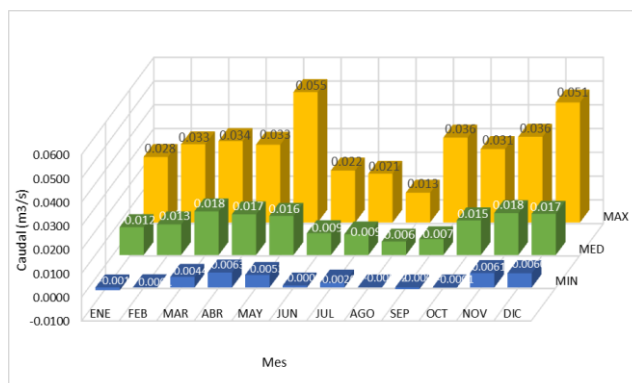
En la **Tabla 7-23** se presenta los caudales de oferta neta estimados con un rango de análisis de 1990-2014, a partir de la modelación precipitación – escorrentía realizada para la quebrada Culantro.

Tabla 7-23 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada Culantro – Captación 10.

CAUDALES (m ³ /s). PUNTO DE CAPTACIÓN 10 QUEBRADA CULANTRO													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MED	0.0117	0.0129	0.0184	0.0171	0.0164	0.0091	0.0087	0.0056	0.0067	0.0146	0.0177	0.0173	0.0130
MAX	0.0276	0.0330	0.0343	0.0328	0.0549	0.0219	0.0206	0.0125	0.0358	0.0310	0.0361	0.0505	0.0549
MIN	-0.0012	0.0001	0.0044	0.0063	0.0053	0.0008	0.0020	-0.00002	-0.0007	-0.0001	0.0061	0.0060	-0.0012

En la **Figura 7.26**, se presenta el histograma de caudales de oferta neta mínimos, medios y máximos mensuales, donde se observa que los caudales más altos se presentan entre los meses de octubre a mayo y existe un ligero pico en el mes de marzo. Obteniendo valores entre 0.012 m³/s para enero y 0.018 m³/s para el mes de marzo. También se puede observar, que los valores máximos registrados están alrededor de los 0.055 m³/s para el mes de mayo, no obstante, se puede observar que de acuerdo con los valores mínimos durante los meses de enero, febrero, junio y de agosto a octubre la quebrada puede secarse y por ende no presenta las condiciones de oferta hídrica suficiente durante dichos meses.

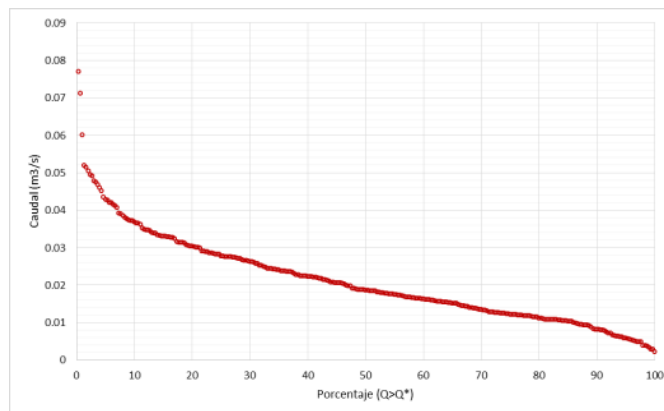
Figura 7.26 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada Culantro - Captación 10.



Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.27** se observa el comportamiento de la curva de duración de caudales para la quebrada Culantro, donde se pueden llegar a presentar valores de hasta $0.077 \text{ m}^3/\text{s}$ y valores mínimos de $0.002 \text{ m}^3/\text{s}$, en promedio, de acuerdo a los registros de precipitación de la zona, se puede generar un caudal de $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 7.27 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada Culantro - Captación 10.



Fuente: Consorcio SH..

Con base en lo anterior, se observa que la cuenca de la quebrada Culantro en el punto de captación 10, tendrá suficiente caudal de abastecimiento únicamente durante la temporada de lluvias (marzo a mayo, julio, noviembre y diciembre), dado que, en la época de estiaje, específicamente los meses de enero, febrero, junio y de agosto a octubre la fuente podría secarse por su carácter intermitente.

En la época de lluvias el valor de oferta mínimo estimado es de $0.002 \text{ m}^3/\text{s}$ (2.02 L/s) para el mes de julio, si se compara el caudal de oferta mínimo con el caudal solicitado en esta quebrada (1.5 L/s) se observa que la demanda solicitada equivaldría al 73.9 % de la oferta neta en las condiciones más críticas, no obstante como pueden existir fluctuaciones en donde la disponibilidad sea menor, es decir donde en la época de lluvias no se presente lámina agua se deberá considerar como alternativa viable la captación en las fuentes de agua permanente como los río Guáitara, Boquerón y Sapuyes o compra a terceros autorizados.

- **Estimación de caudales para el punto de captación 11 Quebrada El Manzano.**

En la **Tabla 7-24** se presenta los caudales de oferta neta estimados con un rango de análisis de 1990-2014, a partir de la modelación precipitación – escorrentía realizada para la quebrada El Manzano.

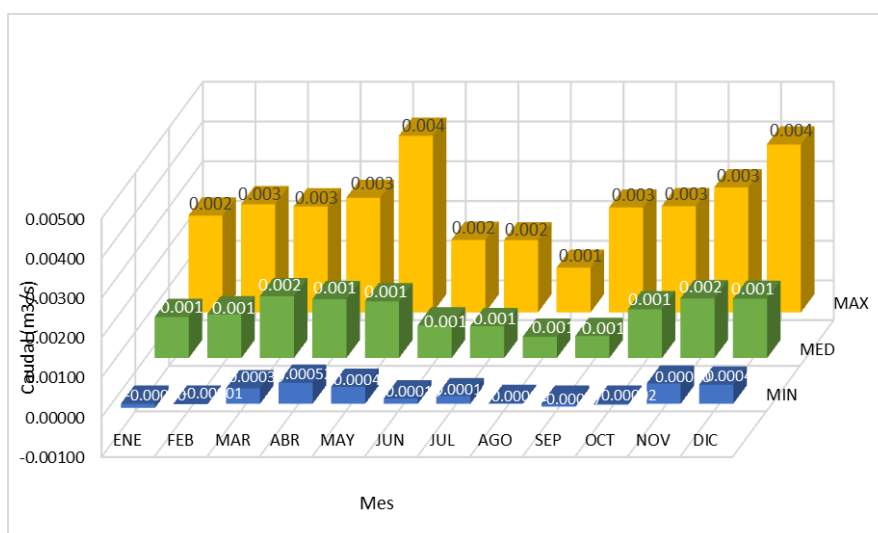
Tabla 7-24 Caudales mensuales multianuales (1990-2014) estimados para la oferta neta en la quebrada El Manzano – Captación 11.

CAUDALES (m^3/s). PUNTO DE CAPTACIÓN 11 QUEBRADA EL MANZANO													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MED	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
MAX	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.002	0.002	0.001	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004
MIN	-0.0001	-0.00001	0.0004	0.0005	0.0004	0.0001	0.0002	0.00001	-0.0001	-0.00002	0.0005	0.0005	-0.0001

Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.28**, se presenta el histograma de caudales de oferta neta mínimos, medios y máximos mensuales, donde se observa que los caudales más altos se presentan entre los meses de octubre a mayo y existe un ligero pico en el mes de marzo. Obteniendo valores entre $0.0010 \text{ m}^3/\text{s}$ para enero y $0.0016 \text{ m}^3/\text{s}$ para el mes de marzo. También se puede observar, que los valores máximos registrados están alrededor de los $0.004 \text{ m}^3/\text{s}$ para el mes de mayo, no obstante, se puede observar que de acuerdo con los valores mínimos a excepción de los meses de abril, mayo, noviembre y diciembre la quebrada puede secarse y por ende presenta las condiciones de oferta hídrica suficiente únicamente durante dichos meses.

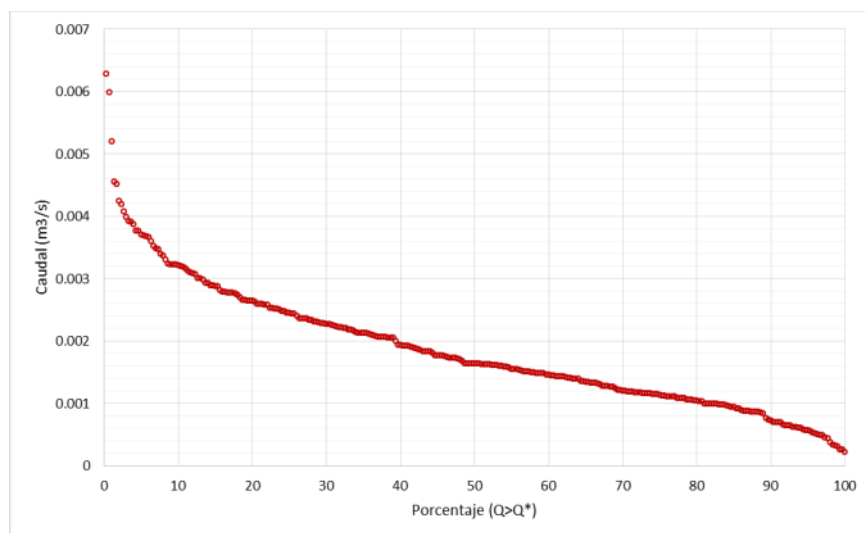
Figura 7.28 Histograma de la oferta neta mínima, media y máxima mensual multianual (1990-2014) para la quebrada El Manzano - Captación 11.



Fuente: Consorcio SH..

En la **Figura 7.29** se observa el comportamiento de la curva de duración de caudales para la quebrada El Manzano, donde se pueden llegar a presentar valores de hasta $0.0063 \text{ m}^3/\text{s}$ y valores mínimos de $0.0002 \text{ m}^3/\text{s}$, en promedio, de acuerdo a los registros de precipitación de la zona, se puede generar un caudal de $0.0016 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 7.29 Curva de duración de caudales de oferta total medios mensuales estimados para la quebrada El Manzano - Captación 11.



Fuente: Consorcio SH..

Con base en lo anterior, se observa que la cuenca de la quebrada El Manzano en el punto de captación 11, tendrá suficiente caudal de abastecimiento únicamente durante la temporada de lluvias (abril, mayo, noviembre y diciembre), dado que en la época de estiaje para esta quebrada que comprende los demás meses del año, la fuente podría secarse por su carácter intermitente.

En la época de lluvias el valor de oferta mínimo estimado es de 0.0004 m³/s (0.42 L/s) para el mes de mayo, si se compara el caudal de oferta mínimo con el caudal solicitado en esta quebrada (0.4 L/s) se observa que la demanda solicitada equivaldría al 94.4 % de la oferta neta en las condiciones más críticas, no obstante como pueden existir fluctuaciones en donde la disponibilidad sea menor, es decir donde en la época de lluvias no se presente lámina agua se deberá considerar como alternativa viable la captación en las fuentes de agua permanente como los río Guáitara, Boquerón y Sapuyes o compra a terceros autorizados.

Para una mejor visión de los caudales de oferta mínima neta de los ríos y quebradas en los cuales se solicita captación, en la **Tabla 7-25** se presenta el resumen, donde se relaciona el punto de captación con el caudal de oferta neta mínima calculada que se presentan en la época en la cual se solicita la captación y su relación con el caudal solicitado, así mismo para el caudal aforado.

Tabla 7-25 Relación del caudal de oferta neta mínima estimada y caudal aforado con el caudal solicitado en los sitios de captación.

CAPTACIÓN	COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE				LONGITUD	ÉPOCA	CAUDAL SOLICITADO	CAUDAL DE OFERTA NETA PROMEDIO MÍNIMA ESTIMADA		PORCENTAJE DEL CAUDAL SOLICITADO EN RELACIÓN AL CAUDAL DE OFERTA NETA MÍNIMA	CAUDAL AFORADO		PORCENTAJE DEL CAUDAL SOLICITADO EN RELACIÓN AL CAUDAL AFORADO
	INICIO		FIN					(para la época solicitada)			Feb - Marzo		
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE				m	L/s		m³/s	L/s	
1. Río Guáitara	948485,266	590734,1183	948582,31	590821,24	135,63	Todo el año	1.5	(oct) 1.84	1837	0.081%	(feb) 27.53	27530	0.005%
2. Río Boquerón	948.517,74	590.988,44	948.644,43	590.977,74	135,00	Todo el año	1.95	(ago) 0.04	46.02	4.23%	(feb) 13.08	13080	0.015%
3. Quebrada La Humedora	955.000,26	597.239,22	955.162,72	597.138,23	201,50	Temporada lluvia (feb – ago y oct – dic)	1.5	(feb) 0.0031	3.14	47.77%	(mar) 0.27	270	0.55%
4. Quebrada La Llave - Moledores	955.973,00	598.910,00	956.035,68	598.992,65	111,68	Temporada lluvia (feb – ago y oct – dic)	1.5	(ago) 0.0021	2.10	71.14%	(mar) 0.572	572	0.26%
5. Quebrada San Francisco 2	953.925,07	601.524,52	954.052,37	601.603,95	154,17	Temporada lluvia (feb – may, jul y oct – dic)	1.95	(may) 0.0022	2.22	87.79%	(mar) 0.312	312	0.63%
6. Quebrada El Macal	954.792,59	603.653,33	954.902,40	603.731,49	142,29	Temporada lluvia (feb – jul y oct – dic)	1.5	(jun) 0.004	3.65	41.06%	(mar) 2.14	2140	0.07%
7. Río Sapuyes	954.828,35	605.132,12	954.923,99	605.080,42	180,69	Todo el año	1.95	(ago) 0.53	533.02	0.37%	(mar) 11.07	11070	0.02%

CAPTACIÓN	COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE				LONGITUD	ÉPOCA	CAUDAL SOLICITADO	CAUDAL DE OFERTA NETA PROMEDIO MÍNIMA ESTIMADA		PORCENTAJE DEL CAUDAL SOLICITADO EN RELACIÓN AL CAUDAL DE OFERTA NETA MÍNIMA	CAUDAL AFORADO		PORCENTAJE DEL CAUDAL SOLICITADO EN RELACIÓN AL CAUDAL AFORADO
	INICIO		FIN					(para la época solicitada)			Feb - Marzo		
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE				m	L/s		m³/s	L/s	
8. Quebrada Yamurayán	949057,1881	592328,2419	949126,9071	592168,0033	209,26	Temporada lluvia (mar – jul, nov y dic)	1.5	(jul) 0.0016	1.61	93.01%	(feb) 0.001	1	150%
9. Quebrada San Francisco	949.916,69	593.166,52	950.065,66	593.086,27	196,03	Temporada lluvia (mar – may, jul, nov y dic)	1.5	(jul) 0.0023	2.34	63.86%	(feb) 0.002	2	75%
10. Quebrada Culantro	950.700,11	594.644,14	950.596,05	594.486,24	218,49	Temporada lluvia (mar – may, jul, nov y dic)	1.5	(jul) 0.0020	2.02	73.99%	(mar) 0.008	8	18.75%
11. Quebrada El Manzano	951581,2006	595255,0648	951727,214	595145,4253	202,47	Temporada lluvia (mar – may, nov y dic)	0.4	(may) 0.0004	0.42	94.43%	(mar) 0.018	18	2.22%

Fuente: CONSORCIO SH.

De acuerdo con la **Tabla 7-25** y en forma de resumen, en el caso de realizar la captación sobre los ríos y quebradas propuestos, en el caudal máximo (entre 0.4 L/s y 1.95 L/s) y época solicitados, este caudal equivaldría a un porcentaje con respecto a la oferta entre 0.081% y 94.43%, tomando como base de cálculo un caudal de oferta neta mínima para la para la temporada solicitada en cada uno, con lo que se sustenta la capacidad que poseen dichos cuerpos de agua, para abastecer del recurso al proyecto y bajo condiciones en las que la oferta hídrica de las corrientes lo permita, sin causar conflictos por disponibilidad del recurso.

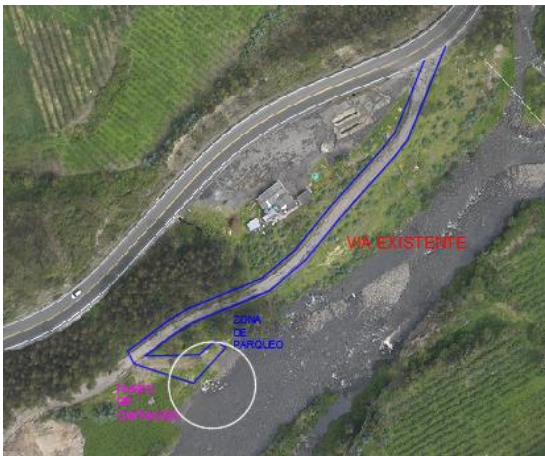
También se puede observar que el porcentaje de caudal de captación solicitado, con respecto al caudal reportado por los aforos realizados en los meses de febrero y marzo del 2017, confirman con mediciones in situ, la capacidad de los cuerpos de agua, donde también se puede establecer para los puntos 8 quebrada Yamurayán y 9 quebrada San Francisco, que para el mes de febrero (mes en el cual se realizaron los aforos en dichas corrientes), no tiene caudal suficiente, coincidiendo con los caudales estimados y que fueron la base para establecer los meses en los cuales se solicita la captación. Dado que para el punto 8 el caudal solicitado con respecto al presentado en el cuerpo de agua es el 150% y para el punto 9 es el 75%, pero teniendo en cuenta que el aforo reporta un caudal de oferta total, al realizar los descuentos por caudal ecológico y calidad de agua (aproximadamente el 50%) no soportaría el caudal requerido en dicho mes.

Como se desprende del análisis, si bien la totalidad del caudal estimado que se requiere para la realización del proyecto teniendo en cuenta tanto consumo doméstico como industrial podría suplirse con tres fuentes, se ha previsto la captación en once (11) fuentes considerando varios aspectos como la época del año, como se presenta en la **Tabla 7-25**, se consideró la captación teniendo en cuenta en lo posible los mayores caudales de las diferentes fuentes con lo que se evitando afectaciones y posibles conflictos con las comunidades que hacen uso del recurso. Por otro lado, también se pensó en la disminución de distancias de viaje de los vehículos cisterna considerando los avances de los frentes de obra, con lo cual además de evitar mayores efectos ambientales y se está disminuyendo los posibles conflictos de tráfico por la entrada y salida de estos vehículos en un solo sitio.

7.1.5 Infraestructura del sistema de captación, conducción y almacenamiento del recurso

Para la captación de agua de las fuentes a utilizar se adecuarán o construirán vías de acceso y se adecuarán sitios de parqueo, de acuerdo con lo presentado en el **Numeral 3.2.1.2.18 Vías de acceso puntos de captación del Capítulo 3 Descripción del proyecto**, así como en las **Tabla 7-26** a la **Tabla 7-36**, sin necesidad de realizar ocupación del cauce, las dimensiones y características de los mecanismos permitirán la captación del caudal necesario y autorizado para el suministro. En cuanto a los sistemas de captación y conducción se realizarán por medio de motobomba adosada a un carrotanque y se transportará por medio de carrotanque, respectivamente, como se detalla en los siguientes numerales.

Tabla 7-26 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 1.

CAPTACIÓN 1 – RÍO GUÁTARA														
DESCRIPCIÓN	RUTA DE ACCESO	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE												
El acceso a este punto de captación se transita a partir de la vía Rumichaca – Pasto a la altura de la coordenada E 948571 N 590864, es una vía existente en material granular con un ancho de calzada de hasta 7.00 m de ancho. Esta vía será objeto de mantenimientos periódicos, consistentes en la reconformación de la calzada y en el punto de captación se dispondrá de un área de parqueo de 86 m², la cual será mejorada mediante la extensión y compactación de recebo. Al finalizar las actividades constructivas del proyecto se ejecutará la restauración ambiental del área, dejándola en iguales o mejores condiciones a las iniciales del proyecto.		E 948571 N 590864 <table><tr><th colspan="2">PUNTO INICIAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>948571</td><td>590864</td></tr></table> <table><tr><th colspan="2">PUNTO FINAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>948582,31</td><td>590821,24</td></tr></table>	PUNTO INICIAL		ESTE	NORTE	948571	590864	PUNTO FINAL		ESTE	NORTE	948582,31	590821,24
PUNTO INICIAL														
ESTE	NORTE													
948571	590864													
PUNTO FINAL														
ESTE	NORTE													
948582,31	590821,24													
REGISTRO FOTOGRÁFICO														
														
CAUDAL A CAPTAR														
1,5 L/s														
USO QUE SE DARÁ AL CAUDAL CAPTADO														
Uso industrial para el proyecto vial.														
TÉRMINO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN														
1328 días según cronograma o hasta la duración del proyecto														

Fuente: CONSORCIO SH.

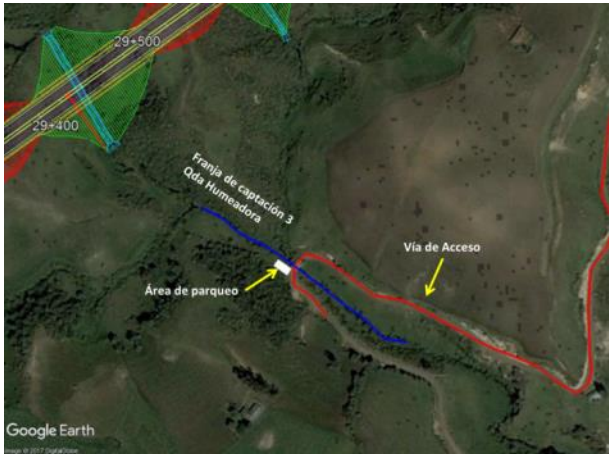
Fuente: CONSORCIO SH.

Tabla 7-27 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 2.

CAPTACIÓN 2 – RÍO BOQUERÓN														
DESCRIPCIÓN	RUTA DE ACCESO	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE												
El acceso a este punto de captación se hace a partir de la vía Rumichaca – Pasto a la altura de la coordenada E 948615,174 N 590991,76, desde este punto será construido un tramo de vía nuevo de 81,99 m de longitud, con una calzada de 7 m de ancho, se ejecutarán las actividades de descapote, escarificación, adición de recebo y compactación, asimismo, será adecuada un área de 135 m² la cual servirá como zona de parqueo, las actividades planteadas para esta áreas consisten en el descapote, y mejoramiento de la superficie, mediante la adición y compactación de recebo. Al finalizar las actividades constructivas del proyecto se ejecutará la restauración ambiental del área y de la vía proyectada, dejando la zona en iguales o mejores condiciones a las iniciales del proyecto.		<table><tr><th colspan="2">PUNTO INICIAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>948615,17</td><td>590.991,76</td></tr><tr><th colspan="2">PUNTO FINAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>948.644,43</td><td>590.977,74</td></tr></table>	PUNTO INICIAL		ESTE	NORTE	948615,17	590.991,76	PUNTO FINAL		ESTE	NORTE	948.644,43	590.977,74
PUNTO INICIAL														
ESTE	NORTE													
948615,17	590.991,76													
PUNTO FINAL														
ESTE	NORTE													
948.644,43	590.977,74													
REGISTRO FOTOGRÁFICO														
CAUDAL A CAPTAR														
1,95 L/s														
USO QUE SE DARÁ AL CAUDAL CAPTADO														
Uso industrial para el proyecto vial (1,5 L/s) y uso doméstico para el campamento San Juan (0,45 L/s)														
TÉRMINO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN														
1328 días según cronograma o hasta la duración del proyecto														

Fuente: CONSORCIO SH.

Tabla 7-28 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 3.

CAPTACIÓN 3 – QUEBRADA HUMEADORA														
DESCRIPCIÓN	RUTA DE ACCESO	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE												
La vía de acceso (V-A30) que permite ingresar a este punto de captación se desprende de la vía VA5 descrita en el numeral 3.2.1.2.5 Vía Ospina Perez - Iles, del capítulo 3 del presente EIA. Adicionalmente, será adecuada una zona de parqueo con un área de 40 m ² (recuadro blanco de la figura); en la cual se ejecutarán las actividades de descapote y mejoramiento del suelo mediante la adición de recebo compactado. Al finalizar las actividades constructivas del proyecto, se ejecutará la restauración ambiental de las áreas intervenidas.		<table><tr><th colspan="2">PUNTO INICIAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>955000</td><td>597231,32</td></tr><tr><th colspan="2">PUNTO FINAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>955161,15</td><td>597127,75</td></tr></table>	PUNTO INICIAL		ESTE	NORTE	955000	597231,32	PUNTO FINAL		ESTE	NORTE	955161,15	597127,75
PUNTO INICIAL														
ESTE	NORTE													
955000	597231,32													
PUNTO FINAL														
ESTE	NORTE													
955161,15	597127,75													
REGISTRO FOTOGRÁFICO														
														
CAUDAL A CAPTAR														
1,5 L/s														
USO QUE SE DARÁ AL CAUDAL CAPTADO														
Uso industrial para el proyecto vial														
TÉRMINO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN														
1328 días según cronograma o hasta la duración del proyecto														

Fuente: CONSORCIO SH.

Tabla 7-29 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 4.

CAPTACIÓN 4 – QUEBRADA LA LLAVE - MOLEDORES														
DESCRIPCIÓN	LOCALIZACIÓN	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE												
Su acceso se ejecutará sobre la vía proyectada Tramo San Juan – Pedregal, a la altura del PK32+000. La intervención de dicho punto de captación se ejecutará hasta que el trazado del proyecto se encuentre construido en este sector.		<table><tr><th colspan="2">PUNTO INICIAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>955.973,00</td><td>598.910,00</td></tr><tr><th colspan="2">PUNTO FINAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>956.035,68</td><td>598.992,65</td></tr></table>	PUNTO INICIAL		ESTE	NORTE	955.973,00	598.910,00	PUNTO FINAL		ESTE	NORTE	956.035,68	598.992,65
PUNTO INICIAL														
ESTE	NORTE													
955.973,00	598.910,00													
PUNTO FINAL														
ESTE	NORTE													
956.035,68	598.992,65													
REGISTRO FOTOGRÁFICO														
CAUDAL A CAPTAR														
1,5 L/s														
USO QUE SE DARÁ AL CAUDAL CAPTADO														
Uso industrial para el proyecto vial														
TÉRMINO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN														
1328 días según cronograma o hasta la duración del proyecto														

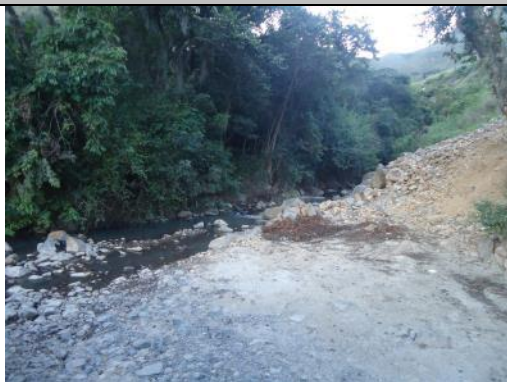
Fuente: CONSORCIO SH.

Tabla 7-30 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 5.

CAPTACIÓN 5 – QUEBRADA SAN FRANCISCO 2														
DESCRIPCIÓN	RUTA DE ACCESO	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE												
El acceso al punto de captación sobre la quebrada San Francisco 2, se ejecutará por la vía descrita en el numeral 3.2.1.2.2 Vía de acceso cabecera municipal de Iles , del capítulo 3 del presente EIA. A un costado de la vía será adecuada una zona de parqueo para las operaciones de captación (recuadro blanco de la figura). Las actividades para la adecuación del sitio de parqueo contemplan el descapote y la adición de recebo compactado, al finalizar las actividades constructivas del proyecto, se procederá a ejecutar la restauración ambiental de la zona intervenida.		<table><tr><th colspan="2">PUNTO INICIAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>953.925,07</td><td>601.524,52</td></tr><tr><th colspan="2">PUNTO FINAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>954.052,37</td><td>601.603,95</td></tr></table>	PUNTO INICIAL		ESTE	NORTE	953.925,07	601.524,52	PUNTO FINAL		ESTE	NORTE	954.052,37	601.603,95
		PUNTO INICIAL												
ESTE	NORTE													
953.925,07	601.524,52													
PUNTO FINAL														
ESTE	NORTE													
954.052,37	601.603,95													
REGISTRO FOTOGRÁFICO														
CAUDAL A CAPTAR														
1,95 L/s														
USO QUE SE DARÁ AL CAUDAL CAPTADO														
Uso industrial para el proyecto vial (1,5 L/s) y uso doméstico para el campamento San Juan (0,45 L/s)														
TÉRMINO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN														
1328 días según cronograma o hasta la duración del proyecto														

Fuente: CONSORCIO SH.

Tabla 7-31 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 6.

CAPTACIÓN 6 – QUEBRADA EL MACAL														
DESCRIPCIÓN	RUTA DE ACCESO	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE												
Para acceder al punto de captación sobre la quebrada El Macal se utiliza la vía descrita en el numeral 3.2.1.2.6 Vía Iles - Pilcuán Viejo, del capítulo 3 del presente EIA. Para las operaciones de captación, será adecuada un área de 75 m², la cual servirá como zona de parqueo; su adecuación contempla el descapote y el mejoramiento por medio de la adición de recebo compactado, al finalizar las actividades constructivas del proyecto, se procederá a ejecutar la restauración ambiental de la zona intervenida.		<table><tr><th colspan="2">PUNTO INICIAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>954.792,59</td><td>603.653,33</td></tr><tr><th colspan="2">PUNTO FINAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>954.902,40</td><td>603.731,49</td></tr></table>	PUNTO INICIAL		ESTE	NORTE	954.792,59	603.653,33	PUNTO FINAL		ESTE	NORTE	954.902,40	603.731,49
PUNTO INICIAL														
ESTE	NORTE													
954.792,59	603.653,33													
PUNTO FINAL														
ESTE	NORTE													
954.902,40	603.731,49													
REGISTRO FOTOGRÁFICO														
														
CAUDAL A CAPTAR														
1,5 L/s														
USO QUE SE DARÁ AL CAUDAL CAPTADO														
Uso industrial para el proyecto vial														
TÉRMINO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN														
1328 días según cronograma o hasta la duración del proyecto														

Fuente: CONSORCIO SH.

Tabla 7-32 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 7.

CAPTACIÓN 7 – RÍO SAPUYES														
DESCRIPCIÓN	RUTA DE ACCESO	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE												
Para acceder al punto de captación sobre el río Sapuyes se utilizará la vía descrita en el numeral 3.2.1.2.7 Vía Pilcuán Viejo – Condominio Arco iris, del capítulo 3 del presente EIA. Se adecuará una zona de parqueo que contará con un área de 75 m², en esta área se efectuará un descapote y mejoramiento del terreno mediante la adición de recebo compactado, al finalizar las actividades constructivas del proyecto, se procederá a ejecutar la restauración ambiental de la zona intervenida.		<table><tr><th colspan="2">PUNTO INICIAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>954.828,35</td><td>605.132,12</td></tr><tr><th colspan="2">PUNTO FINAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>954.923,99</td><td>605.080,42</td></tr></table>	PUNTO INICIAL		ESTE	NORTE	954.828,35	605.132,12	PUNTO FINAL		ESTE	NORTE	954.923,99	605.080,42
		PUNTO INICIAL												
ESTE	NORTE													
954.828,35	605.132,12													
PUNTO FINAL														
ESTE	NORTE													
954.923,99	605.080,42													
REGISTRO FOTOGRÁFICO														
														
CAUDAL A CAPTAR														
1,95 L/s														
USO QUE SE DARÁ AL CAUDAL CAPTADO														
Uso industrial para el proyecto vial (1,5 L/s) y uso doméstico para el campamento Mikel (0,45 L/s)														
TÉRMINO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN														
1328 días según cronograma o hasta la duración del proyecto														

Fuente: CONSORCIO SH.

Tabla 7-33 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 8.

CAPTACIÓN 8 – QUEBRADA YAMURAYÁN														
DESCRIPCIÓN	RUTA DE ACCESO	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE												
Para acceder al punto de captación ubicado en la quebrada Yamurayán se utiliza la <i>Vía de acceso El Capulí</i> . (Ver el numeral 3.2.1.2.12 del capítulo 3 del presente EIA). Conexo al punto de captación se adecuará una zona de parqueo de 75 m ² ; ejecutando un descapote y mejorando el terreno mediante la adición de recebo compactado. Al finalizar las actividades constructivas del proyecto, se ejecutará la restauración ambiental de las áreas intervenidas.		<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">PUNTO INICIAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr></thead><tbody><tr><td>949057,18</td><td>592328,24</td></tr></tbody><thead><tr><th colspan="2">PUNTO FINAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr></thead><tbody><tr><td>949126,90</td><td>592168,00</td></tr></tbody></table>	PUNTO INICIAL		ESTE	NORTE	949057,18	592328,24	PUNTO FINAL		ESTE	NORTE	949126,90	592168,00
PUNTO INICIAL														
ESTE	NORTE													
949057,18	592328,24													
PUNTO FINAL														
ESTE	NORTE													
949126,90	592168,00													
REGISTRO FOTOGRÁFICO														
														
CAUDAL A CAPTAR														
1,5 L/s														
USO QUE SE DARÁ AL CAUDAL CAPTADO														
Uso industrial para el proyecto vial														
TÉRMINO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN														
1328 días según cronograma o hasta la duración del proyecto														

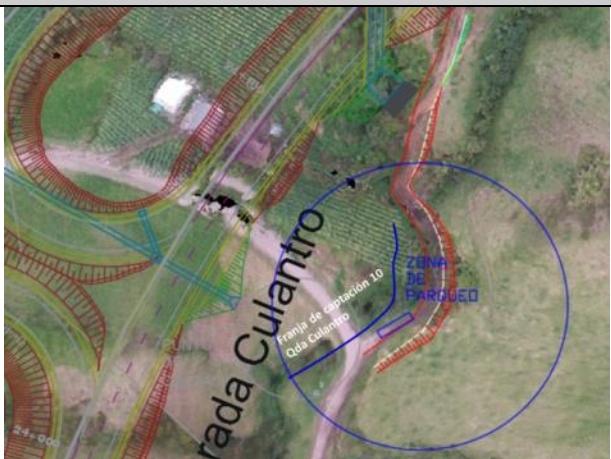
Fuente: CONSORCIO SH.

Tabla 7-34 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 9.

CAPTACIÓN 9 – QUEBRADA SAN FRANCISCO														
DESCRIPCIÓN	ruta de acceso	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE												
Para el acceso al punto de captación sobre la quebrada San Francisco, se construirá una vía a la altura del PK22+480 (abscisado del proyecto). Esta vía iniciará su trazado a la altura de la coordenada E 950046,24 N 593134,81 contará con una longitud de 193,02 m, un ancho de calzada de 7 m. Para las actividades de captación, será adecuada una zona de parqueo de 52 m², las actividades que se ejecutarán tanto en la vía como en la zona de parqueo consistirán en la remoción de la cobertura vegetal y mejoramiento del terreno mediante la adición de recebo compactado. Al finalizar las actividades constructivas del proyecto, se procederá a ejecutar una restauración ambiental del área intervenida.		<table><tr><th colspan="2">PUNTO INICIAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>950046,24</td><td>593134,81</td></tr><tr><th colspan="2">PUNTO FINAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>950.065,66</td><td>593.086,27</td></tr></table>	PUNTO INICIAL		ESTE	NORTE	950046,24	593134,81	PUNTO FINAL		ESTE	NORTE	950.065,66	593.086,27
PUNTO INICIAL														
ESTE	NORTE													
950046,24	593134,81													
PUNTO FINAL														
ESTE	NORTE													
950.065,66	593.086,27													
REGISTRO FOTOGRÁFICO														
CAUDAL A CAPTAR														
1,5 L/s														
USO QUE SE DARÁ AL CAUDAL CAPTADO														
Uso industrial para el proyecto vial														
TÉRMINO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN														
1328 días según cronograma o hasta la duración del proyecto														

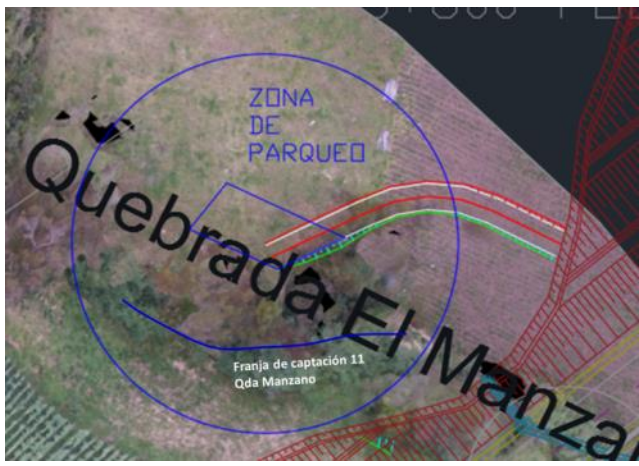
Fuente: CONSORCIO SH.

Tabla 7-35 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 10.

CAPTACIÓN 10 – QUEBRADA CULANTRO														
DESCRIPCIÓN	ruta de acceso	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE												
Para acceder al punto de captación sobre la quebrada Culantro, se ejecutará la ampliación de un camino existente el cual cuenta un ancho aproximado de 3,0 m (ver Fotografía). Para las actividades de captación será adecuada una zona de parqueo de 18 m², se ejecutará descapote, corte y relleno para la adecuación de la vía y el área de parqueo, al finalizar las actividades constructivas del proyecto, se ejecutará la restauración ambiental de las áreas intervenidas.		<table><tr><th colspan="2">PUNTO INICIAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>950.700,11</td><td>594.644,14</td></tr><tr><th colspan="2">PUNTO FINAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>950.596,05</td><td>594.486,24</td></tr></table>	PUNTO INICIAL		ESTE	NORTE	950.700,11	594.644,14	PUNTO FINAL		ESTE	NORTE	950.596,05	594.486,24
PUNTO INICIAL														
ESTE	NORTE													
950.700,11	594.644,14													
PUNTO FINAL														
ESTE	NORTE													
950.596,05	594.486,24													
REGISTRO FOTOGRÁFICO														
														
CAUDAL A CAPTAR														
1,5 L/s														
USO QUE SE DARÁ AL CAUDAL CAPTADO														
Uso industrial para el proyecto vial														
TÉRMINO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN														
1328 días según cronograma o hasta la duración del proyecto														

Fuente: CONSORCIO SH.

Tabla 7-36 Descripción de la vía de acceso y parqueo para la captación 11.

CAPTACIÓN 11 – QUEBRADA EL MANZANO														
DESCRIPCIÓN	ruta de acceso	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE												
Para acceder al punto de captación sobre la quebrada El Manzano se ejecutará la construcción de una vía de 46,31 m de longitud y 4 m de ancho, la cual se trazará a la altura del PK25+360 del trazado del proyecto, en la coordenada E 951685 N 595188, asimismo, se adecuará una zona de parqueo para las actividades de captación, la cual contará con un área de 145 m²; las actividades necesarias para la construcción de esta vía de acceso y para la adecuación del sitio de parqueo son descapote, corte y relleno.. Se aclara que, al finalizar las actividades constructivas del proyecto, se ejecutará la restauración ambiental de las áreas intervenidas.		<table><tr><th colspan="2">PUNTO INICIAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>951581,20</td><td>595255,0648</td></tr><tr><th colspan="2">PUNTO FINAL</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td>951727,21</td><td>595145,425</td></tr></table>	PUNTO INICIAL		ESTE	NORTE	951581,20	595255,0648	PUNTO FINAL		ESTE	NORTE	951727,21	595145,425
PUNTO INICIAL														
ESTE	NORTE													
951581,20	595255,0648													
PUNTO FINAL														
ESTE	NORTE													
951727,21	595145,425													
REGISTRO FOTOGRÁFICO														
														
CAUDAL A CAPTAR														
0,4 L/s*														
USO QUE SE DARÁ AL CAUDAL CAPTADO														
Uso industrial para el proyecto vial														
TÉRMINO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN														
1328 días según cronograma o hasta la duración del proyecto														

Se solicita únicamente 0.4 L/s, caudal determinado con base en la oferta hídrica disponible estimada en el análisis hidrológico, aunque se aclara que para uso industrial se requiere 1.5 L/s el caudal faltante se complementará con los demás sitios de captación solicitados.

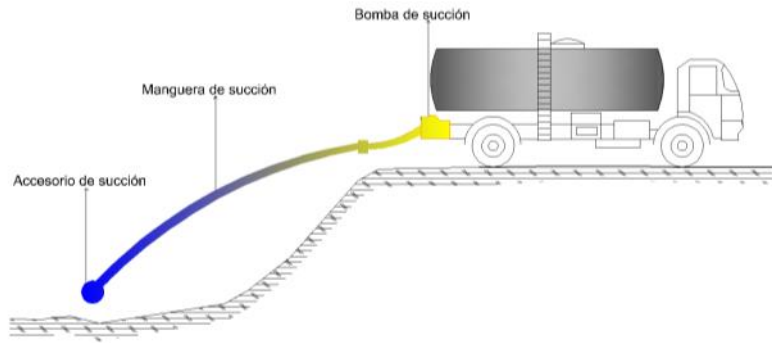
Fuente: CONSORCIO SH.

7.1.5.1 Sistema de captación

- **Captación por medio de motobomba desde carrotanque**

Para la captación del recurso, se proyecta utilizar carrotanques con motobomba adosada y una manguera de succión de hasta 6", que serán usadas únicamente para esta actividad. La manguera contará con un medidor o un caudalímetro para controlar la taza de captación (**Fotografía 7.12**), al igual que una rejilla en el extremo de la manguera de succión para evitar la entrada de sólidos o cualquier agente suspendido en el agua que ponga en riesgo el funcionamiento de la bomba. (**Figura 7.30**).

Figura 7.30 Sistema de captación directa desde carrotanque.



Fuente: CONSORCIO SH.

Fotografía 7.12 Caudalímetro



Fuente: CONSORCIO SH.

Esta alternativa se considera viable teniendo en cuenta que los puntos de captación en su mayoría tienen facilidades de acceso a través de vías principales y carreteables, de igual manera, al no emplear casetas de captación, se evita que la motobomba entre en contacto directo con el cuerpo de agua, evitando cualquier

impacto por residuos de combustibles y aceite, principalmente en temporada de lluvias y en especial en las captaciones 1 y 6.

Se aclara que en caso de encontrar condiciones anormales en obra y que esto incurra en un cambio del sistema de captación, el método definitivo en cada fuente será informado a la ANLA en los Informes de Cumplimiento Ambiental - ICA.

7.1.5.2 Conducción por medio de carrotanque

La conducción o transporte del agua captada se realizará a través de carrotanques utilizados exclusivamente para esta actividad. Este será movilizado desde el sitio de captación al punto de almacenamiento temporal ubicado en campamentos, talleres, zonas de acopio o plantas, dependiendo la demanda del recurso.

El recurso será usado para las actividades propuestas para el proyecto. Previa a la iniciación de actividades de captación se deberá realizar la limpieza correspondiente al tanque, una vez limpio se procederá al llenado para hacer el transporte hasta el almacenamiento temporal.

Los carrotanques utilizados para el transporte de agua no podrán realizar cargue de otras sustancias (químicos, aguas residuales, combustibles, entre otros), que pueda causar deterioro de la calidad del agua o contaminación de la misma. La **Fotografía 7.13** muestra un carro tanque utilizado para el transporte de agua.

Fotografía 7.13 Transporte del recurso en carrotanque.



Fuente: CONSORCIO SH.

El Plan de Manejo Ambiental descrito el Capítulo 11.1.1 presenta las medidas de manejo para la actividad de la captación de agua superficial.

7.1.5.3 Almacenamiento temporal y distribución

El almacenamiento temporal de agua para uso doméstico e industrial debe estar separado, por lo que se instalarán tanques de almacenamiento de agua (debidamente señalizados) en los campamentos permanentes, habitacionales, plantas, centros de acopio o en otras áreas que requieran del insumo.

Los tanques de almacenamiento temporal para agua potable y para agua cruda deben cumplir las características generales que muestra la **Tabla 7-37**.

Tabla 7-37 Características generales para tanques de almacenamiento de agua potable y cruda.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Seguridad	El tanque debe estar localizado en terrenos no susceptibles de deslizamientos o inundaciones. Además, debe ser estable con respecto a la calidad del suelo de cimentación y a fallas de origen geotécnico o geológico.
Facilidad de mantenimiento	El tanque debe estar de tal forma que se puedan realizar labores de mantenimiento con el mínimo de interrupciones, teniendo en cuenta las siguientes disposiciones: 1. Para el nivel bajo de complejidad puede tener un solo compartimiento 3. El tanque debe estar provisto de válvulas para el cierre de las tuberías de entrada, de las tuberías de salida. 4. Los dispositivos para el cierre de las tuberías de entrada y salida deben estar señalizados de acuerdo al código de colores para tubería y válvulas. 5. El tanque debe prever la forma y facilidad del mantenimiento.
Restricción de acceso	Se deben tomar las medidas de seguridad necesarias mediante cercados, vías de acceso restringidas, vigilancia o cualquier otra forma, para evitar el acceso de personas extrañas.
Localización del tanque	La ubicación de los tanques debe tener en cuenta la siguiente recomendación: Si el tanque es enterrado o semienterrado, debe estar alejado de cualquier fuente de contaminación, tales como tanques sépticos, depósitos de basuras, letrinas, sumideros, entre otros y debe tener cubierta.
Materiales	El material del tanque debe resistir las fuerzas causadas por el empuje de tierra y de flotación, en el caso de tanques enterrados o semienterrados, cuando el tanque se encuentre desocupado.
Impermeabilización	Las paredes y el fondo deben ser impermeables y el material expuesto al agua debe ser resistente a los ataques químicos y a la corrosión.
Ventilación	Deben proveerse ductos de ventilación que permitan la entrada y salida Fuente de aire, con una malla de 5 mm para evitar la entrada de insectos; en caso de que éstos sean de PVC, debe usarse la norma técnica NTC 1260.

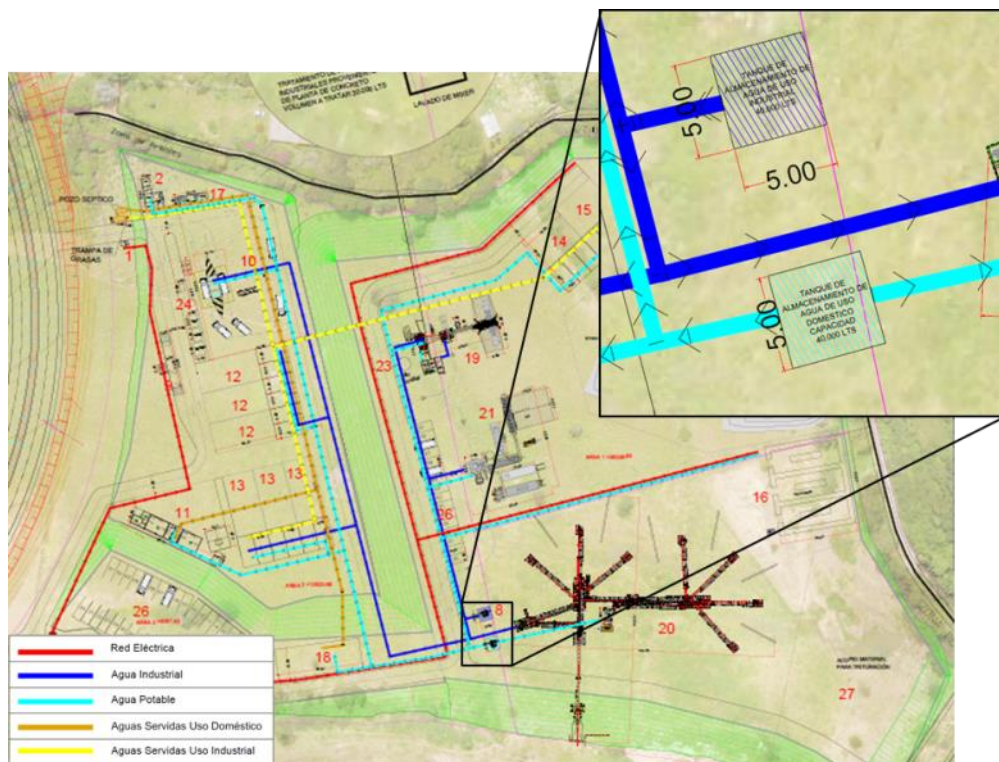
Fuente: Consorcio SH, 2017.

Los tanques de almacenamiento para agua potable e industrial pueden ser tanques multiuso en polietileno, que permiten tener flujo constante de agua, es de fácil limpieza, son resistentes a la exposición solar y al impacto.

El tanque de almacenamiento de agua potable será blanco con el fin de que refracte los rayos solares, tiene capa antimicrobiana y antiadherente con el fin de minimizar los cambios en olor y sabor que se puedan presentar en el agua para uso doméstico, para el caso del uso del recurso en actividades domésticas se deberá realizar un tratamiento para que las condiciones del agua sean adecuadas para su uso, para la cual la alternativa más viable es el uso de una PTAP portátil (Planta de tratamiento para potabilización).

La distribución de agua será de forma gravitacional por medio un sistema hidráulico que alimente los diferentes puntos de distribución o hidrantes estipulados. En la **Figura 7.31** se presenta el diseño de distribución de redes de acueducto, alcantarillado y eléctricas del sector industrial del campamento Mikel, con un acercamiento en el tanque de almacenamiento de agua para uso industrial y el tanque para uso doméstico. La ubicación de los tanques de almacenamiento y redes de distribución de agua se pueden ver en detalle en el **Anexo 2. Civil/ 11. VOL XI – CAMPAMENTOS/Redes**.

Figura 7.31 distribución de redes de acueducto, alcantarillado y eléctricas del sector industrial del campamento Mikel.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.1.5.4 Restitución de sobrantes

Para el desarrollo del proyecto se captarán los volúmenes necesarios de agua, por lo tanto, no se generarán sobrantes, en el caso de que se presenten se utilizarán para riego de las áreas que se vayan a emprarizar.

7.1.6 Análisis de los conflictos actuales o potenciales sobre la disponibilidad y usos del agua

Según el reconocimiento efectuado en campo, dentro del Área de influencia del proyecto, para los predios ubicados dentro de las cuencas donde se solicita captación, se identificaron como usos principales del recurso hídrico el agrícola y pecuario, donde los cultivos transitorios son los de mayor demanda de agua para riego en el sector agrícola y en menor medida el uso pecuario, tanto para riego de pastos y como abrevadero del ganado.

Igualmente, se identificó que los afluentes ubicados en la parte alta de las cuencas y por ende fuera del área de influencia del proyecto, son las únicas fuentes de importancia que abastecen a los centros poblados, corregimientos y veredas, debido a las condiciones de calidad y cantidad; de acuerdo a esto, uno de los principales factores de presión sobre el recurso hídrico es el crecimiento poblacional, generando así

consecuencias adversas que se revierten a la comunidad que demanda el agua (que si se ubica en el área de influencia). Dado que al crecer la demanda de agua aumentan los vertimientos de residuos líquidos que impactan la calidad del recurso hídrico, en algunos casos induciendo la escasez de agua, no por disponibilidad de la misma sino por calidad inadecuada para el consumo humano o para su utilización en las actividades productivas.

Un conflicto identificado fue la relación de vecinos porque aquel que se encuentra aguas abajo, le reprocha al que esta agua arriba, el no dejar fluir el agua hacia sus linderos y/o predio, el arrojar basura o el realizar vertimientos sobre la fuente, provocando impactos importantes en la calidad del agua y por tanto en la disponibilidad del recurso. Estos intereses asociados al uso doméstico, la agricultura, el uso pecuario, entre otros a menudo se contraponen en lugar de buscar una solución, lo q hace que se complique aún más.

Entre los principales desechos arrojados a los cuerpos de agua, directamente o por escorrentía se debe al uso indiscriminado de agroquímicos en épocas de bonanza para los diferentes cultivos y en el incremento en el uso de estos productos para combatir plagas de los cultivos comerciales como lo es la papa arveja, mora, entre otros, han generado impactos negativos en los cuerpos de agua y por ende en la población.

En temporada de bajas precipitaciones, el conflicto de uso en la zona básicamente se da por la oferta del recurso hídrico debido a su fluctuación a lo largo del ciclo anual. Lo cual afecta la disponibilidad del agua, dado que una corriente con un régimen hidrológico muy inconstante es poco confiable como fuentes abastecedoras de agua.

Cabe anotar que, durante las actividades de construcción del proyecto, únicamente se captará la cantidad requerida por el mismo, con el fin de no generar sobrantes.

7.1.6.1 Caudales de oferta total mínimos y máximos de retorno para los ríos y quebradas donde se solicitan las captaciones.

Las funciones de distribución de probabilidad son la representación más concisa de cualquier distribución empírica, ya que el empleo de las diferentes distribuciones de probabilidad y su aplicación estará supeditada al evento que se vaya a analizar, el número de registros de datos hidrológicos que se tengan, los métodos empleados para la estimación de los parámetros y el mejor ajuste estadístico que presente cada distribución, siendo métodos matemáticos para predecir con que probabilidad un determinado evento puede ser igualado o excedido.

Para la caracterización de los caudales mínimos y máximos de retorno, para el río Guáitara se tomó como referencia la información de la estación limnigráfica PILCUAN, de la cual se emplearon 25 años (1990 a 2014) de registro histórico mensual multianual, Por su parte, para las demás fuentes hídricas donde se solicita captación se utilizaron los caudales estimados a partir del modelo de precipitación escorrentía empleado, igualmente en un periodo de 25 años (1990 a 2014), la estimación de caudales se presenta en el **Numeral 5.1.5 Hidrología – Caudales característicos (Capítulo 5_ Caracterización del Área de Influencia).**

Dentro de las distribuciones de probabilidad de mayor uso en hidrología se tiene la Normal, Exponencial, Gamma, Gumbel y Pearson Tipo III, seleccionando la que mejor ajuste presenta de acuerdo a la prueba de bondad de Kolmogoroff Smirnov.

Los resultados obtenidos de la prueba de bondad de Kolmogoroff Smirnov para las distribuciones de probabilidad que mejor se ajustan a los datos de caudales de la cuenca del río Guáitara a partir de la estación PILCUAN se presentan a continuación.

- **Río Guáitara.**

Una vez realizadas las pruebas de bondad y ajuste a las distribuciones de probabilidad, se determinó que para los datos de la estación PILCUAN en la cuenca del río Guáitara, la distribución de probabilidad que mejor se ajusta es la Normal, siendo la mejor opción para el cálculo de frecuencias de caudales mínimos y máximos de retorno, ya que género el menor estimador de ajuste de bondad (**Tabla 7-38** y **Figura 7.32**).

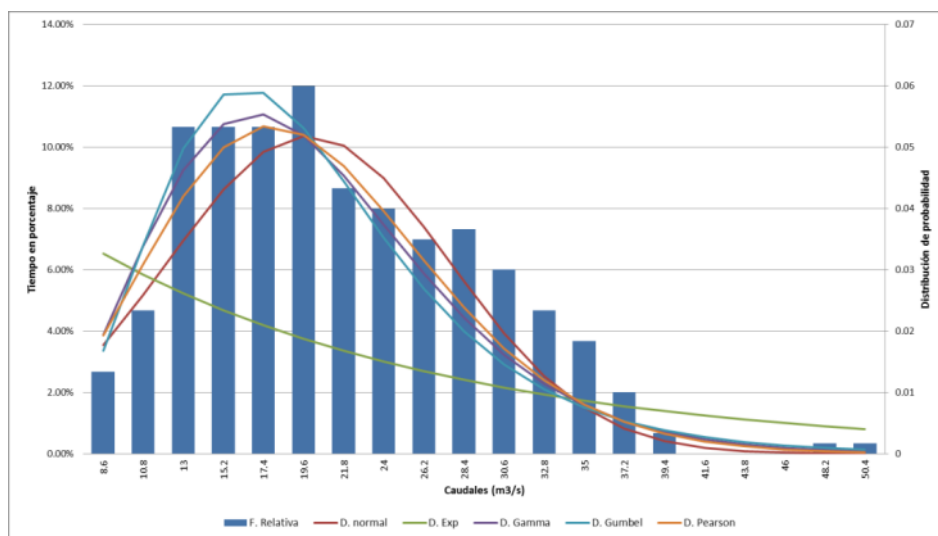
Tabla 7-38 Prueba de bondad del ajuste de kolmogorov smirnov - río Guáitara.

RIO GUÁITARA					
PRUEBA	NORMAL	EXPONENCIAL	GAMMA	GUMBEL	PEARSON
Estimador Kolmogorov Smirnov	0.045	0.345	0.059	0.068	0.054
Grados de libertad	300	300	300	300	300
Nivel de significancia	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
n > 50	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112
Prueba*	SE APRUEBA	SE RECHAZA	SE APRUEBA	SE APRUEBA	SE APRUEBA

*SE APRUEBA: los datos de la estación **SI** se ajustan a la función de distribución de probabilidad para estimar los caudales mínimos; Se Rechaza: los datos de la estación **NO** se ajustan a la función de distribución de probabilidad para determinar caudales mínimos.

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.32 Hidrográma de ajuste de distribuciones de probabilidad para el río Guáitara.



Fuente: CONSORCIO SH.

Mediante la distribución Normal se estimaron los caudales extremos para diferentes periodos de retorno en años. En la **Tabla 7-39** se presentan los valores máximos y mínimos estimados. Para el período igualado excedido de 100 años se determinó un caudal mínimo de 6.7 m³/s y un caudal máximo de 53.8 m³/s, también

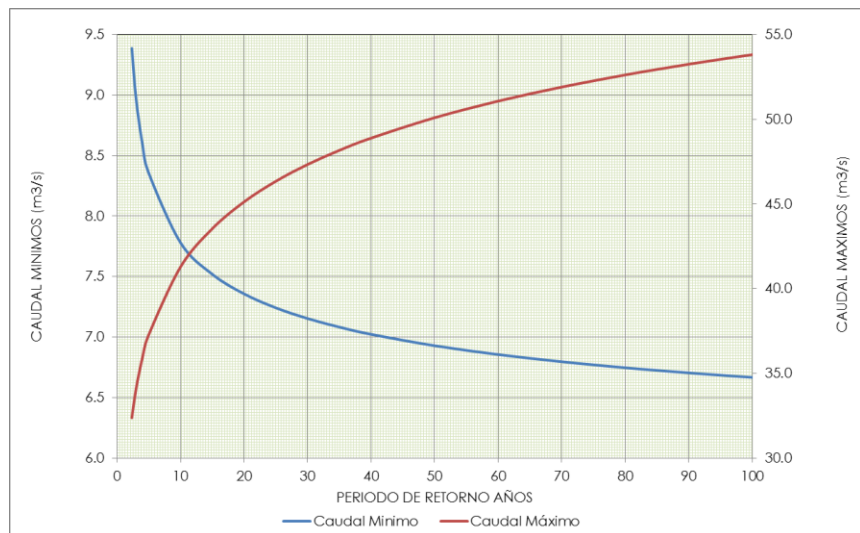
se puede observar que para un periodo de retorno de 2.33, 3 y 5 años el caudal mínimo varía de 9.4 a 8.4 m³/s y el máximo de 32.4 a 37.3 m³/s, lo que indica una oferta hídrica significativa durante el proyecto. (Ver **Figura 7.33**).

Tabla 7-39 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para el río Guáitara – Captación 1.

CAUDALES EXTREMOS RÍO GUÁITARA											
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2.33	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
CAUDAL MÍNIMOS (m ³ /s)	9.4	9.0	8.6	8.4	7.8	7.5	7.4	7.2	7.2	7.1	7.0
CAUDAL MÁXIMOS (m ³ /s)	32.4	34.1	35.9	37.3	41.3	43.5	45.1	46.3	47.3	48.2	48.9
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	50	60	70	80	85	90	95	98	99	100	
CAUDAL MÍNIMOS (m ³ /s)	6.9	6.9	6.8	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	
CAUDAL MÁXIMOS (m ³ /s)	50.1	51.1	51.9	52.6	53.0	53.3	53.5	53.7	53.8	53.8	

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.33 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en el río Guáitara – Captación 1.



Fuente: CONSORCIO SH.

De igual forma, para los demás cuerpos de agua donde se ubican las captaciones solicitadas se realizó la prueba de bondad para determinar la función de probabilidad que mejor se ajusta a los datos. A continuación, se presentan los resultados de los caudales extremos para diferentes periodos de retorno y se indica la función de probabilidad que mejor se ajustó.

- **Caudales extremos según periodo de retorno para el río Boquerón - Captación 2.**

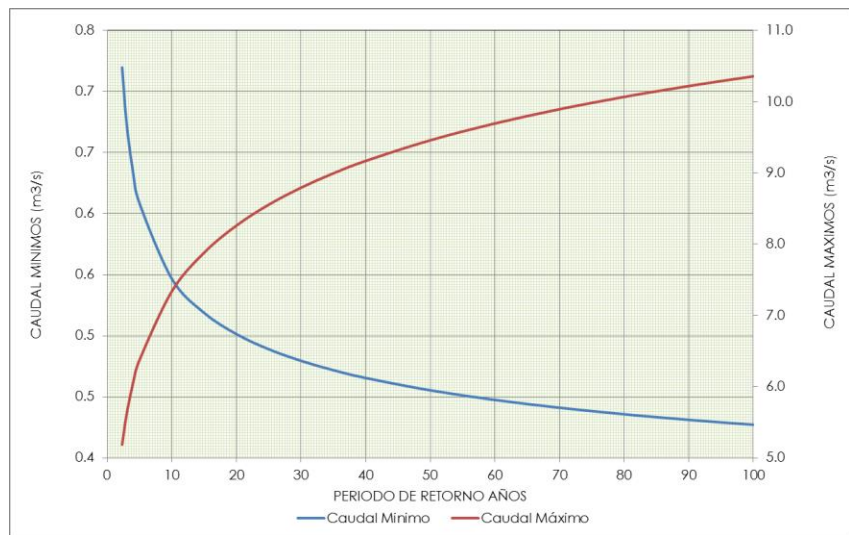
Mediante la distribución Gamma se estimaron los caudales extremos para diferentes periodos de retorno en años. En la **Tabla 7-40** se presentan los valores máximos y mínimos estimados. Para el período igualado excedido de 100 años se determinó un caudal mínimo de 0.43 m³/s y un caudal máximo de 10.36 m³/s, también se puede observar que para un periodo de retorno de 2.33, 3 y 5 años el caudal mínimo varía de 0.72 a 0.61 m³/s y el máximo de 5.19 a 6.37 m³/s, lo que indica una oferta hídrica significativa durante el proyecto. (Ver **Figura 7.34**).

Tabla 7-40 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para el río Boquerón – Captación 2.

CAUDALES EXTREMOS RÍO BOQUERÓN											
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2.33	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
CAUDAL MÍNIMOS (m ³ /s)	0.72	0.67	0.63	0.61	0.55	0.52	0.50	0.49	0.48	0.47	0.47
CAUDAL MÁXIMOS (m ³ /s)	5.19	5.60	6.04	6.37	7.34	7.88	8.26	8.55	8.79	8.99	9.17
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	50	60	70	80	85	90	95	98	99	100	
CAUDAL MÍNIMOS (m ³ /s)	0.46	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	
CAUDAL MÁXIMOS (m ³ /s)	9.46	9.70	9.90	10.07	10.15	10.22	10.29	10.32	10.34	10.36	

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.34 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en el río Boquerón – Captación 2.



Fuente: CONSORCIO SH.

- **Caudales extremos según periodo de retorno para la quebrada Humeadora - Captación 3.**

La corriente de la quebrada Humeadora, presenta mediante la implementación del método de distribución Gamma para determinar caudales extremos, para el período de 100 años un caudal mínimo de 0.018 m³/s y un caudal máximo de 0.585 m³/s, también se puede observar que para un periodo de retorno de 2.33, 3 y 5

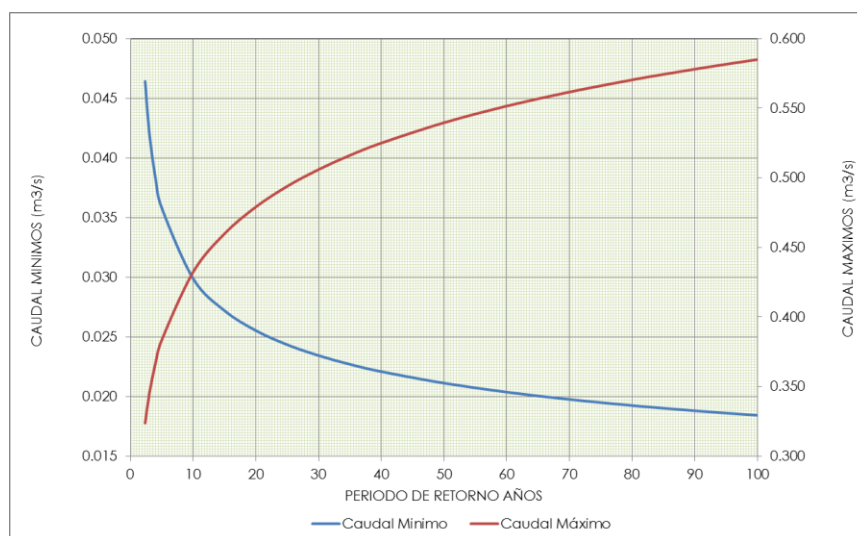
años el caudal mínimo varía de 0.046 a 0.036 m³/s y el máximo de 0.324 a 0.384 m³/s, lo que indica una oferta hídrica significativa para la época solicitada durante el proyecto. (Ver **Tabla 7-41** y **Figura 7.35**).

Tabla 7-41 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada Humeadora – Captación 3.

CAUDALES EXTREMOS QUEBRADA HUMEADORA											
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2.33	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
CAUDAL MÍNIMOS (m ³ /s)	0.046	0.042	0.038	0.036	0.030	0.027	0.026	0.024	0.023	0.023	0.022
CAUDAL MÁXIMOS (m ³ /s)	0.324	0.345	0.367	0.384	0.432	0.460	0.479	0.494	0.506	0.516	0.525
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	50	60	70	80	85	90	95	98	99	100	
CAUDAL MÍNIMOS (m ³ /s)	0.021	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	
CAUDAL MÁXIMOS (m ³ /s)	0.540	0.552	0.562	0.570	0.574	0.578	0.582	0.583	0.584	0.585	

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.35 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada Humeadora – Captación 3.



Fuente: CONSORCIO SH.

- **Caudales extremos según periodo de retorno para la quebrada La Llave - Moledores - Captación 4.**

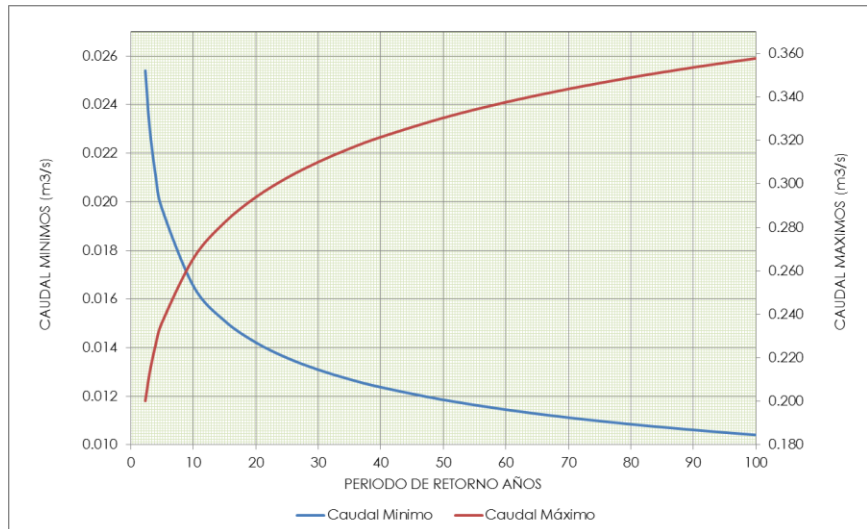
La corriente de la quebrada La Llave - Moledores, presenta mediante la implementación del método de distribución Gamma para determinar caudales extremos, para el período de 100 años un caudal mínimo de 0.010 m³/s y un caudal máximo de 0.358 m³/s, también se puede observar que para un periodo de retorno de 2.33, 3 y 5 años el caudal mínimo varía de 0.025 a 0.020 m³/s y el máximo de 0.200 a 0.236 m³/s, lo que indica una oferta hídrica significativa para la época solicitada durante el proyecto. (Ver **Tabla 7-42** y **Figura 7.36**).

Tabla 7-42 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada La Llave - Moledores – Captación 4.

CAUDALES EXTREMOS QUEBRADA LA LLAVE - MOLEDORES											
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2.33	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.025	0.023	0.021	0.020	0.017	0.015	0.014	0.014	0.013	0.013	0.012
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.200	0.213	0.226	0.236	0.266	0.282	0.294	0.303	0.310	0.316	0.322
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	50	60	70	80	85	90	95	98	99	100	
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.012	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.330	0.338	0.344	0.349	0.351	0.354	0.356	0.357	0.357	0.358	

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.36 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada La Llave - Moledores – Captación 4.



Fuente: CONSORCIO SH.

- Caudales extremos según periodo de retorno para la quebrada San Francisco 2 - Captación 5.**

La corriente de la quebrada San Francisco 2, presenta mediante la implementación del método de distribución Gamma para determinar caudales extremos, para el período de 100 años un caudal mínimo de 0.001 m³/s y un caudal máximo de 0.052 m³/s, también se puede observar que para un periodo de retorno de 2.33, 3 y 5 años el caudal mínimo varía de 0.004 a 0.003 m³/s y el máximo de 0.030 a 0.035 m³/s, lo que indica una oferta hídrica significativa para la época solicitada durante el proyecto. (Ver **Tabla 7-43** y **Figura 7.37**).

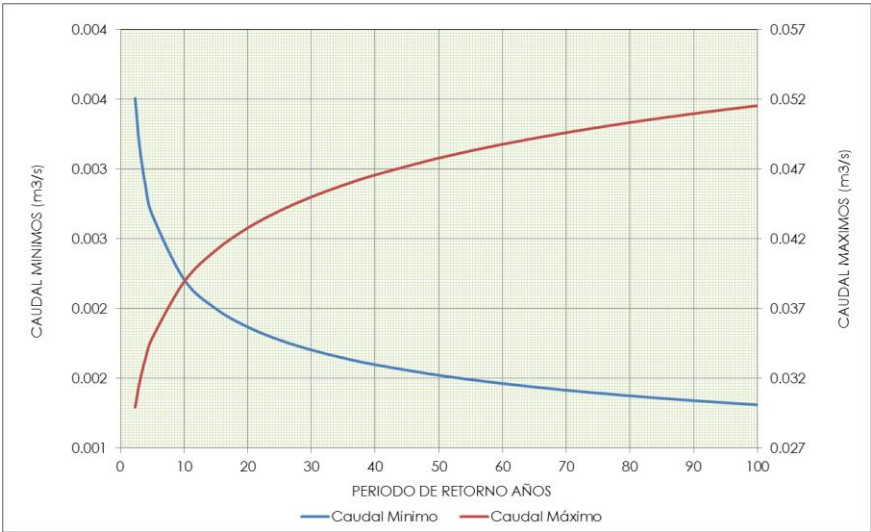
Tabla 7-43 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada San Francisco 2 – Captación 5.

CAUDALES EXTREMOS QUEBRADA SAN FRANCISCO 2	
7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	Página 71

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2.33	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.030	0.032	0.034	0.035	0.039	0.041	0.043	0.044	0.045	0.046	0.047
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	50	60	70	80	85	90	95	98	99	100	
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.048	0.049	0.050	0.050	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.052	

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.37 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada San Francisco 2 – Captación 5.



Fuente: CONSORCIO SH.

• Caudales extremos según periodo de retorno para la quebrada Macal - Captación 6.

La corriente de la quebrada San Francisco 2, presenta mediante la implementación del método de distribución Pearson para determinar caudales extremos, para el período de 100 años un caudal mínimo de 0.008 m³/s y un caudal máximo de 0.340 m³/s, también se puede observar que para un periodo de retorno de 2.33, 3 y 5 años el caudal mínimo varía de 0.021 a 0.016 m³/s y el máximo de 0.200 a 0.232 m³/s, lo que indica una oferta hídrica significativa para la época solicitada durante el proyecto. (Ver **Tabla 7-44** y **Figura 7.38**).

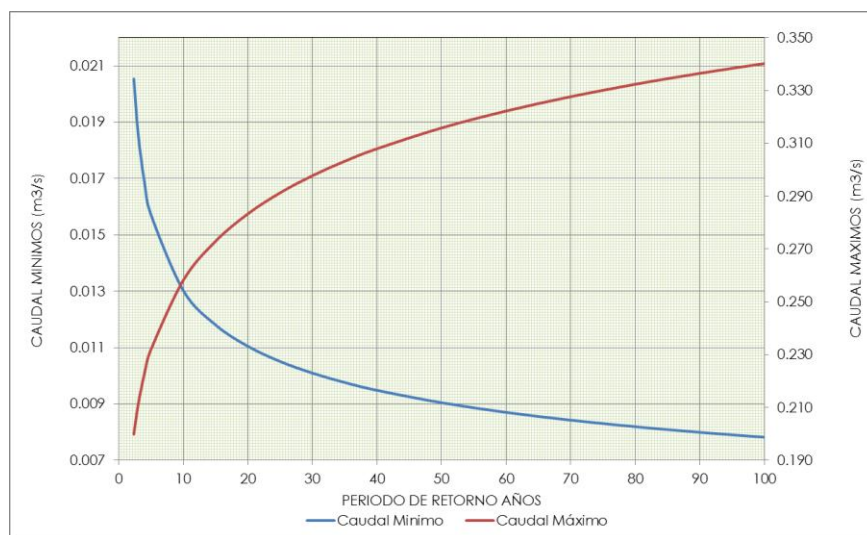
Tabla 7-44 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada Macal – Captación 6.

CAUDALES EXTREMOS QUEBRADA MACAL											
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2.33	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40

CAUDALES EXTREMOS QUEBRADA MACAL										
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.021	0.019	0.017	0.016	0.013	0.012	0.011	0.011	0.010	0.009
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.200	0.211	0.223	0.232	0.258	0.273	0.283	0.291	0.298	0.308
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	50	60	70	80	85	90	95	98	99	100
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.316	0.322	0.328	0.332	0.334	0.336	0.338	0.339	0.340	0.340

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.38 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada Macal – Captación 6.



Fuente: CONSORCIO SH.

- Caudales extremos según periodo de retorno para el río Sapuyes - Captación 7.**

Mediante la distribución Pearson se estimaron los caudales extremos para diferentes periodos de retorno en años. En la **Tabla 7-45** se presentan los valores máximos y mínimos estimados. Para el período igualado excedido de 100 años se determinó un caudal mínimo de 0.68 m³/s y un caudal máximo de 22.81 m³/s, también se puede observar que para un periodo de retorno de 2.33, 3 y 5 años el caudal mínimo varía de 1.62 a 1.26 m³/s y el máximo de 14.46 a 16.38 m³/s, lo que indica una oferta hídrica significativa durante el proyecto. (Ver **Figura 7.39**).

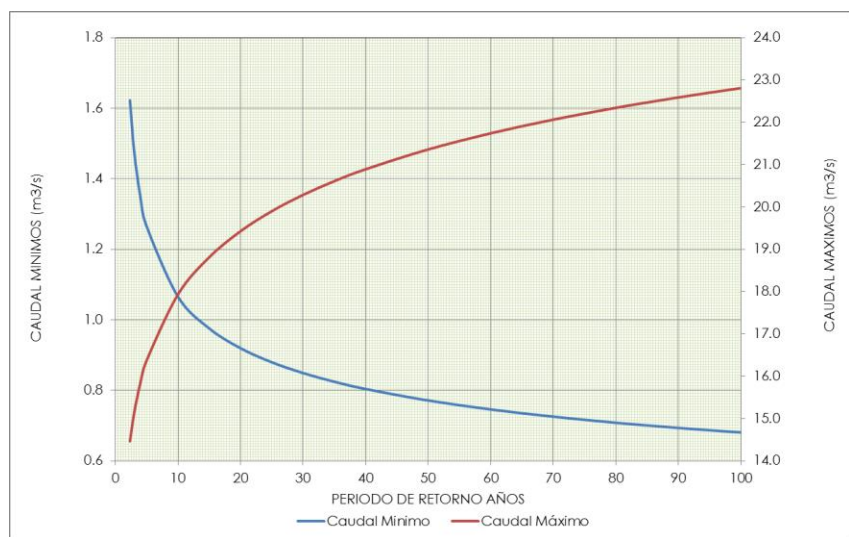
Tabla 7-45 Caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno para el río Sapuyes – Captación 7.

CAUDALES EXTREMOS RÍO SAPUYES

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2.33	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	1.62	1.48	1.35	1.26	1.07	0.98	0.92	0.88	0.85	0.82	0.80
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	14.46	15.14	15.85	16.38	17.93	18.81	19.43	19.90	20.29	20.61	20.89
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	50	60	70	80	85	90	95	98	99	100	
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.77	0.75	0.73	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68	
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	21.36	21.74	22.06	22.34	22.47	22.59	22.70	22.76	22.79	22.81	

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.39 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en el río Sapuyes – Captación 7.



Fuente: CONSORCIO SH.

- Caudales extremos según periodo de retorno para la quebrada Yamurayán - Captación 8.**

La corriente de la quebrada Yamurayán, presenta mediante la implementación del método de distribución Gamma para determinar caudales extremos, para el período de 100 años un caudal mínimo de 0.0014 m³/s y un caudal máximo de 0.0647 m³/s, también se puede observar que para un periodo de retorno de 2.33, 3 y 5 años el caudal mínimo varía de 0.0040 a 0.0030 m³/s y el máximo de 0.0318 a 0.0394 m³/s, lo que indica una oferta hídrica significativa para la época solicitada durante el proyecto. (Ver **Tabla 7-46** y **Figura 7.40**).

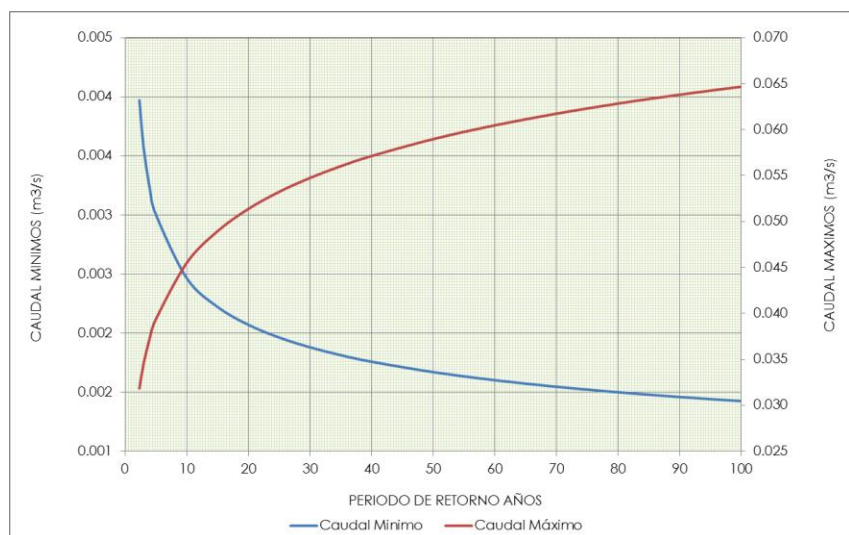
Tabla 7-46 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada Yamurayán – Captación 8.

CAUDALES EXTREMOS QUEBRADA YAMURAYÁN											
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.0040	0.0036	0.0032	0.0030	0.0025	0.0022	0.0021	0.0020	0.0019	0.0018	0.0018
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.0318	0.0345	0.0373	0.0394	0.0455	0.0489	0.0514	0.0532	0.0547	0.0560	0.0571
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	50	60	70	80	85	90	95	98	99	100	

CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.0017	0.0016	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.0590	0.0605	0.0617	0.0628	0.0633	0.0638	0.0642	0.0645	0.0646	0.0647

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.40 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada Yamurayán – Captación 8.



Fuente: CONSORCIO SH.

- Caudales extremos según periodo de retorno para la quebrada San Francisco - Captación 9.**

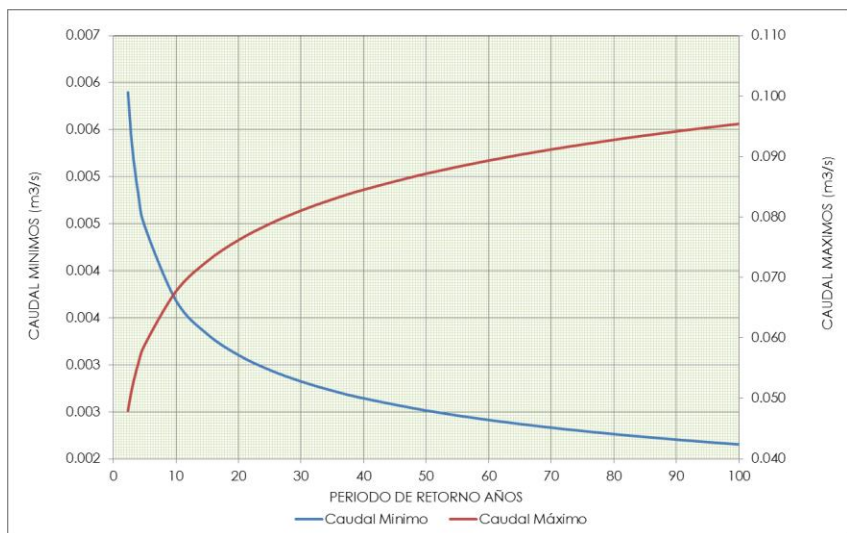
La corriente de la quebrada San Francisco, presenta mediante la implementación del método de distribución Gumbel para determinar caudales extremos, para el período de 100 años un caudal mínimo de 0.0022 m³/s y un caudal máximo de 0.0954 m³/s, también se puede observar que para un periodo de retorno de 2.33, 3 y 5 años el caudal mínimo varía de 0.0059 a 0.0045 m³/s y el máximo de 0.0480 a 0.0589 m³/s, lo que indica una oferta hídrica significativa para la época solicitada durante el proyecto. (Ver **Tabla 7-47** y **Figura 7.41**).

Tabla 7-47 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada San Francisco – Captación 9.

CAUDALES EXTREMOS QUEBRADA SAN FRANCISCO											
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2.33	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.0059	0.0053	0.0048	0.0045	0.0037	0.0033	0.0031	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.0480	0.0518	0.0559	0.0589	0.0677	0.0727	0.0762	0.0789	0.0811	0.0829	0.0845
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	50	60	70	80	85	90	95	98	99	100	
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.0872	0.0894	0.0912	0.0928	0.0935	0.0942	0.0948	0.0951	0.0953	0.0954	

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.41 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada San Francisco – Captación 9.



Fuente: CONSORCIO SH.

- Caudales extremos según periodo de retorno para la quebrada Culantro - Captación 10.**

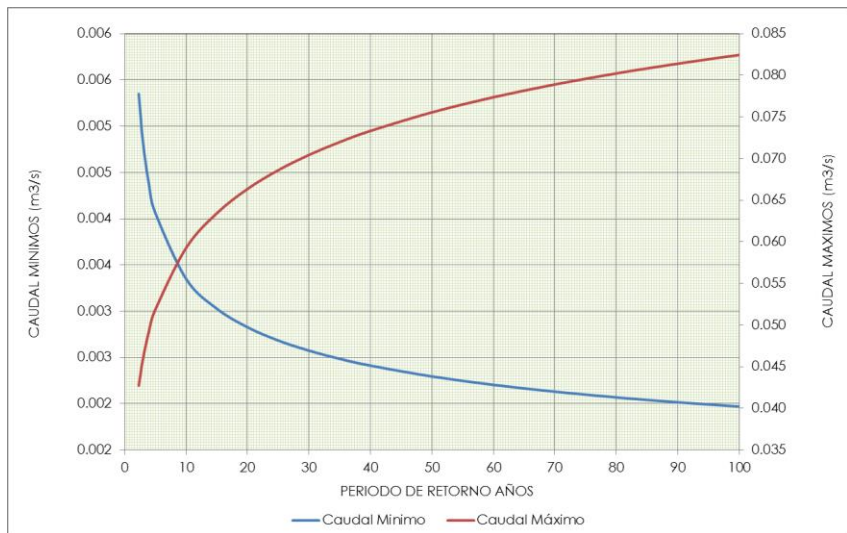
La corriente de la quebrada Culantro, presenta mediante la implementación del método de distribución Gumbel para determinar caudales extremos, para el período de 100 años un caudal mínimo de 0.0020 m³/s y un caudal máximo de 0.0824 m³/s, también se puede observar que para un periodo de retorno de 2.33, 3 y 5 años el caudal mínimo varía de 0.0053 a 0.0041 m³/s y el máximo de 0.0427 a 0.0518 m³/s, lo que indica una oferta hídrica significativa para la época solicitada durante el proyecto. (Ver **Tabla 7-48** y **Figura 7.42**).

Tabla 7-48. Caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno para la quebrada Culantro – Captación 10.

CAUDALES EXTREMOS QUEBRADA CULANTRO											
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2.33	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.0053	0.0048	0.0044	0.0041	0.0034	0.0030	0.0028	0.0027	0.0026	0.0025	0.0024
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.0427	0.0459	0.0493	0.0518	0.0592	0.0634	0.0663	0.0686	0.0704	0.0720	0.0733
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	50	60	70	80	85	90	95	98	99	100	
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.0755	0.0774	0.0789	0.0802	0.0808	0.0814	0.0819	0.0822	0.0823	0.0824	

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.42 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada Culantro – Captación 10.



Fuente: CONSORCIO SH.

- Caudales extremos según periodo de retorno para la quebrada El Manzano - Captación 11.**

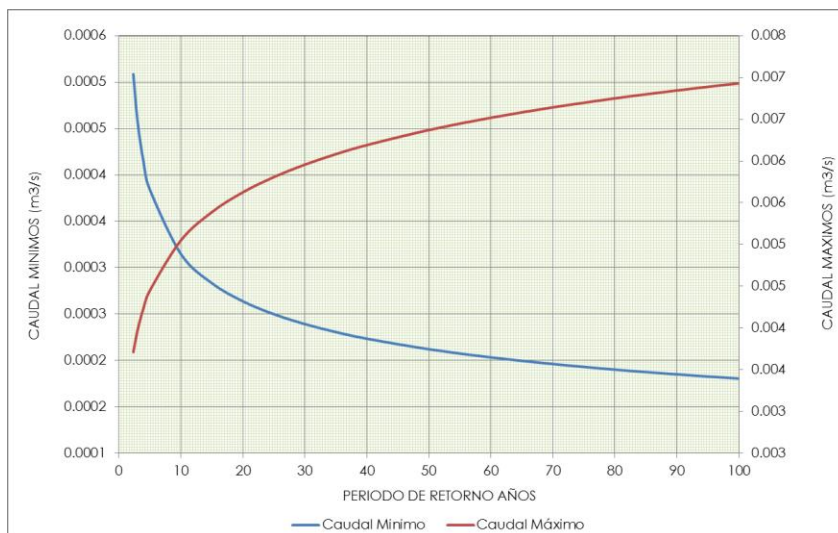
La corriente de la quebrada El Manzano, presenta mediante la implementación del método de distribución Pearson para determinar caudales extremos, para el período de 100 años un caudal mínimo de 0.0002 m³/s y un caudal máximo de 0.0069 m³/s, también se puede observar que para un periodo de retorno de 2.33, 3 y 5 años el caudal mínimo varía de 0.0005 a 0.0004 m³/s y el máximo de 0.0037 a 0.0044 m³/s, lo que indica una oferta hídrica significativa para la época solicitada durante el proyecto. (Ver **Tabla 7-49** y **Figura 7.43**).

Tabla 7-49 Caudales mínimos y máximos para diferentes períodos de retorno para la quebrada El Manzano – Captación 11.

CAUDALES EXTREMOS QUEBRADA EL MANZANO											
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	2.33	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.0037	0.0040	0.0042	0.0044	0.0051	0.0054	0.0056	0.0058	0.0060	0.0061	0.0062
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	50	60	70	80	85	90	95	98	99	100	
CAUDAL MÍNIMOS (m³/s)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	
CAUDAL MÁXIMOS (m³/s)	0.0064	0.0065	0.0066	0.0067	0.0068	0.0068	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.43 Comportamiento de caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno en la quebrada el manzano – Captación 11.



Fuente: CONSORCIO SH.

7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

No se solicita concesión de aguas subterráneas, dado que la demanda de agua para la construcción del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal, se cubrirá con los sitios solicitados en las fuentes de agua superficial y con la compra a empresas autorizadas que brinden agua con características óptimas para el consumo humano.

7.3 VERTIMIENTOS

Como producto del desarrollo de las actividades propias del proyecto en cada una de sus diferentes etapas, se generarán residuos líquidos domésticos y no domésticos que serán manejados y dispuestos por parte de la empresa, de tal manera que no generen afectación al entorno y dando cumplimiento a las disposiciones de la normatividad ambiental vigente, Decreto 3930 de 2010 (disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados), Resolución 631 de 2015 (Por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpo de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado) y Decreto 050 del 16 de enero de 2018 (Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuenca (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones).

Dadas las condiciones de la zona donde se proyectan las actividades de la doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal, los mecanismos de disposición final de residuos líquidos generados por las mismas, previamente tratados, serán vertimiento a fuente superficial y mediante manejo y disposición final por

terceros autorizados. A continuación, se presentan las generalidades de las metodologías de disposición propuestas para el proyecto.

7.3.1 Actividades generadoras de las aguas residuales.

Las aguas residuales domésticas que se generen durante la construcción corresponden a aguas grises (provenientes de las duchas, lavamanos, lavandería y cocina), de las aguas negras (provenientes de los sanitarios ubicados en los campamentos).

Por su parte las aguas residuales no domésticas son los efluentes líquidos relacionados con las características propias de la actividad de preparación de agregados (plantas de trituración y asfaltos), las aguas utilizadas en lavado y limpieza de equipos, bodegas, talleres y las aguas lluvias contaminadas con aceites, químicos o combustibles que han tenido contacto con los equipos.

En la **Tabla 7-50**, se presentan los sitios de generación de aguas residuales por el proyecto.

Tabla 7-50 Sitios generadores de aguas residuales.

ID	NOMBRE	ABSCISAS	MARGEN	OBSERVACIONES
1	CAMPAMENTO SAN JUAN	18+800	DERECHO	Planta de hormigón DHA- 60 ton/h (1.25 m ³)
2	CAMPAMENTO ILES	35+600	IZQUIERDO	Planta móvil de trituración de 90ton/h
3	CAMPAMENTO MIKEL	41+300	IZQUIERDO	Planta de hormigón DHA – 60ton/h (1.25 m ³) Planta de machaqueo 150ton/h Planta de asfalto Intrame-UM 160ton/h

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2015.

7.3.2 Caracterización fisicoquímica y caudal de las aguas residuales a generarse.

7.3.2.1 Caudales de residuos líquidos a generar

- Aguas residuales domesticas**

Durante toda la operación, en los campamentos se generarán dos tipos de aguas residuales domésticas, aguas negras y aguas grises.

Para estimar el caudal de vertimiento de Aguas Residuales Domésticas (ARD) se realizó con base la dotación calculada en el numeral **7.1.3 Caudal de agua requerido**, teniendo en cuenta que el número de trabajadores proyectados por campamento son (250) y el clima de la zona se puede considerar como clima frio, por lo que la demanda de agua es de 0.45 L/s para cada campamento, se tiene que el caudal de vertimiento es de aproximadamente **0.36 L/s**, tomando un factor de retorno de 80%.

- Aguas Residuales no Domésticas**

Para el cálculo del caudal de vertimiento de las Aguas Residuales no Domésticas (ARnD) se tiene en cuenta la dotación de agua calculada para el uso en plantas y procesos del proyecto que es de 1.5 L/s, tomando un factor de retorno de 80%, se generaría 1.2 L/s.

Teniendo en cuenta que las plantas de concreto cuentan con un sistema de recirculación de aguas residuales, se determina que el caudal de vertimiento de aguas no domésticas es de **0.075 L/s** ya que aproximadamente

el 94 % del agua resultante del proceso de las plantas será recirculado de tal manera que solo el 6% va a ser dispuesto.

De acuerdo con lo anterior, en la **Tabla 7-51** se presentan los caudales a ser vertidos en cada sitio de generación.

Tabla 7-51 Caudal de vertimiento por campamento.

ID	NOMBRE	TIPO DE AGUA	CONSUMO DE AGUA	GENERACIÓN DE AGUA RESIDUAL	CAUDAL DE VERTIMIENTO TOTAL (L/s)
			Caudal agua solicitado (L/s)	Vertimiento de agua (L/s)	
1	Campamento San Juan	ARD	0.45	0.36	0.44
		ARnD	1.5	0.075	
2	Campamento Iles	ARD	0.45	0.36	0.44
		ARnD	1.5	0.075	
3	Campamento Mikel	ARD	0.45	0.36	0.44
		ARnD	1.5	0.075	
TOTAL					1.32

Fuente: CONSORCIO SH.

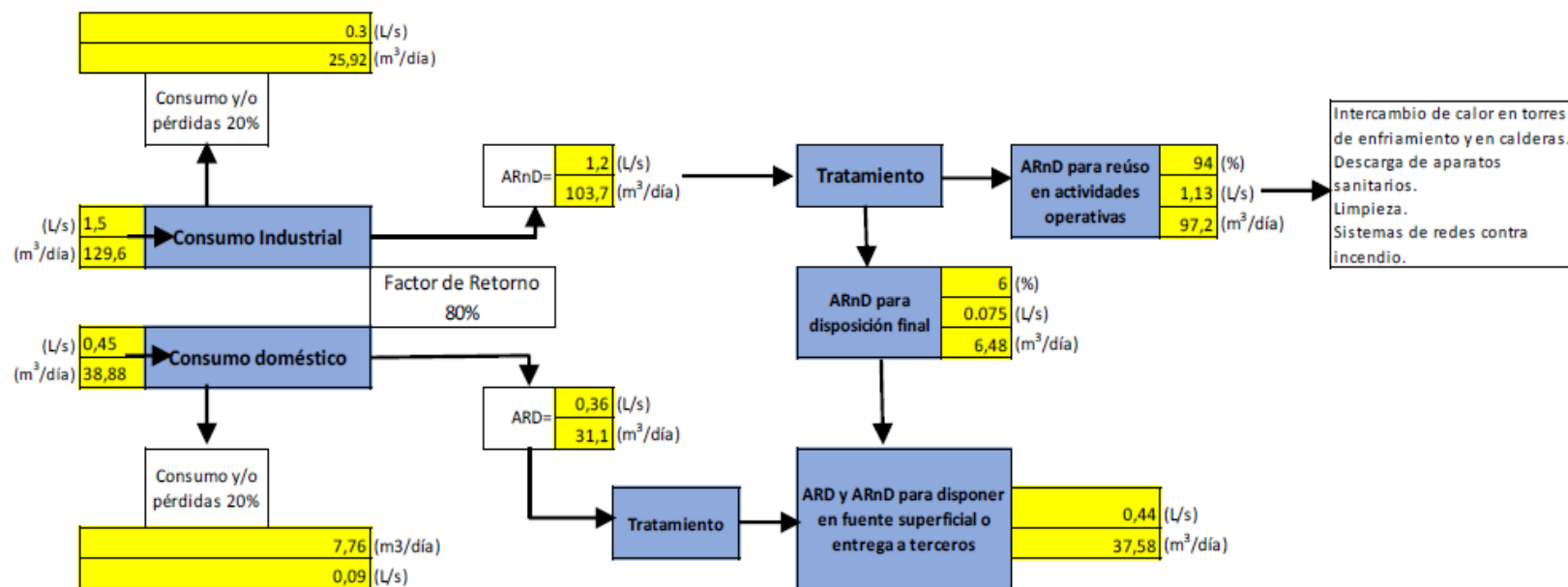
Para establecer el volumen de reúso de las ARnD se realizó el balance de masas a partir del agua consumida para las actividades industriales y domésticas; así como la destinación final de las aguas residuales generadas en dichas actividades (**Figura 7.44**). Se empleó un factor de retorno del 80 %, con el fin de establecer el balance en término de volúmenes.

En el balance se pudo obtener una generación de agua residual doméstica 0.36 L/s (31.104 m³/día) y no doméstica 1.2 L/s (103.68 m³/día), la cual en principio puede ser tratada según lo establecido en el numeral 7.3.3 Sistemas de tratamiento, para el caso de las ARnD se tiene que aproximadamente el 94% se reúsa y corresponde a 1.13 L/s (97.20 m³/s), el restante 6% que representa 0.075 L/s (6.48 m³/s), junto con las ARD será dispuesta por medio de cualquiera de las alternativas solicitadas

Para el caso de las ARnD se tiene que aproximadamente el 6% que representa 0.075 L/s (6.48 m³/s) será dispuesta junto con las ARD por medio de cualquiera de las alternativas solicitadas y el 94% que corresponde a 1.13 L/s (97.20 m³/s) será reusada en actividades industriales como:

- Intercambio de calor en torres de enfriamiento y en calderas.
- Descarga de aparatos sanitarios.
- Sistemas de redes contra incendio.
- Limpieza

Figura 7.44 Balance de masa aguas usadas en procesos industriales y domésticos.



Fuente: CONSORCIO SH.

7.3.2.2 Características de la composición de aguas residuales

- Aguas residuales domesticas**

Las aguas residuales domésticas se componen de aguas grises y negras, las primeras se caracterizan por tener materiales en suspensión y grasas de origen vegetal, en ellas el índice de contaminación orgánica es menor que en aguas de tipo sanitario o negras, las cuales se caracterizan por presentar un alto contenido de carga orgánica y una elevada población de coliformes totales y fecales. (Ver **Tabla 7-52**).

Tabla 7-52 Caracterización de las aguas residuales domésticas en un proyecto similar.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALORES REPORTADOS
Color	UPC	> 150
Cloruros	mg Cl/l	> 150
DBO	mg O ₂ /l	> 500
DQO	mg O ₂ /l	> 600
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	50
pH	Unidad	7- 9
Sólidos disueltos	mg/l	300 – 800
Sólidos suspendidos	mg/l	100 – 200
Sulfatos	mg SO ₄ /l	40 – 100
Coliformes totales	NMP/100ml	900.000
Coliformes fecales	NMP/100ml	80.000
Grasas y aceites	mg/l	50- 100

Fuente: Helios Consorcio Vial, 2008.

- Aguas residuales no domésticas**

Son aguas que provienen de las actividades como plantas de hormigón que presentan una elevada cantidad de sólidos disueltos, suspendidos y residuos químicos, tal como se muestran en la **Tabla 7-53**. Los metales varían su concentración según las necesidades de la mezcla y su disposición.

Tabla 7-53 Caracterización de aguas residuales de una planta hormigón.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
Cloruros	mg Cl/L	58,8
pH	Unidades	11
Sólidos Totales	mg/L	499
Sulfatos	mgSO ₄ /L	135
Solidos sedimentables	mg/L	332
DQO	PPM	216
Turbidez	FTU	50
Dureza	mgCaCO ₃ /L	4220

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L	3389
Arsénico	mg/L	0.5
Bario	mg/L	1.0
Cadmio	mg/L	0.01
Cinc	mg/L	13
Cobre	mg/L	1.0
Mercurio	mg/L	0.02
Plomo	mg/L	0.05
Selenio	mg/L	0.01

Fuente: Helios Consorcio Vial, 2008.

7.3.3 Sistemas de tratamiento

En el **Anexo 14. Uso y Aprovechamiento_Plan de Gestión de riesgo del vertimiento**, se presentan las medidas a implementar para prevenir cualquier contingencia con la actividad del vertimiento.

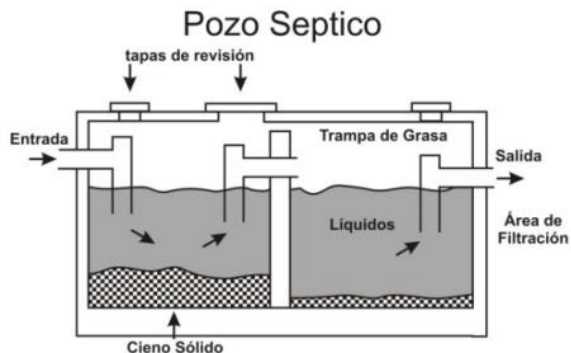
7.3.3.1 Sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas

Para el tratamiento de las aguas residuales domesticas se podrán realizar diversos sistemas de tratamiento mientras el efluente de estos cumpla con los parámetros fisicoquímicos para ser vertidos en los diferentes cuerpos receptores. A continuación, se presentan los sistemas de tratamiento tipo, los cuales pueden ser implementados en los campamentos y áreas operativas.

- **Pozo Séptico**

Las aguas residuales domesticas serán conducidas a un pozo séptico el cual está compuesto por dos cámaras conectadas por tubería en PVC, en la primera por densidad se decantan los sólidos de mayor tamaño y en la segunda se atrapan las grasas y se decantan los sólidos de menor tamaño. Esta estructura ira cubierta para evitar escape de gases y el ingreso de aguas lluvias, se podrá construir en cualquier material que cumpla la función y no afecte al ambiente o pueden ser instaladas pozos prefabricados (**Figura 7.45**).

Figura 7.45 Esquema de pozo séptico tipo



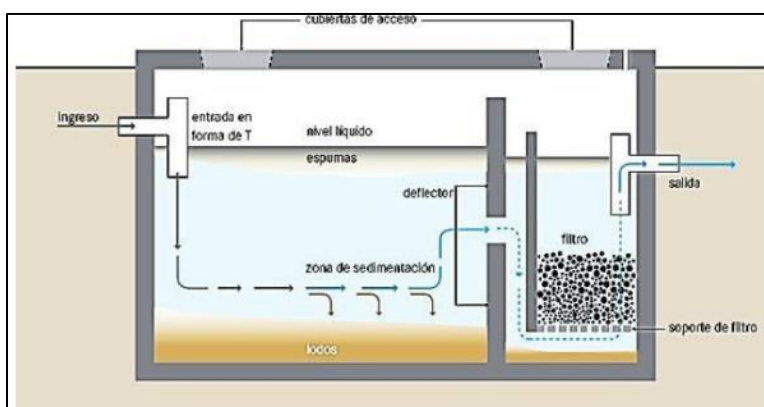
Fuente: organización panamericana de la salud, 2009.

- **Sistema FAFA (Filtro anaerobio de flujo ascendente)**

Una vez el flujo sale del pozo séptico es transportado hacia un filtro FAFA, El sistema consiste en un tanque o cámara cerrada, compuesta por un lecho de grava y gravilla en donde el afluente proveniente del pozo séptico pasa de manera ascendente a través de los intersticios y la película biológica que se forma sobre la superficie de este material granular realiza un trabajo de digestión y reducción anaerobia.

El sistema FAFA es un bioreactor anaerobio que posee un material de relleno inerte, sobre el material de relleno crece una población bacteriana que degrada la DBO soluble del afluente dando como resultado un efluente clarificado con una menor carga orgánica (**Figura 7.46**).

Figura 7.46 Sistema FAFA tipo



Fuente: Alianza por el Agua, 2016.

Una vez el flujo sale del sistema de tratamiento se espera una remoción del 95% de la carga contaminante y ya puede ser transportado a los tanques de almacenamiento para su disposición final, cada vez que se vayan a disponer se realizaran monitoreos de los parámetros que se pueden determinar in situ (pH, Color, Cloro, Turbiedad, Conductividad, Temperatura y Oxígeno Disuelto).

Baños portátiles para aguas negras domésticas

Durante la etapa operativa en lo referente a construcción de obras, se contará con baños portátiles para el personal (Ver **Fotografía 7.14**). Los baños serán objeto de mantenimiento para garantizar su correcto funcionamiento, el tratamiento y disposición de los residuos será realizado por parte de la empresa encargada del mantenimiento de estas instalaciones en sitios debidamente autorizados para ello, o a través de una Empresa de Servicios Públicos que cuente con permiso para realizar dicha labor.

Como mecanismo de control, cada vez que se realice el mantenimiento de los baños portátiles se suscribirá un acta con la empresa contratista, especificando los volúmenes entregados y el sitio de tratamiento y disposición final.

Los baños portátiles incluyen lavamanos, sanitario y un dispensador de papel y toallas desechables. Dependiendo del número de trabajadores que se encuentren en el frente de trabajo y teniendo en cuenta un promedio de cuatro (4) entradas/día/trabajador y una capacidad de uso de 100 entradas por unidad, se calculará el número de unidades que se requieren por sitio de trabajo y la frecuencia de mantenimiento de estas.

Fotografía 7.14 Baños portátiles Tipo.



Fuente: Consorcio SH..

7.3.3.2 Aguas residuales no domésticas

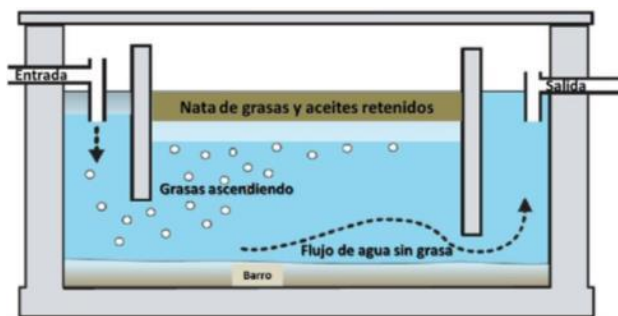
Las aguas residuales no domésticas son los efluentes líquidos relacionados con las características propias de la actividad de preparación de agregados (plantas de trituración y asfaltos), las aguas utilizadas en lavado y limpieza de equipos, bodegas, talleres y las aguas lluvias contaminadas con aceites, químicos o combustibles que han tenido contacto con los equipos.

A continuación, se presenta la descripción básica del sistema de tratamiento para estas aguas.

- **Canal de entrada y trampa de grasas.**

Las aguas que entren en contacto con equipos o maquinaria serán conducidas por canales de perimetrales tipo cárcamo hacia una trampa de grasas donde se separaran los aceites y grasas que pudiera traer consigo el efluente. Ver **Figura 7.47**.

Figura 7.47 Funcionamiento de trampa de grasas.



Fuente: Universidad Nacional, 2016

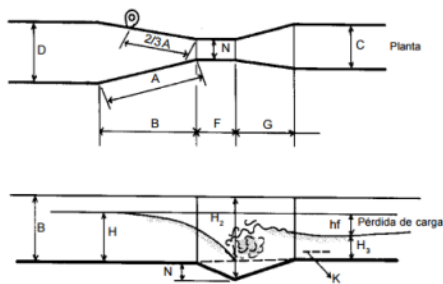
Los aceites o grasas serán almacenadas en canecas metálicas, las cuales serán entregadas a compañías de servicios autorizadas para su tratamiento y disposición final, los volúmenes entregados serán registrados y se obtendrá certificado de su adecuada disposición por terceros.

- **Sistema de mezcla rápida (coagulador)**

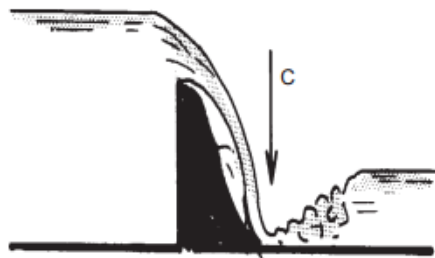
Una vez que al efluente se le retiran los sobrenadantes (grasas) se transporta a un sistema de mezcla rápida (Ej. Canaleta Parshall, Vertedero, entre otros) (Ver **Figura 7.48**) en donde se le adicionan los químicos y el coagulante al flujo, estos sistemas podrán ser construidos en cualquier material que permitan su correcto funcionamiento y no afecten al medio natural donde se instalen.

Los coagulantes son polímeros que permiten la floculación y decantación de partículas de menor tamaño, adicional a esto se realiza ajustes de pH y procesos de desinfección mediante la aplicación de hipoclorito de calcio (cal clorada).

Figura 7.48 sistemas de mezcla rápido típicos



Canaleta Parshall



Vertedero rectangular

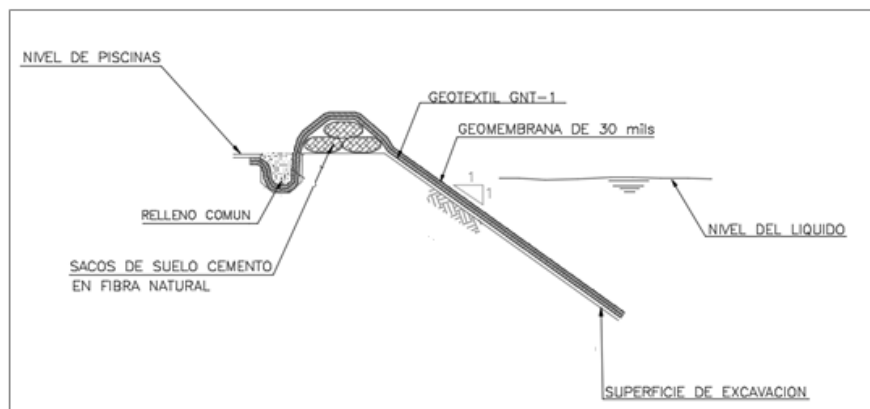
Fuente: Sistemas de mezcla rápida, lidia de Vargas, ajustado por GEOCOL CONSULTORES S.A, 2017.

- **Piscina de tratamiento (Sedimentador)**

Una vez el flujo sale del sistema de mezcla rápida se direcciona a la piscina de tratamiento donde por procesos de sedimentación, las partículas de mayor tamaño y los flocs se decantan.

Esta piscina estará impermeabilizada mediante una geomembrana y geotextil de alta densidad, la cual proteja la infiltración de residuos líquidos al suelo, se debe construir una barrera perimetral mediante sacos de suelo cemento los cuales anclaran y evitaran los movimientos de la geomembrana. (Ver **Figura 7.49**).

Figura 7.49 Sistemas de anclaje de piscina



Fuente: Consorcio SH..

- **Tanques de almacenamiento y salida**

Una vez el flujo cumple con las características y los parámetros fisicoquímicos para ser reutilizado en los procesos o para ser vertido, es almacenado en los tanques de almacenamiento desde donde se direcciona para las plantas de proceso o es enviado para ser vertido.

7.3.4 Vertimientos en cuerpos de agua.

Como se menciona a lo largo del presente documento, el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal está determinada a nivel hidrológico por los ríos Guaitara, Boquerón y Sapuyes, así como la quebrada Humeadora, lo cual brinda posibilidades para satisfacer necesidades específicas del proyecto, dadas las características de los cuerpos de agua. En este orden de ideas se propone, realizar la disposición final de las aguas residuales de tipo doméstico y no doméstico, en los sitios y caudales presentados en la **Tabla 7-54** y en la Figura 7.50, la época se determinó de acuerdo al análisis hidrológico de la línea base, teniendo en cuenta los caudales de estiaje, los cuales no presentan capacidad de asimilación.

Tabla 7-54 Franjas de vertimiento.

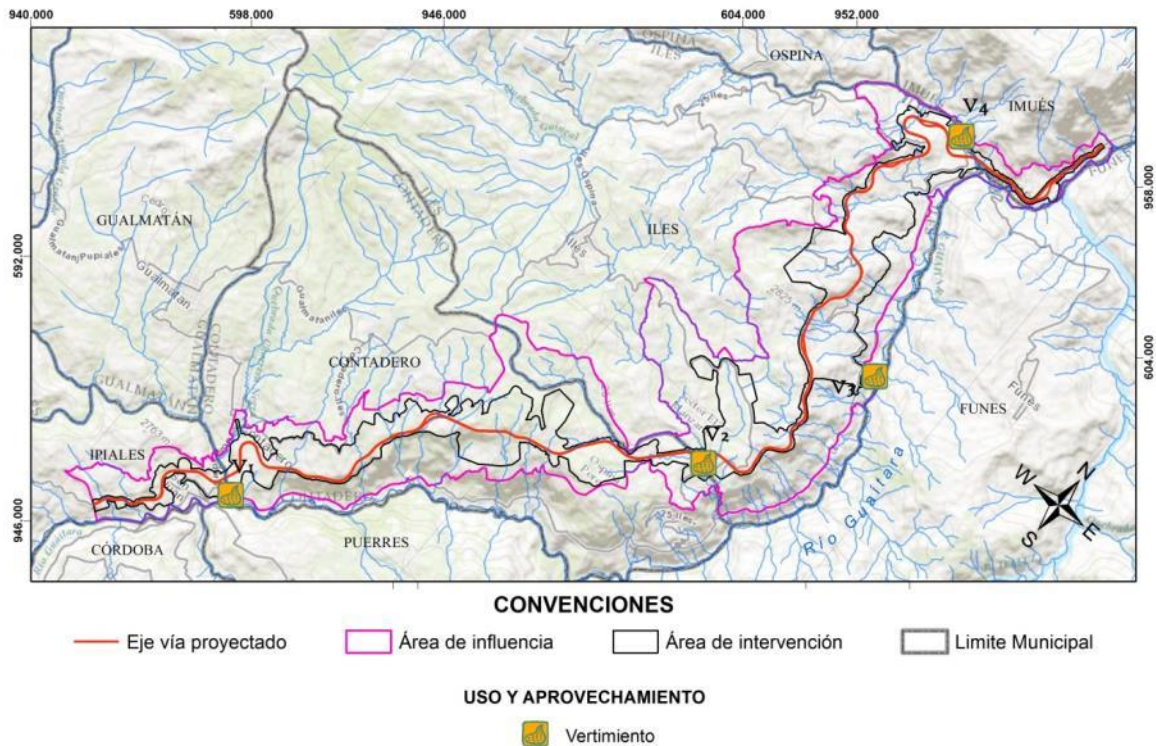
ID	FUENTE	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE		CAUDAL (L/s)	ÉPOCA
		ESTE	NORTE		
1	Río Boquerón (Campamento 1)	948589	590972	0.44	Todo el año
2	Quebrada La Humeadora (Campamento 2)	955074	597201	0.44	Temporada lluvia (feb – ago y oct – dic)

ID	FUENTE	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN OESTE		CAUDAL (L/s)	ÉPOCA
		ESTE	NORTE		
3	Río Guáitara (Campamento 1, 2 o 3)	956508	600552	0.44	Todo el año
4	Río Sapuyes (Campamento 3)	954844	605090	0.44	Todo el año

Fuente: Consorcio SH..

De acuerdo con la tabla anterior, se propone realizar los vertimientos de las aguas residuales tratadas del campamento 1 (San Juan) al río Boquerón, del campamento 2 (Iles) a la quebrada Humeadora y del campamento 3 (Mikel) al río Sapuyes, así mismo, en caso de cualquier eventualidad, de cualquier campamento se llevará al río Guáitara.

Figura 7.50 Localización de los sitios de vertimiento en fuente superficial.



Fuente: CONSORCIO SH.

Se propone realizar vertimiento directo en tres puntos (puntos 1, 2 y 4), inmediatamente adyacentes a tres puntos de captación propuestos (puntos 2, 3 y 7, respectivamente) y con un rango de movilidad de hasta 100 metros aguas arriba y aguas abajo de las coordenadas presentadas; el vertimiento se hará aguas abajo del punto ubicado para la captación. De acuerdo con lo expresado por la comunidad, en temporada seca (enero

y septiembre) en el punto de vertimiento 2 de la quebrada Humeadora y de acuerdo al análisis hidrológico realizado, no tendría caudal suficiente, por tal motivo se solicita el permiso de vertimiento para la época de lluvias (febrero – agosto y octubre – diciembre), en la cual no se presentaría ningún inconveniente.

La identificación de los sitios para el vertimiento se definió teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Fácil acceso
- Mínima afectación a la vegetación existente
- Caudal suficiente que garantice la asimilación del vertimiento
- Inventario de usos y usuarios del recurso

La descarga del vertimiento se realizará mediante manguera sumergida desde un carro tanque, el cual tendrá una capacidad que varía entre los 3.200 y 2.700 galones dependiendo del vehículo, o por línea de flujo desde los campamentos.

7.3.4.1 Capacidad de asimilación de los cuerpos receptores

La determinación de la capacidad de asimilación del cuerpo receptor (**Anexo 14. Uso y Aprovechamiento_Modelación de vertimientos**), se realizó con base en el Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010, el cual establece en el numeral 5, del Artículo 43 que se debe realizar *“Predicción a través de modelos de simulación de los impactos que cause el vertimiento en el cuerpo de agua y/o al suelo, en función de la capacidad de asimilación y dilución del cuerpo de agua receptor y de los usos y criterios de calidad establecidos en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico”*, entendiéndose como Capacidad de asimilación y dilución la *“Capacidad de un cuerpo de agua para aceptar y degradar sustancias, elementos o formas de energía, a través de procesos naturales, físicos químicos o biológicos sin que se afecten los criterios de calidad e impidan los usos asignados”*, de acuerdo al numeral 10 del Artículo 3 del mismo Decreto. De igual manera se tuvo en cuenta y la resolución 1514 de 2012, que establece el Plan de Gestión del Riesgo del Vertimiento (**Anexo 14. Uso y Aprovechamiento_Plan de Gestión de riesgo del vertimiento**).

7.4 OCUPACIONES DE CAUCES

El proyecto requiere la ocupación de un total de 166 cauces, distribuidos en 107 correspondientes a ocupaciones por la localización de sitios de cruce de cuerpos de agua superficial con respecto al trazado del Proyecto, vías industriales y ZODMES y 59 por las ocupaciones a realizar en diferentes clases de puntos de agua o su ronda hídrica para la ejecución de las obras del proyecto o la implementación de la medida de manejo ambiental definida por el estudio hidrogeológico.

Para el diseño de las obras que generarán ocupaciones de cauce, se ejecutaron estudios hidrológicos, hidráulicos y de socavación, los cuales se presentan en el **Anexo 2. Civil. 7. VOL VII – DRENAJE**. Estos estudios consistieron en:

- Análisis de la climatología, del régimen de precipitaciones y temperaturas que caracteriza la zona de estudio.

- Determinación de las intensidades de lluvia de cálculo a partir de los registros de las estaciones hidrometeorológicas existentes en el área de proyecto.
- Delimitación y caracterización de las cuencas o áreas tributarias que aportan escorrentía hacia el trazado de estudio.
- Estimación de los caudales máximos de las cuencas delimitadas.
- Diseño de las obras hidráulicas requeridas para la correcta evacuación de los caudales.
- Estudio de la capacidad hidráulica de las obras de drenaje existente y determinación de la actuación a realizar (ampliación de alcantarilla existente o sustitución).
- Diseño del drenaje de la corona y sus correspondientes elementos de drenaje longitudinal.
- Modelación hidráulica de las corrientes mayores de agua (ríos) así como los estudios de socavación.
- Revisión y complemento de los diseños de las obras de drenaje en concordancia con el diseño geométrico de la vía.
- Establecer las obras de drenaje especiales para el manejo de la escorrentía en las zonas de depósito de materiales sobrantes de la excavación, así como en todos aquellos sitios que el proyecto lo requiera.
- Diseño de medidas para la intervención de puntos de agua.

A continuación, se presentan los análisis de caudales ejecutados con la información disponible.

7.4.1 Análisis de caudales de diseño (estudio hidrológico).

Los cálculos de los caudales se han concentrado en función del tamaño de la cuenca vertiente:

- Para cuencas con una superficie inferior a 2.5 km² se calcularon los caudales a través del Método Racional.
- Para con cuencas con áreas de drenaje entre 2.5 y 20 km², los caudales se calcularon mediante la implementación del modelo HEC-HMS (*Hidrologic Modeling System*), del U.S. Army Corps of Engineers, basado en la aplicación de las teorías de los Hidrogramas Unitarios Sintéticos del SCS.
- Para las cuencas con áreas superiores a los 20 km², al igual que para las cuencas del grupo anterior, se calcularon los caudales mediante la modelización con HEC-HMS, sin embargo, en estos casos la superficie total se fragmentó en subcuencas, complementando el modelo mediante la aplicación del Método de Tránsito de Avenidas.
- Para cuencas de áreas superiores a 2.5 km², la estimación del caudal de cálculo se realizará mediante la aplicación de tres métodos: 1. método del hidrograma unitario de *Snyder* con tránsito de hidrogramas, 2. método del hidrograma unitario triangular y 3. aplicación de las teorías y métodos de predicción.

7.4.1.1 Método racional (cuencas < 2.5 km²).

El método racional supone que el caudal máximo es el generado por la lluvia de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, definiéndose un coeficiente de escorrentía estimado con base en el uso del suelo y los materiales de la zona donde se genera la escorrentía.

La ecuación general del método racional es:

$$Q_p = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Dónde:

Q_p = caudal (m^3/s).

C = coeficiente de escorrentía (adimensional).

I = intensidad de la lluvia (mm/h).

A = Área de la cuenca hasta el cruce con la vía (km^2).

7.4.1.1.1 Coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía se determina en función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y de otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía.

En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano y las variaciones previsibles del uso del suelo.

Para la estimación del valor del coeficiente de escorrentía, se ha consultado la cartografía, el estudio geotécnico y el mapa de cobertura y uso de la tierra (ver **Anexo 2. Civil numerales 7.1.2.4.4, 7.2.2.4.4, 7.2.2.4.4, 7.1.2.4.5, 7.2.2.4.5 y 7.3.2.4.5**), así como las visitas a la zona de proyecto, para determinar la textura del suelo, la topografía y la vegetación de las cuencas aferentes a la vía.

Para la determinación del coeficiente de escorrentía se utiliza la siguiente expresión, del Manual para Drenaje de Carreteras del INVIAS:

$$C = \left[\frac{(P_d - P_o)(P_d + 23P_o)}{(P_d + 11P_o)^2} \right]$$

Dónde:

C = Coeficiente de escorrentía.

P_d = Precipitación máxima puntual anual en 24 horas para un periodo de retorno específico, en milímetros (mm).

P_o = Parámetro que depende del uso y tipo de suelo, de la cobertura vegetal de la cuenca y de la humedad antecedente del suelo antes del aguacero de diseño, en milímetros (mm). El valor P_o se obtiene a partir de la siguiente expresión que lo relaciona con el número de curva de escurrimiento CN del método del *Soil Conservation Service*:

$$P_o = (5080 - 50.8 \text{ CN}) / \text{CN}$$

De esta manera, primeramente, se ha calculado la P_d , para los diferentes periodos de retorno.

Se ha realizado el ajuste estadístico con Gumbel y Log-Pearson, para las series de datos de las estaciones pluviométricas seleccionadas. Los resultados de los ajustes se encuentran en el **Anexo 2. Civil numerales 7.1.1, 7.2.1 y 7.3.1** y a continuación, en la **Tabla 7-55** se presenta un resumen. De los ajustes realizados, para todas las estaciones se ha seleccionado la distribución probabilística de Gumbel, que arroja valores superiores:

Tabla 7-55 Pd mm (resultados del ajuste de distribución probabilística de Gumbel).

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	ESTACIONES METEOROLÓGICAS				
	PUERRES	GUALMATÁN	SANTA ROSA POTOSÍ	AEROPUERTO SAN LUIS	IMUÉS
2	41.18	42.42	42.81	35.02	48.11
5	52.96	66.46	55.79	43.12	63.91
10	60.75	82.38	64.38	48.49	74.37
20	68.23	97.65	72.63	53.63	84.40
25	70.61	102.49	75.24	55.26	87.59
50	77.92	117.41	83.30	60.29	97.39
100	85.17	132.22	91.29	65.28	107.12

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Por otra parte, se estudiaron las características del suelo para determinar el número de curva.

En cuanto a la clasificación hidrológica del suelo, las áreas de estudio se clasifican dentro del grupo B (Moderadamente bajo potencial de escorrentía) (ver **Anexo 2. Civil. 3. VOL III - GEOLOGÍA**).

En cuanto a las coberturas del terreno, se distinguen mayoritariamente cultivos en mezcla de otras coberturas (con la información de campo, se observa la presencia mayoritaria de pasto en dicha cobertura de mezcla). Minoritariamente se distinguen zonas de bosques y vegetación de páramo. También, se distinguen áreas urbanas en las zonas pobladas.

De esta manera, según las tablas del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, se determinan los siguientes números de curva CN:

- Cultivos CN 75 (cultivos en hileras, curvas de nivel, buena).
- Pastos CN 79 (pasto, mala).
- Áreas Urbanas CN 79 (áreas urbanas totalmente desarrolladas (vegetación ya establecida). condición pobre (menos del 50% cubierto de pasto)).

Una vez establecidos los números de curva en función de la cobertura, se pasa al cálculo del coeficiente de escorrentía para cada periodo de retorno de estudio y estación de influencia. Los resultados se plasman en la **Tabla 7-56**.

Tabla 7-56 Coeficiente de escorrentía.

PUERRES						
			Coeficiente de escorrentía C			
			10	20	25	100
Pd (mm)			60.75	68.23	70.61	85.17
	CN	Po (mm)				
Cultivos	75	16.93	0.32	0.36	0.37	0.44
Pastos	79	13.50	0.40	0.44	0.45	0.52
Mezcla Cultivos/Pasto			0.36	0.40	0.41	0.48
Áreas Urbanas	79	13.50	0.40	0.44	0.45	0.52
GUALMATAN						
			Coeficiente de escorrentía C			
			10	20	25	100
Pd (mm)			82.38	97.65	102.49	132.22
	CN	Po (mm)				
Cultivos	75	16.93	0.43	0.49	0.50	0.59
Pastos	79	13.50	0.51	0.57	0.58	0.67
Mezcla Cultivos/Pasto			0.47	0.53	0.54	0.63
Áreas Urbanas	79	13.50	0.51	0.57	0.58	0.67
STA. ROSA POTOSI						
			Coeficiente de escorrentía C			
			10	20	25	100
Pd (mm)			64.38	72.63	75.24	91.29
	CN	Po (mm)				
Cultivos	75	16.93	0.34	0.38	0.40	0.46
Pastos	79	13.50	0.42	0.46	0.48	0.54
Mezcla Cultivos/Pasto			0.38	0.42	0.44	0.50
Áreas Urbanas	79	13.50	0.42	0.46	0.48	0.54
AEROPUERTO SAN LUIS						
			Coeficiente de escorrentía C			
			10	20	25	100
Pd (mm)			48.49	53.63	55.26	65.28
	CN	Po (mm)				
Cultivos	75	16.93	0.25	0.28	0.29	0.35
Pastos	79	13.50	0.32	0.36	0.37	0.43
Mezcla Cultivos/Pasto			0.29	0.32	0.33	0.39
Áreas Urbanas	79	13.50	0.32	0.36	0.37	0.43
IMUES						
			Coeficiente de escorrentía C			
			10	20	25	100
Pd (mm)			63.91	74.37	84.40	87.59
	CN	Po (mm)				
Cultivos	75	16.93	0.34	0.39	0.44	0.45
Pastos	79	13.50	0.42	0.47	0.52	0.53
Mezcla Cultivos/Pasto			0.38	0.43	0.48	0.49
Áreas Urbanas	79	13.50	0.42	0.47	0.47	0.52

Fuente: Consorcio SH, 2017.

- **Intensidad de lluvia.**

La intensidad de lluvia para el cálculo de caudales corresponde a la obtenida a partir de las curvas IDF para los periodos de retorno de diseño definido, y para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, entendiéndose éste como el tiempo requerido para que una gota de agua llegue desde el punto más remoto de la cuenca hasta la estación.

Los periodos de retorno de cálculo son los siguientes (ver **Tabla 7-57**):

Tabla 7-57 Periodos de retorno de cálculo.

ESTRUCTURA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)
Alcantarillas $\phi \leq 900$ mm	10
Alcantarillas $\phi > 900$ mm	20
Box Culvert	25
Puentes	100
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Drenaje subsuperficial	2

Fuente: Consorcio SH, 2017.

La estimación del tiempo de concentración se ha llevado a cabo mediante la fórmula de Kirpich. No obstante, se ha considerado un tiempo mínimo de concentración para todas las cuencas igual a 15 minutos, tal y como indica el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS.

La fórmula de Kirpich tiene la siguiente expresión:

$$T_c = 3.9780 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

Donde:

Tc= tiempo de concentración de la cuenca (min).

L= longitud del cauce principal (km).

S= pendiente total del cauce principal, igual a la caída total entre la longitud del cauce (m/m).

7.4.1.2 Método del Hidrograma Unitario del SCS (Cuencas 2.5 km² – 20 km²).

La determinación de los caudales de diseño de las cuencas con áreas de drenaje comprendidas entre 2.5 y 20 km² se llevó a cabo mediante la implementación del modelo HEC-HMS, basado en la aplicación de las teorías de los Hidrogramas Unitarios Sintéticos del SCS; Cabe anotar que, de las cuencas delimitadas en el proyecto de estudio, cuatro (4) tienen un área entre 2.5 y 20 km².

El programa HEC-HMS, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (Hydrologic Engineering Center), puede simular la respuesta que tendrá una cuenca en su escurrimiento superficial como producto de una precipitación.

Una vez introducidos en el modelo los parámetros físicos de las cuencas analizadas y la tormenta de diseño considerada, obtenida para cada estación siguiendo la metodología especificada en el numeral **7.4.1.6 Aplicación de las teorías y métodos de predicción**, del presente capítulo, el programa estima la lluvia neta, obteniéndose por tanto el hietograma neto generado por la tormenta de diseño.

Como parámetros de entrada al HEC-HMS para que el programa pueda realizar el cálculo mediante el método anteriormente mencionado, es preciso calcular el número de curva (CN).

La posterior transformación de la lluvia en escorrentía se ha realizado empleado el método del Hidrograma Unitario Sintético Curvilíneo del SCS, implementado por el HEC-HMS. Este método depende de un único parámetro, el tiempo de desfase (t_{lag}), definido como el desfase en tiempo entre el hietograma de lluvia producido por la tormenta y el hidrograma de respuesta de éste en cada hoya hidrográfica, calculado conforme a la siguiente expresión:

$$t_{lag} = \frac{L^{0.8} (2540 - 22.86 \cdot CN)^{0.7}}{(14104 \cdot CN^{0.7} \cdot Y^{0.5})}$$

Dónde:

t_{lag} = tiempo de desfase de la hoya hidrográfica (h).
 L= longitud del cauce principal (m).
 CN= número de curva de la hoya hidrográfica (adimensional).
 Y= pendiente total del cauce principal (m/m).

Cabe resaltar que el tiempo de desfase del hidrograma unitario así calculado se corresponde con el 60% del valor del tiempo de concentración obtenido mediante la Fórmula del Soil Conservation Service, SCS.

Una vez determinados todos los parámetros necesarios, se lleva a cabo la simulación hidrológica para la determinación del caudal de diseño a través del empleo del software HEC-HMS. El programa, puede simular la respuesta que tendrá una cuenca en su escurrimiento superficial como producto de una precipitación, brindando como resultado el caudal máximo probable.

7.4.1.2.1 Aplicación del Método del Hidrograma Unitario a las cuencas del proyecto.

En el caso del proyecto de estudio, la traza de la vía proyectada intercepta cuatro (4) cuencas con área comprendida entre 2.5 y 20 km²; de esa manera, el caudal de dichas cuencas se ha calculado mediante el Método del Hidrograma Unitario.

En la **Tabla 7-58** se muestran los parámetros de entrada de cada cuenca y en la **Tabla 7-59** se presentan los caudales máximos obtenidos en el punto de cierre a raíz de la modelización efectuada (ver **Anexo 2. Civil. Drenajes. Informe. Anexo N° 4. Resultados modelización HEC-HMS**).

Tabla 7-58 Datos de entrada al modelo del HEC-HMS.

SUBCUENCA		DATOS GEOMÉTRICOS RECORRIDO MÁS LARGO						TC (H)	TLAG (MIN)	NC
Cuenca	superficie (km ²)	Cota superior (m.s.n.m.)	Cota inferior (m.s.n.m.)	Desnivel (m)	Longitud (m)	Longitud (km)	Pendiente (m/m)			
C-29.2	4.98	3152	2675	477	6,299	6.300	0.076	0.74	91	75
C-29.4	4.04	3005	2675	330	3,850	3.850	0.086	0.48	58	75
C-31.9	8.01	3155	2585	570	8,494	8.495	0.067	0.97	122	75
C-37.1	6.54	3055	2115	940	5,073	5.074	0.185	0.44	48	75.6

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Tabla 7-59 Resultados modelización HEC-HMS.

CUENCA	SUPERFICIE (km ²)	Q 10 (m ³ /s)	Q 20 (m ³ /s)	Q 25 (m ³ /s)	Q 100 (m ³ /s)
C-29.2	4.98	7.2	9	9.6	-
C-29.4	4.04	7.3	9.2	9.9	-
C-31.9	8.01	12.2	15.3	16.4	-
C-37.1	6.54	16.5	20.9	22.5	49.7

Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.1.3 Método del Hidrograma Unitario del SCS con tránsito de hidrogramas (cuencas >20km²).

La determinación de los caudales de diseño de las cuencas con áreas de drenaje superiores a los 20 km² se lleva a cabo de forma análoga a cómo realizaría para las cuencas hidrográficas con superficies comprendidas entre los 2.5 y los 20 km², si bien la diferencia radica en que se ha realizado una fragmentación de las cuencas en subcuencas, y se ha evaluado la interrelación de los hidrogramas mediante el Método de Tránsito de Avenidas.

Una vez realizada la división de las cuencas hidrográficas, se introducen los distintos elementos que constituyen el modelo: subcuencas, nodos, tramos y sumideros (puntos finales de vertido de las cuencas). Tras definir el esquema básico de funcionamiento a partir de las interconexiones entre elementos, se ha procedido a introducir en el modelo los parámetros físicos de las subcuencas, estimándose la lluvia neta y la transformación de lluvia neta.

La fragmentación de las cuencas estudiadas en subcuencas más pequeñas interconectadas entre sí conlleva la realización del tránsito de hidrogramas para la obtención del caudal máximo probable en el punto de cierre de la cuenca, para lo cual se ha aplicado el Método de Tránsito de Avenidas. Este método se aplica para transitar el hidrograma obtenido en el punto de control de cada subcuenca hacia el próximo punto de control sobre el cauce principal de la hoya hidrográfica. El tránsito permite amortiguar los caudales a través del tiempo con el propósito de simular la condición del flujo en el cauce.

Una vez obtenidos los hidrogramas de las diferentes subcuencas y determinados los datos geométricos del cauce principal, se ha procedido a calcular la propagación de dichos hidrogramas, empleando a tal efecto el método de Muskingum, que implementa directamente el HEC-HMS, según el cual:

$$V_w = \frac{L}{K}$$

Donde:

V_w = velocidad de la onda (m/s).

L = longitud del cauce principal (m).

K = índice de almacenamiento (s). Determina el desfase entre el tiempo pico del hidrograma a transitar y el tiempo pico del hidrograma transitado.

La velocidad de la onda ha sido estimada a partir del producto de la velocidad media del cauce por la relación V_w/V , la cual es función de la forma del canal, que para el caso de cauces naturales toma un valor de 1.5. Asimismo, la velocidad media del cauce se obtuvo a partir de la ecuación de Manning, siendo la expresión empleada la siguiente.

$$V = K \cdot S^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad del cauce principal (fps).

K = constante de valor 2.1.

S = pendiente total del cauce principal (%).

Aplicando las formulaciones anteriormente expuestas se obtienen los valores de K para las cuencas objeto de estudio.

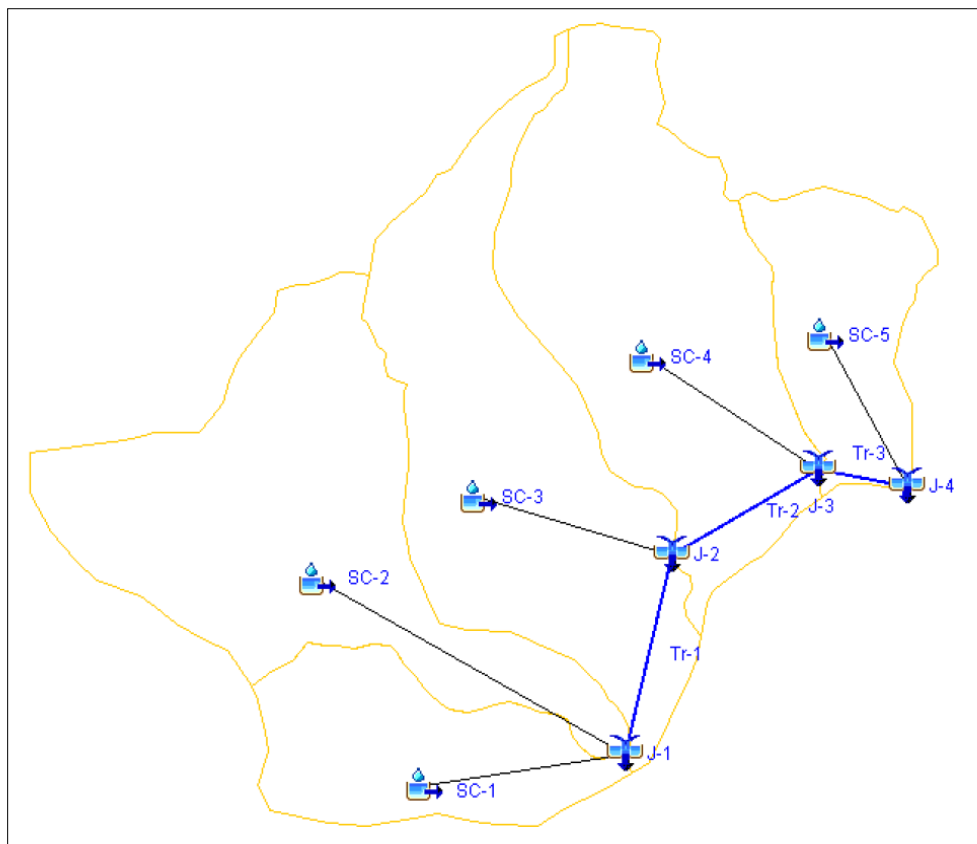
Además del índice de almacenamiento, para aplicar el Método de Muskingum, es necesario introducir el valor del factor de peso (X), el cual expresa la importancia relativa de las entradas y salidas del flujo al tramo en el almacenamiento del mismo. Su valor se ha obtenido por el método de las Lasadas, según el cual X oscila entre 0.10 y 0.30 en función de las características del cauce, empleándose para cauces naturales el valor promedio de 0.20.

Después de introducir en el HEC-HMS los parámetros necesarios para la aplicación del Método de Muskingum, se introduce en el modelo el hietograma de diseño correspondiente, realizando posteriormente la simulación hidrológica para la determinación del caudal de diseño.

7.4.1.3.1 Aplicación del Método del Hidrograma Unitario del SCS con tránsito de hidrogramas a la cuenca del Río Boquerón.

En el caso del proyecto de estudio, la traza de la vía proyectada cruza el Río Boquerón. La cuenca de dicho río a su paso por la traza de estudio tiene un área de aportación superior a 20 km². De esa manera, el caudal de dicha cuenca se ha calculado, por una parte, mediante el Método del Hidrograma Unitario del SCS con tránsito de hidrogramas (ver **Anexo 2. Civil numeral 7.1.1**). En la **Figura 7.51** se presenta la configuración de conexiones en HEC – HSM para la cuenca del río Boquerón.

Figura 7.51 Configuración de conexiones en HEC – HSM para la cuenca del río Boquerón.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

En la **Tabla 7-60** y en la **Tabla 7-61** se presentan los datos de entrada al modelo HEC – HSM para el río Boquerón, para sus subcuencas y los tramos simulados, tal como se presentó en la **Figura 7.51**.

Tabla 7-60 Datos de entrada al modelo del HEC – HMS para el río Boquerón - Cuencas.

CUENCA	SUPERFICIE (km ²)	COTA SUPERIOR (m.s.n.m.)	COTA INFERIOR (m.s.n.m.)	DESNIVEL (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (m/m)	CN	Tc	Tlag
SCB-01	25,81	2950	2770	180	11165	0,016	75	2,08	310,85
SCB-02	56,72	3200	2770	430	15780	0,027	75	2,22	315,34
SCB-03	59,31	3500	2600	900	21666	0,042	75	2,41	329,12
SCB-04	58,61	3500	2425	1075	19454	0,055	75	1,99	261,80
SCB-05	14,87	3300	2400	900	9584	0,094	75	0,94	113,99

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Tabla 7-61 Datos de entrada al modelo del HEC – HMS para el río Boquerón – Tramos.

TRAMO		DATOS GEOMÉTRICOS CAUCE					Vw (m/s)	V(m/s)	Vw/V	PARÁMETROS DE MUSKINGUM K(h)	PARÁMETROS DE MUSKINGUM (X)	SUBTRAMOS
		LONGITUD (m)	HMA X (m)	HMIN (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (m/m)						
Tramo 1	Tr-1	9175	2770	2600	170	0,019	1,36	0,90	1,5	1,88	0,2	99
Tramo 2	Tr-2	3441	2600	2425	175	0,051	2,25	1,50	1,5	0,43	0,2	61
Tramo 3	Tr-3	2501	2425	2400	25	0,010	1,00	0,66	1,5	0,70	0,2	15

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Respecto a las características de las subcuencas a efectos de estimación del NC, la cobertura vegetal y usos del suelo que se distinguen corresponden mayoritariamente con cultivos en mezcla de otras coberturas por lo que estipula el NC asociado a “Cultivos”. A continuación, en la **Tabla 7-62** se presentan los resultados de la simulación ejecutada mediante el Método del Hidrograma Unitario del SCS con tránsito de hidrogramas del río Boquerón.

Tabla 7-62 Resultados del cálculo de caudales del río Boquerón.

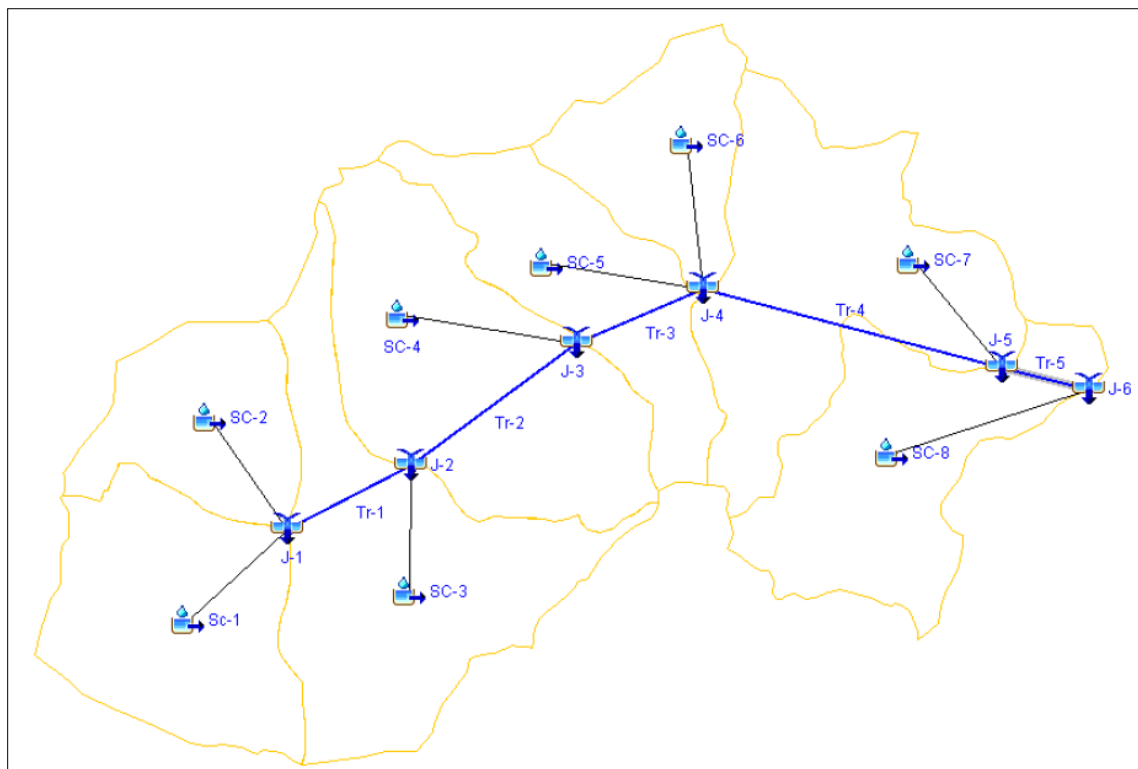
CUENCA	Q ₁₀ (m³/s)	Q ₁₀₀ (m³/s)
Río Boquerón	109.5	234

Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.1.3.2 Aplicación del Método del Hidrograma Unitario con tránsito de hidrogramas a la cuenca del Río Sapuyes.

En el caso del proyecto de estudio, la traza de la vía proyectada cruzará el Río Sapuyes. La cuenca de dicho Río a su paso por la traza de estudio tiene un área de aportación superior a 20 km². De esa manera, el caudal de dicha cuenca se ha calculado mediante el Método del Hidrograma Unitario con tránsito de hidrogramas (ver **Anexo 2. Civil. numeral 7.3.1**). En la **Figura 7.52** se presenta la configuración de conexiones en HEC – HSM para la cuenca del río Boquerón.

Figura 7.52 Configuración de conexiones en HEC – HSM para la cuenca del río Sapuyes.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

En la **Tabla 7-63** y en la **Tabla 7-64** se presentan los datos de entrada al modelo HEC – HSM para el río Boquerón, para sus subcuencas y los tramos simulados, tal como se presentó en la **Figura 7.52**.

Tabla 7-63 Datos de entrada al modelo del HEC – HMS para el río Sapuyes - Cuencas.

SUBCUENCA		DATOS GEOMÉTRICOS RECORRIDO MÁS LARGO						T _c (h)	T _{lag} (min)	NC
CUENCA	SUPERFICIE (km ²)	COTA SUPERIOR (m.s.n.m.)	COTA INFERIOR (m.s.n.m.)	DESNIVEL (m)	LONGITUD (m)	LONGITUD (km)	PENDIENTE (m/m)			
SC-01	69.69	3550	3025	525	12035	12.03	0.044	1.50	198.94	75.30
SC-02	32.54	3750	3025	725	11277	11.27	0.064	1.23	180.52	69.96
SC-03	90.94	3350	3000	350	12422	12.42	0.028	1.82	243.01	76.80
SC-04	81.57	4005	2925	1080	11521	11.52	0.094	1.08	129.17	75.80
SC-05	60.96	3825	2850	975	12636	12.63	0.077	1.25	156.88	75.00
SC-06	34.21	3450	2850	600	8996	8.99	0.067	1.02	128.58	75.00

SUBCUENCA		DATOS GEOMÉTRICOS RECORRIDO MÁS LARGO						T _c (h)	T _{lag} (min)	NC
CUENCA	SUPERFICIE (km ²)	COTA SUPERIOR (m.s.n.m.)	COTA INFERIOR (m.s.n.m.)	DESNIVEL (m)	LONGITUD (m)	LONGITUD (km)	PENDIENTE (m/m)			
SC-07	79.74	3475	1950	1525	16435	16.43	0.093	1.43	176.54	75.00
sc-08	64.66	3400	1780	1620	15134	15.13	0.107	1.27	150.35	75.80

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Tabla 7-64 Datos de entrada al modelo del HEC – HMS para el río Sapuyes – Tramos.

TRAMO		DATOS GEOMÉTRICOS CAUCE					V _w (m/s)	V (m/s)	V _w /V	PARÁMETRO S DE MUSKINGUM K(h)	PARÁMETRO S DE MUSKINGUM (X)	SUBTRAMOS
		LONGITU D (m)	HMA X (m)	HMI N (m)	DESNIVE L (m)	PENDIENT E (m/m)						
Tramo 1	Tr-1	5630	3025	3000	25	0.004	0.66	0.44	1.5	2.36	0.2	99
Tramo 2	Tr-2	6591	3000	2925	75	0.011	1.06	0.71	1.5	1.72	0.2	99
Tramo 3	Tr-3	4635	2925	2850	75	0.016	1.27	0.84	1.5	1.02	0.2	99
Tramo 4	Tr-4	12736	2850	1950	900	0.071	2.65	1.77	1.5	1.34	0.2	99
Tramo 5	Tr-5	3083	1950	1780	170	0.055	2.34	1.56	1.5	0.37	0.2	28

Fuente: Consorcio SH, 2017.

A continuación, en la **Tabla 7-65** se presentan los resultados de la simulación ejecutada mediante el Método del Hidrograma Unitario del SCS con tránsito de hidrogramas del río Sapuyes.

Tabla 7-65 Resultados del cálculo de caudales del río Sapuyes.

CUENCA	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
Río Sapuyes	306.9	709.9

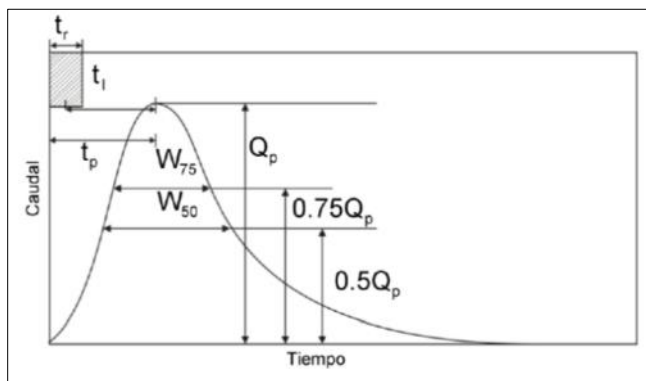
Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.1.4 Método del Hidrograma Unitario de Snyder con tránsito de hidrogramas (cuencas > 2.5 km²).

En el análisis del estudio se encontraron que las cuencas del río Boquerón, C-29.2, C-29.4, C-31.9, C-37.1, y del río Sapuyes cuentan con un área mayor a 2.5 km²; de esta manera, para estas cuencas, el caudal se estimará también mediante la aplicación del Método del Hidrograma Unitario de Snyder con tránsito de hidrogramas, al tratarse a su vez de una cuenca con área superior a 20 km².

En 1938 Snyder introdujo el concepto del Hidrograma Unitario Sintético, conduciendo a la una serie de formulación para estimar el caudal pico (ver **Figura 7.53**).

Figura 7.53 Hidrograma unitario de Snyder.



Fuente: Manual de drenaje para carreteras. INVÍAS, 2009.

La descripción y justificación completa de la formulación del método, se encuentra en el apartado **2.5.5.5.3. del Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías**.

El programa HEC-HMS, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (Hydrologic Engineering Center), permite realizar la modelización del Hidrograma Unitario de Snyder, al igual que la modelización del Hidrograma Unitario del SCS.

7.4.1.4.1 Aplicación del método del hidrograma unitario de Snyder con tránsito de hidrogramas a las cuencas: río Boquerón, C-29.2, C-29.4, C-31.9, C-37.1 y río Sapuyes.

El caudal del río del Boquerón se ha calculado también mediante el método del hidrograma unitario de Snyder con tránsito de hidrogramas, con los parámetros de diseño de T_{lag} y un Coeficiente de Pico estimado de 0.6. Una vez realizada la simulación se han obtenido los resultados presentados en la **Tabla 7-66** y en la **Tabla 7-67**.

Tabla 7-66 Caudales de cálculo (Método del Hidrograma Unitario de Snyder con tránsito de hidrogramas) del río Boquerón y del río Sapuyes.

CUENCA	Q_{10} (m ³ /s)	Q_{100} (m ³ /s)
Río Boquerón	94	200.6
Río Sapuyes	339.3	708.1

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Tabla 7-67 Caudales de cálculo (Método del Hidrograma Unitario de Snyder con tránsito de hidrogramas) – Cuencas C-29.2, C-29.4, C-31.9 y C-37.1.

CUENCA	SUPERFICIE (km ²)	Q_{10} (m ³ /s)	Q_{20} (m ³ /s)	Q_{25} (m ³ /s)	Q_{100} (m ³ /s)
C-29.2	4.98	6.5	8.2	8.8	-
C-29.4	4.04	7.2	9.2	9.9	-

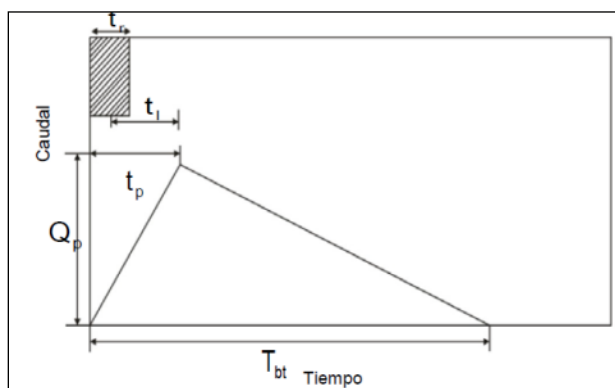
CUENCA	SUPERFICIE (km ²)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₂₀ (m ³ /s)	Q ₂₅ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
C-31.9	8.01	10.7	13.5	14.5	-
C-37.1	6.54	15.8	20	21.6	47.5

Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.1.5 Método del Hidrograma Unitario Triangular (Cuencas > 2.5 km²).

En el análisis del estudio se encontraron que las cuencas del río Boquerón, C-29.2, C-29.4, C-31.9 C-37.1 y del río Sapuyes cuentan con un área mayor a 2.5 km²; de esta manera, de esta manera para estas cuencas, el caudal se estimará también mediante la aplicación del Método del Hidrograma Triangular. Se trata de la metodología más simplificada para llegar a estimar el caudal pico en una hoya hidrográfica (ver **Figura 7.54**).

Figura 7.54 Hidrograma unitario triangular.



Fuente: Manual de drenaje para carreteras. INVÍAS, 2009.

La descripción y justificación completa de la formulación del método, se encuentra en el apartado **2.5.5.5.3. del Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías**.

7.4.1.5.1 Aplicación del Método del Hidrograma Unitario Triangular a las cuencas del río Boquerón, C-29.2, C-29.4, C-31.9, C-37.1 y del río Sapuyes.

Los caudales del río Boquerón y de las cuencas C-29.2, C-29.4, C-31.9 y C-37.1 se han calculado también mediante el método del hidrograma unitario triangular, con los parámetros presentados en la **Tabla 7-68**.

Tabla 7-68 Parámetros para método del hidrograma unitario triangular.

PARÁMETRO	BOQUERÓN	C-29.2	C-29.4	C-31.9	C-37.1	SAPUYES
Longitud del cauce (km)	15117	6.3	3.85	8.49	5.07	36
Cota máxima (m)	2770	3152	3005	3155	3055	4005

PARÁMETRO	BOQUERÓN	C-29.2	C-29.4	C-31.9	C-37.1	SAPUYES
Cota mínima (m)	2400	2675	2675	2585	2115	1780
Superficie (km2)	213.3	4.98	4.03	8.00	6.54	514.3
Precipitación T ₁₀ (mm)	82.38	60.75	60.75	74.37	74.37	68.21
Precipitación T ₁₀₀ (mm)	132.22	85.17	85.17	107.12	107.12	99.59

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Una vez realizada el cálculo se han obtenido los resultados presentados en la **Tabla 7-69**.

Tabla 7-69 Caudales de cálculo (método del hidrograma unitario triangular).

CUENCA	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
Río Boquerón	273.93	439.7
C-29.2	5.06	7.09
C-29.4	4.14	5.81
C-31.9	9.83	14.17
C-37.1	8.25	11.88
Río Sapuyes	527.58	770.29

Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.1.6 Aplicación de las teorías y métodos de predicción.

Los hietogramas proporcionan mayor precisión que una intensidad de lluvia constante para una precipitación que varía en el tiempo, siendo una transformación de su curva de masa, que es dividida en intervalos de tiempo. Los hietogramas han sido elaborados para la determinación del caudal máximo por el método del Hidrograma Unitario (SCS y Snyder), por lo que se aplicarán únicamente para cuencas con una superficie de aportación superior a los 2.5 km².

En primer lugar, se ha estimado la duración de la tormenta de diseño, dividiéndose posteriormente el aguacero en bloques constantes en función de su duración total. Partiendo de los datos de las curvas intensidad-duración-frecuencia elaboradas para las estaciones seleccionadas, se calculó la precipitación acumulada para el periodo temporal considerado, para, finalmente, determinar los incrementos de precipitación para cada intervalo. Por último, estos incrementos fueron arreglados con el fin de presentar un patrón más crítico del aguacero puntual del que normalmente se obtiene tomando las curvas intensidad-duración-frecuencia en su forma natural. De esta manera, el menor valor de los incrementos se colocó en el primer intervalo de tiempo, el segundo valor en magnitud se ubicó en el último intervalo, el tercer valor en orden creciente se colocó en el segundo intervalo, el cuarto valor en magnitud en el penúltimo intervalo, y así sucesivamente. Este arreglo produce una situación teórica más crítica del aguacero puntual de diseño.

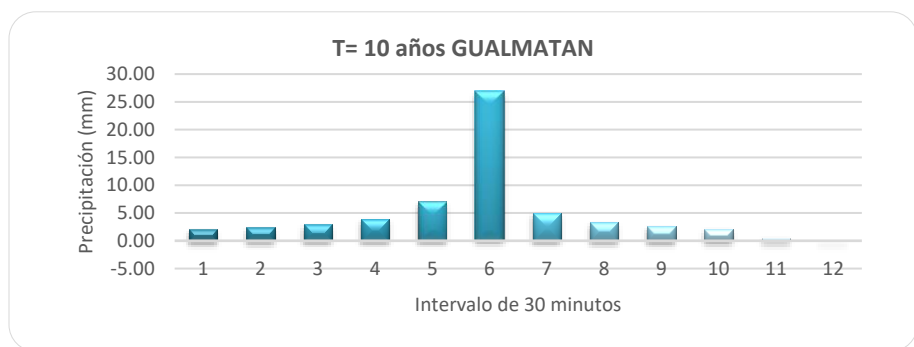
7.4.1.6.1 Hietogramas aplicados para el método Hidrograma Unitario (SCS y Snyder) con tránsito de hidrogramas.

Para cuencas con un área aferente superior a los 20 km², en las que se ha aplicado el Método del Hidrograma Unitario (SCS y Snyder) con tránsito de hidrogramas, se ha tomado una duración del aguacero de 6 horas

como el más crítico normal que ocurre en el área de estudio contemplándose de este modo la totalidad del valor del aguacero en 24 horas para un periodo de retorno de 10 y 100 años en las estaciones consideradas.

Los hietogramas (de bloques de 30 min) se han obtenido a partir de la precipitación máxima en 24 horas con la que se construye las curvas IDF con la formulación que aplica una serie de factores en función de la región de estudio.

Figura 7.55 Estación Gualmatan. Hietograma para T=10 años.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.56 Estación Gualmatan. Hietograma para T=100 años.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.57 Estación Aeropuerto San Luis. Hietogramas para T=10 años.



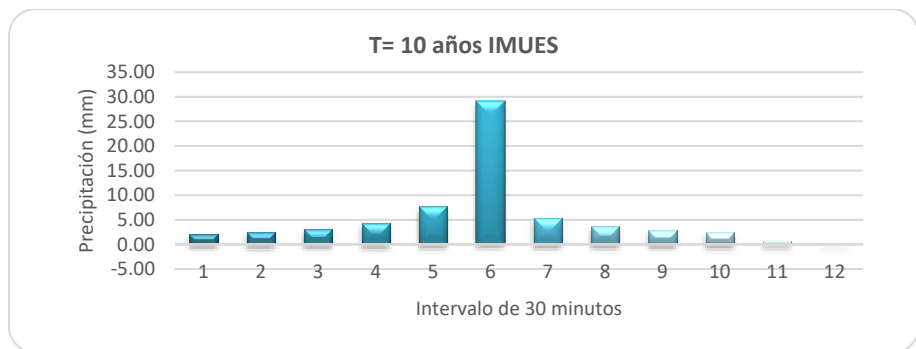
Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.58 Estación Aeropuerto San Luis. Hietogramas para T=100 años.



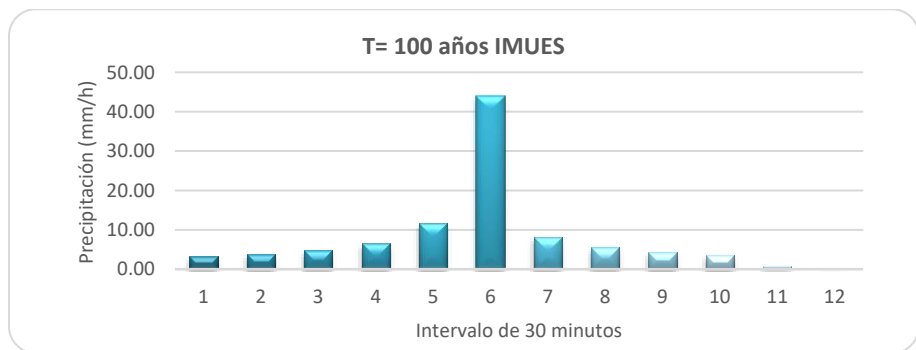
Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.59 Estación Imués. Hietogramas para T=10 años.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.60 Estación Imués. Hietogramas para T=100 años.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.2 Localización de ocupaciones de cauce y obras a construir.

En la **Tabla 7-70**, se presenta en tipo de obras a construir y la localización de sitios de cruce de cuerpos de agua superficial con respecto al trazado del Proyecto Vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal, de los cuales se solicita permiso de ocupación de cauce. Las ocupaciones de cauce se solicitan con un rango de movilidad 50 m aguas arriba y 50 m aguas abajo, respecto al punto requerido. Por su parte la **Tabla 7-71** presenta las ocupaciones de cauce a realizar en diferentes clases de puntos de agua para la construcción o implementación de la medida de manejo ambiental definida por el estudio hidrogeológico y en especial el modelo matemático hidrogeológico y que se intervendrán por la construcción del proyecto. En el **Anexo 19. Análisis Hidrogeología**, se reportan el estudio hidrogeológico, el modelo matemático y los puntos de agua registrados en el área de intervención del proyecto vial.

Tabla 7-70 Localización de puntos de ocupación de cauce.

N°	TIPO INTERVENCIÓN ⁽¹⁾			ID OCUPACIONES DE CAUCE	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA	DIMENSIÓN	LONGITUD (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS		DESVÍO DE CAUCE
	DC	AI	Z							X	Y	
1	✓			OCT001	16+120	Box culvert	2m x 2m	27,89	NN001	946805,89	589398,60	-
2	✓			OCT002	16+508	Box culvert	3m X 2m	29,937	NN002	947136,49	589601,28	-
3	✓			OCT003	16+840	Tubería	0,9m	29,24	NN003	947314,30	589763,91	-
4	✓			OCT004	18+700 – 18+960	Puente Boquerón	-	260	Río Boquerón	948305,19	591154,26	-
5	✓			OCT005	19+512	Box culvert	2m X 2m	29,74	NN004	948208,83	591728,68	✓
	✓									948196,02	591672,07	
6	✓			OCT006	19+777	Box culvert	2m X 2m	23,04	NN004	948187,14	591965,63	✓
	✓									948220,34	591855,56	
7	✓			OCT007	20+259	Tubería	0,9m	31,56	NN005	948624,26	591825,14	-
8	✓			OCT008	20+573	Box culvert	1.5m X 1.5m	33,33	NN006	948913,40	591910,12	-
9	✓			OCT009	20+831	Box culvert	3m X 3m	26,49	Q. Yamurayán	949113,41	592091,26	✓
	✓									949127,40	592018,69	
10	✓			OCT010	21+585	Tubería	0,9m	21,24	NN007	949787,12	592382,85	-
11	✓			OCT011	22+428	Box culvert	3m X 3m	72,868	Q. San Francisco	950015,34	593110,73	✓
	✓									950114,14	593025,86	
12	✓			OCT012	23+157	Box culvert	2m X 2m	21,84	Q. Cuayarín	950194,72	593793,67	✓
	✓									950247,10	593765,78	
13	✓			OCT013	23+370	Box culvert	1.5m X 1.5m	25,373	Q. Honda	950314,15	593980,94	✓
	✓									950374,80	593891,31	
14	✓			OCT014	23+843	Tubería	0,9m	52,4	NN013	950469,97	594385,33	✓
	✓									950543,59	594370,87	
15	✓			OCT015	24+138	Box culvert	3m X 2m	33,212	NN014	950620,69	594696,08	✓
	✓									950637,43	594606,59	
16	✓			OCT016	24+315	Box culvert	2m X 2m	51,092	Q. El Culantro	950802,92	594763,70	✓
	✓									950744,57	594687,96	
17	✓			OCT017	24+523	Box culvert	2m X 2m	31,77	Q. La Cueva	950992,76	594816,34	✓
	✓									951044,74	594557,24	
18	✓			OCT018	25+331	Tubería	1,2m	25,11	NN015	951672,73	595169,03	✓
	✓									951740,30	595140,02	

N°	TIPO INTERVENCIÓN ⁽¹⁾			ID OCUPACIONES DE CAUCE	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA	DIMENSIÓN	LONGITUD (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS		DESVÍO DE CAUCE
	DC	AI	Z							X	Y	
19	✓			OCT019	25+589	Tubería	1,2m	39,35	NN016	951905,92	595283,39	-
20	✓			OCT020	25+952	Tubería	1,2m	35,48	NN017	952244,20	595412,78	-
21	✓			OCT021	0+133	Tubería	0,9m	8,31	NN018	952632,48	595515,52	-
22	✓			OCT022	26+440	Tubería	0,9m	49,97	NN018	952656,66	595518,54	✓
	✓									952733,97	595467,75	
23	✓			OCT023	26+805	Tubería	0,9m	42,33	NN019	952988,49	595729,39	✓
	✓									953033,60	595906,08	
24	✓			OCT024	27+312	Tubería	1,2m	31,17	NN020	953252,74	596183,28	-
25	✓			OCT025	27+387	Tubería	0,9m	30	NN021	953303,05	596232,71	-
26	✓			OCT026	28+400	Canal	3m x 1,5m	408	NN022	954181,75	596541,02	✓
27	✓			OCT027					NN022	954448,85	596800,03	
28	✓			OCT028	29+212	Box culvert	3m X 2m	127,96	Q. Los Arrayanes	954735,68	597198,23	-
29	✓			OCT029	29+437	Box culvert	3m X 2m	94,53	Q. El Manzano	954887,39	597374,46	-
	✓									954936,42	597285,58	
30	✓			OCT030	29+594	Box culvert	3m X 2m	84,02	NN024	955040,86	597418,44	-
31	✓			OCT031	29+756	Box culvert	3m X 2m	82	Q. Urbano	955165,67	597539,83	✓
	✓									955197,70	597455,95	
32	✓			OCT032	29+966	Tubería	0,9m	32,95	NN025	955433,15	597522,24	-
33	✓			OCT033	30+880	Tubería	0,9m	22,73	Zanja Chorrera Negra	955778,48	598061,95	-
34	✓			OCT034	31+746	Tubería	1,2m	24,25	Zanja Chorrera Chiquita	955968,90	598708,24	-
35	✓			OCT035	31+950	Box culvert	4m X 2m	28,08	Q. La Llave Moledores	955945,94	598899,66	✓
	✓									956020,42	598963,48	
36	✓			OCT036	32+243	Tubería	0,9m	27,8	NN026	955938,07	599182,28	-
37	✓			OCT037	33+259	Tubería	0,9m	59	NN027	955348,21	599964,56	-
38	✓			OCT038	33+322	Tubería	0,9m	28,62	NN028	955291,42	599986,18	-
39	✓			OCT039	33+770	Box culvert	1.5m X 1.5m	39,8	Q. El Tablón	954977,80	600270,06	-

N°	TIPO INTERVENCIÓN ⁽¹⁾			ID OCUPACIONES DE CAUCE	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA	DIMENSIÓN	LONGITUD (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS		DESVÍO DE CAUCE
	DC	AI	Z							X	Y	
40	✓			OCT040-1	33+868	Box culvert	1.5m X 1.5m	30,79	NN029	954891,43	600341,85	✓
	✓			OCT040-2						954967,07	600396,69	
41	✓			OCT041	34+012	Box culvert	1.5m X 1.5m	23,32	NN030	954876,34	600490,72	✓
	✓									954907,09	600505,19	
42	✓			OCT042	34+106	Tubería	1,2m	27,34	NN031	954838,89	600573,84	✓
	✓									954885,50	600603,80	
43	✓			OCT043	34+351	Box culvert	1.5m X 1.5m	25,16	NN032	954844,20	600826,78	-
44	✓			OCT044	34+566	Tubería	0,9m	24,5	NN033	954838,93	601037,23	✓
45	✓			OCT045					NN034	954910,05	601037,18	
46	✓			OCT046	34+663	Tubería	0,9m	23,53	NN035	954927,16	601126,47	-
47	✓			OCT047	34+685	Tubería	0,9m	25,83	NN036	954914,71	601156,12	✓
48	✓			OCT048					NN037	954912,33	601176,25	
49	✓			OCT049	34+814	Tubería	0,9m	24,18	NN038	954972,51	601142,96	✓
	✓									954985,81	601269,71	
50	✓			OCT050	34+939	Tubería	0,9m	24,53	NN039	955045,56	601220,15	-
51	✓			OCT051	35+732	Box culvert	3m X 2m	30,81	NN040	955094,26	601341,66	-
52	✓			OCT052-1	36+002	Box culvert	6.5m X 3.5m	22,31	Q. San Francisco - Q. La Batea	954849,06	601989,04	✓
	✓			OCT052-2					Q. San Francisco	954623,81	602041,03	
53	✓			OCT053	36+053	Tubería	1,2m	22,33	NN041	954612,68	602104,55	-
54	✓			OCT054	36+304,35 – 36+847,85	Puente El Tablón Alto	-	243,5	NN042	954587,91	602146,23	-
55	✓			OCT055	36+751	Box culvert	2m X 2m	38,14	NN043	954279,74	602330,47	-
56	✓			OCT056	36+878	Tubería	0,9m	25,04	NN044	954129,45	602599,67	-
57	✓			OCT057	37+070 – 37+290	Puente Quebrada Macal	-	220	Q. El Macal	954026,20	602664,96	-
58	✓			OCT058					NN046	953947,84	602928,31	
59	✓			OCT059	37+471	Tubería	1,2m	22,59	NN047	953960,59	602957,21	-
										954133,37	603157,39	-

N°	TIPO INTERVENCIÓN ⁽¹⁾			ID OCUPACIONES DE CAUCE	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA	DIMENSIÓN	LONGITUD (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS		DESVÍO DE CAUCE
	DC	AI	Z							X	Y	
60	✓			OCT060	37+927	Box culvert	2m X 2m	47,11	NN048	954040,72	603588,21	-
61	✓			OCT060-1	38+300	Tubería	0,9m		NN049	954206,40	603960,43	✓
	✓			OCT060-2						954286,34	603689,43	
62	✓			OCT061	38+576 – 38+801	Puente Vereda El Porvenir	-	225	NN050	954458,46	604263,33	-
63	✓			OCT062	39+651	Box culvert	2m X 2m	20,81	Q. Saraconcha	953919,23	604492,69	✓
64	✓			OCT063					NN052	953910,75	604498,20	
65	✓			OCT064					Q. Saraconcha	953916,06	604522,86	
66	✓			OCT065	39+679	Box culvert	3m X 2m	34,72	Q. Chorrera Negra	953898,07	604534,67	-
67	✓			OCT066	40+037	Box culvert	3m X 3m	85,14	Q. Saraconcha	953954,33	604901,51	-
	✓									953964,69	604771,34	
68	✓			OCT069	0+074	Box culvert	1.5m X 1.5m	25,05	NN053	955423,81	604895,55	-
69	✓			OCT068	0+146	Tubería	1,2m	72,09	NN053	955477,04	605026,90	✓
	✓									955432,97	604911,25	
70	✓			OCT067	41+560 – 41+760	Puente Río Sapuyes	-	200	Río Sapuyes	955315,41	604941,56	-
71	✓			OCT070	43+432	Box culvert	2m X 2m	17,03	NN054	956767,60	605384,56	-
72	✓			OCT071	43+870	Box culvert	3m X 3m	24,38	NN055	956746,90	605816,78	✓
	✓									956789,34	605807,93	
73	✓			OCT072	44+376	Box culvert	2m X 2m	27,25	NN056	956885,63	606295,22	-
74	✓			OCT073	44+695	Tubería	0,9 m	23,24	NN057	956991,56	606581,94	-
75		✓		OCA001a	K19+140 MD	Badén	36"	-	NN005	948723,09	591142,11	-
76		✓		OCA001b	K19+140 MD	Badén	36"	-	NN005a	948860,67	591285,92	-
77		✓		OCA002	K19+350 MI	Prolongación de alcantarilla existente	-	-	NN004	948202,84	591650,41	-

N°	TIPO INTERVENCIÓN ⁽¹⁾			ID OCUPACIONES DE CAUCE	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA	DIMENSIÓN	LONGITUD (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS		DESVÍO DE CAUCE
	DC	AI	Z							X	Y	
78		✓		OCA003	K22+400 MI	Badén	36"	-	Q. San Francisco	949977,35	593159,50	-
79		✓		OCA004	K22+370 MI	Badén	36"	-	Q. San Francisco	949793,85	593218,88	-
80		✓		OCA005	K24+100 MD	Badén	36"	-	Q. El Culantro	950645,88	594585,77	-
81		✓		OCA006	K24+100 MI	Tubería	-	-	Q. El Culantro	950738,71	595197,88	-
82		✓		OCA007	K26+300 MI	Tubería	-	-	NN018	952612,89	595586,78	-
83		✓		OCA007A	K26+300 MI	Tubería	-	-	NN018	952601,00	595604,12	-
84		✓		OCA008	K31+100 MI	Tubería	-	-	Q. Urbano	954646,68	598602,73	-
85		✓		OCA009	K35+600 MI	Prolongación de alcantarilla existente	-	-	NN040	954741,01	601608,35	-
86		✓		OCA010	K35+700 MD	Badén	36"	-	NN040	954999,79	602370,08	-
87		✓		OCA011 ⁽²⁾	K36+000 MI	Tubería	-	-	Q. San Francisco	954425,39	601895,43	-
88		✓		OCA013	K36+400 MD	Tubería	-	-	NN042	954288,38	602350,61	-
89		✓		OCA014	K36+400 MD	Prolongación de alcantarilla existente	-	-	NN042	954406,77	602560,45	-
90		✓		OCA015	K36+200 MD	Badén	36"	-	NN042	954723,59	602706,07	-
91		✓		OCA016	K36+750 MD	Badén	36"	-	NN043	954140,82	602808,61	-
92		✓		OCA017	K36+750 MD	Badén	36"	-	NN044	954115,04	602823,19	-
93		✓		OCA018 ⁽²⁾	K37+700 MD	Tubería	-	-	NN045	954053,40	602857,92	-
94		✓		OCA020	K38+450 MD	Badén	36"	-	NN049	954429,07	603991,03	-
95		✓		OCA021	K38+650 MI	Prolongación de alcantarilla existente	-	-	NN050	954371,39	604319,02	-
96		✓		OCA022	K41+500 MI	Badén	-	-	Río Sapuyes	955246,07	604968,34	-
97			✓	OCZ001	K22+700 Z1-16B	Filtro longitudinal	-	263,54	NN012	949913,72	593241,59	-
98			✓	OCZ002 ⁽³⁾	K30+100 R2-1	Filtro longitudinal	-	298,13	NN025	955453,50	597354,10	-
99			✓	OCZ003	K38+100	Filtro longitudinal	-	271,23	NN048	954119,02	603600,77	-

N°	TIPO INTERVENCIÓN ⁽¹⁾			ID OCUPACIONES DE CAUCE	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA	DIMENSIÓN	LONGITUD (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS		DESVÍO DE CAUCE
	DC	AI	Z							X	Y	
					Z3-1B							
100			✓	OCZ004	K38+900 Z3-2	Filtro longitudinal	-	343,58	NN049	954567,64	604026,03	-
101			✓	OCZ005	K38+900 Z3-2	Filtro longitudinal	-	343,58	NN050	954680,30	604194,56	-
102			✓	OCZ006 ⁽⁴⁾	K27+600 Z2-2	Filtro longitudinal	-	450,00	Canal	953796,89	595913,97	-
103			✓	OCPA007	K22+700 Z1-16B	Dren tipo espina de pescado bajo relleno de la zodme	1,5 base x 1,0 altura	175	Afloramien to subsuperfi cial PA-31	949861	593384	-
104			✓	OCPA018	K27+600 Z2-2	Dren tipo espina de pescado bajo relleno de la zodme	1,5 base x 1,0 altura	446	Afloramien to subsuperfi cial PA-96	953904	596007	-
105			✓	OCPA027	K38+900 Z3-2	Dren tipo espina de pescado bajo relleno de la zodme	1,5 base x 1,0 altura	150	Afloramien to subsuperfi cial PA-187	954592	604142	-
106			✓	OCPA054	K30+700 Z2-5	Dren tipo espina de pescado bajo relleno de la zodme	1,5 base x 1,0 altura	275	Surgencia antrópica SA-22B	953824,1	598583,1	-
107			✓	OCPA058	K26+700	Dren francés subterráneo tipo espina de pescado	1,5 base x 1,0 altura	130	Manantial PA-71A	952215,43	596292,46	-

NOTAS: (1) TIPO DE INTERVENCIÓN: Doble Calzada (DC) / Accesos Industriales (AI) / Zodme (Z)

(2) ACLARACIÓN 1: Dando atención al requerimiento realizado por la ANLA en la reunión de información adicional el 27 de julio de 2018, dentro del trámite de licenciamiento ambiental del proyecto, se procede con la revisión del estado y condiciones de las obras hidráulicas existentes en las vías previstas como accesos industriales, permitiendo concluir que las ocupaciones de cauce solicitadas en la versión anterior del EIA, y denominadas OCA012 y OCA019, no se requieren, razón por la cual no se encuentran en la anterior tabla.

(3) ACLARACIÓN 2: Dando atención al requerimiento realizado por la ANLA en la reunión de información adicional el 27 de julio de 2018, dentro del trámite de licenciamiento ambiental del proyecto, se procede con el ajuste de las coordenadas presentadas para la ocupación de cauce denominada OCZ002, con el fin de representar claramente el sitio de solicitud del permiso de ocupación en relación al área prevista para la conformación de la zodme R2-1.

(4) ACLARACIÓN 3: Dando atención al requerimiento realizado por la ANLA en la reunión de información adicional el 27 de julio de 2018, dentro del trámite de licenciamiento ambiental del proyecto, ha sido incluida la ocupación de cauce denominada OCZ006 para la construcción de un filtro longitudinal para el manejo del canal existente en el área prevista para la conformación de la zodme Z2-2.

Tabla 7-71 Localización de ocupaciones de cauce por implementación de medidas ambientales en puntos de agua

N°	ID OCUPACIONES DE CAUCE (1)	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA / ACTIVIDAD A EJECUTAR	DIMENSIÓN DE OBRA	LONGITUD DE OBRA (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS	
							X	Y
1	OCPA002	K20+060	Técnica: Drenes subhorizontales y dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	200	Afloramiento subsuperficial PA-12	948468	591947
2	OCPA003	K20+260	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	600	Manantial PA-13	948640	591864
3	OCPA004	K20+900	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	N.A.	N.A.	Manantial PA-14	949117	592215
4	OCPA005	K21+890	Técnica: Drenes subhorizontales y dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	0,8 base x 1,0 altura	200	Manantial PA-22	949984	592580
5	OCPA006	K22+170	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	270	Afloramiento subsuperficial PA-25	950000	592820
6	OCPA008	K22+900	Técnica: Drenes subhorizontales y dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en rondas de protección	0,8 base x 1,0 altura	330	Manantial PA-33	950184	593483
7	OCPA009					Manantial PA-34	950183	593526
8	OCPA010	K24+220	Técnica: Drenes subhorizontales y dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	100	Afloramiento subsuperficial PA-45	950599	594761
9	OCPA011	K26+160	Técnica: Drenes subhorizontales y dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	300	Afloramiento subsuperficial PA-66	952428	595608

N°	ID OCUPACIONES DE CAUCE (1)	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA / ACTIVIDAD A EJECUTAR	DIMENSIÓN DE OBRA	LONGITUD DE OBRA (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS	
							X	Y
10	OCPA012	K26+400	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal	0,8 base x 1,0 altura	130	Surgencia antrópica PA-68	952621,11	595545,15
11	OCPA013		Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña			Manantial PA-69	952627	595516
12	OCPA014	K27+280	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	200	Afloramiento subsuperficial PA-74	953271	596122
13	OCPA015	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	N.A.	N.A.	Afloramiento subsuperficial PA-77	953419,53	596072,69
14	OCPA016	K27+480	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal y transversales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	0,8 base x 1,0 altura	150	Manantial PA-87	953308,26	596370,65
15	OCPA017	K27+910	Técnica: Drenes transversales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	1,2	121	Afloramiento subsuperficial PA-93	953687	596251
16	OCPA019	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	N.A.	N.A.	Afloramiento subsuperficial PA-97	953986	596005
17	OCPA020	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	N.A.	N.A.	Afloramiento subsuperficial PA-98	953935	596078
18	OCPA021	K28+000	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	0,8 base x 1,0 altura	150	Manantial PA-106	953981	596279
19	OCPA022	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	N.A.	N.A.	Afloramiento subsuperficial PA-118	954891	596917
20	OCPA023	K31+840	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	200	Afloramiento subsuperficial PA-150	955807	598807
21	OCPA024	K37+400	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal	0,8 base x 1,0 altura	171	Manantial PA-182	954153	603071

N°	ID OCUPACIONES DE CAUCE (1)	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA / ACTIVIDAD A EJECUTAR	DIMENSIÓN DE OBRA	LONGITUD DE OBRA (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS	
							X	Y
			Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección					
22	OCPA025	-	Técnica: Se manejará con el box culvert previsto para la doble calzada en el K37+927 Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	2 x 2	160	Manantial PA-184	953962	603517
23	OCPA026	K38+560	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal y transversal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	319	Afloramiento subsuperficial PA-185	954423	604116
24	OCPA028	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	N.A.	N.A.	Manantial PA-193A	955066	605106
25	OCPA029	K34+850	Técnica: Drenes subterráneos longitudinal	0,8 base x 1,0 altura	150	Manantial PA-197	956725	605835
26	OCPA029-1		Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña			Manantial PA-198	956720	605851
27	OCPA030					Manantial PA-199	956746	605890
28	OCPA031	K44+070	Técnica: Sistema de drenaje subterráneo de muro de suelo reforzado Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección	0,2 base x 0,2 altura	-	Manantial PA-201	956890	605983
29	OCPA032	K44+140	Técnica: Dren longitudinal - Sistema de drenaje subterráneo de muro de suelo reforzado Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,2 base x 0,2 altura	-	Surgencia antrópica PA-204	956824	606118
30	OCPA033	K44+420	Técnica: Dren longitudinal - Sistema de drenaje subterráneo de muro de suelo reforzado Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,2 base x 0,2 altura	-	Surgencia antrópica PA-206	956897	606333
31	OCPA034	K44+680	Técnica: Drenes subhorizontales y subterráneo	0,8 base x 1,0 altura	200	Manantial PA-209	956944	606617

N°	ID OCUPACIONES DE CAUCE (1)	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA / ACTIVIDAD A EJECUTAR	DIMENSIÓN DE OBRA	LONGITUD DE OBRA (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS	
							X	Y
			Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda de protección					
32	OCPA036	K16+200	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	200	Surgencia antrópica SA-1B	946931	589429
33	OCPA037	K21+320	Técnica: Dren longitudinal - Sistema de drenaje subterráneo de muro de suelo reforzado Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,2 base x 0,2 altura	-	Manantial SA-4A	949580	592251
34	OCPA038	K21+850	Técnica: Dren subterráneo longitudinal y subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	200	Surgencia antrópica SA-4B	949973	592551
35	OCPA039	K22+100	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	270	Surgencia antrópica SA-4C	950036	592767
36	OCPA040	K23+000	Técnica: Dren subterráneo longitudinal y subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	250	Surgencia antrópica SA-4D	950115	593671
37	OCPA041					Surgencia antrópica SA-4E	950123	593684
38	OCPA042	K26+480	Técnica: Dren subterráneo transversal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	-	Surgencia antrópica SA-4F	952744	595586
39	OCPA043	K27+550	Técnica: Dren subterráneos longitudinal y transversales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	150	Surgencia antrópica SA-5	953425,74	596324,56
40	OCPA044	K27+680	Técnica: Dren longitudinal - Sistema de drenaje subterráneo de muro de suelo reforzado Biótica:	0,2 base x 0,2 altura	-	Surgencia antrópica SA-5A	953537,06	596392,12

N°	ID OCUPACIONES DE CAUCE (1)	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA / ACTIVIDAD A EJECUTAR	DIMENSIÓN DE OBRA	LONGITUD DE OBRA (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS	
							X	Y
41	OCPA045		Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña			Surgencia antrópica SA-6	953524,68	596336,83
42	OCPA046	K28+580	Técnica: Dren subterráneo Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,6 base x 0,6 altura	-	Surgencia antrópica SA-7A	954344	596694
43	OCPA047	K29+912	Técnica: Drenes subterráneos transversales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,6 base x 0,6 altura	-	Surgencia antrópica SA-13	954770,81	597184,44
44	OCPA048	K29+270	Técnica: Dren lateral y subterráneos Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,6 base x 0,6 altura	-	Surgencia antrópica SA-14	954773,91	597236,66
45	OCPA049 ⁽²⁾	-	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	N.A.	N.A.	Surgencia antrópica SA-17	955141,83	597150,61
46	OCPA050	K29+760	Técnica: Drenes subterráneos – Box culvert Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,6 base x 0,6 altura	-	Surgencia antrópica SA-17A	955178,98	597546,85
47	OCPA051					Surgencia antrópica SA-17B	955175,89	597562,20
48	OCPA052	K30+200	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	166	Surgencia antrópica SA-21	955630	597515
49	OCPA053	K30+360	Técnica: Drenes subterráneo y subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	-	Manantial SA-22A	955747,88	597552,92
50	OCPA055	K30+886	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	-	Surgencia antrópica SA-22C	955803	598046
50	OCPA056	K31+100	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	-	Surgencia antrópica SA-22D	955838	598266

N°	ID OCUPACIONES DE CAUCE (1)	ABSCISA DE REFERENCIA	TIPO DE OBRA / ACTIVIDAD A EJECUTAR	DIMENSIÓN DE OBRA	LONGITUD DE OBRA (M)	NOMBRE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS	
							X	Y
52	OCA057	K33+640	Técnica: Dren subterráneo longitudinal Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	-	Surgencia antrópica SA-22E	955107	600228
53	OCA059	K43+900	Técnica: Zanja interceptora Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	-	60	Surgencia antrópica SA-34	956.794,0	605.938,0
54	OCA060	K26+700	Técnica: Zanja interceptora Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	-	60	Surgencia antrópica SA-35	956.798,0	605.961
55	OCA061	K30+200	Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	N.A.	N.A.	Manantial SA-22	955.751,0	597.454,6
56	OCA062 ⁽³⁾	K44+680	Técnica: Dren subterráneo longitudinal y drenes subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	-	Manantial PA-210	956.963,0	606.722,0
57	OCA063 ⁽³⁾	K44+680	Técnica: Dren subterráneo longitudinal y drenes subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	-	Manantial PA-211	956.987,0	606.732,0
58	OCA064 ⁽³⁾	K44+680	Técnica: Dren subterráneo longitudinal y drenes subhorizontales Biótica: Revegetalización con especies nativas en ronda aleadaña	0,8 base x 1,0 altura	-	Manantial PA-212	956.968,0	606.745,0

NOTAS: (1) ID OCUPACIONES DE CAUCE: Las siguientes ocupaciones de cauce no se relacionan en esta tabla, debido a que ya han sido asociadas a la intervención de los puntos de agua por conformación de zodme: OCA07, OCA18, OCA 27, OCA 54 y OCA 58

(2) Dando atención al requerimiento realizado por la ANLA en la reunión de información adicional el 27 de julio de 2018, dentro del trámite de licenciamiento ambiental del proyecto, se aclara que la ocupación de cauce OCA49 solicitada para la surgencia antrópica SA-17, se hace debido a la necesidad de intervenir la ronda de protección (100m) con actividades de revegetalización con especies nativas, previstas como medida ambiental para su protección. No se construirá ninguna obra civil para su manejo.

(3) Dando atención al requerimiento realizado por la ANLA en la reunión de información adicional el 27 de julio de 2018, dentro del trámite de licenciamiento ambiental del proyecto, referente al manejo de los manantiales denominados PA-210, PA-211 y PA-210, han sido incluidas las medidas técnicas y ambientales con sus respectivas ocupaciones de cauce.

7.4.3 Dinámica fluvial.

La definición del cruce de cualquier obra civil sobre una corriente de agua debe ser llevada a cabo de tal manera que sea efectuada en un sitio en donde se conozca de manera adecuada su estabilidad geomorfológica, tanto desde el punto de vista vertical, como de su alineamiento horizontal.

7.4.3.1 Río Boquerón.

En el sector del ponedero del río Boquerón presenta un patrón de drenaje de tipo semirrecto, con alto gradiente y transporte de carga en suspensión.

En este sector, el río Boquerón forma un relieve en valle en “V” profundo, su cauce se encuentra restringido por las laderas casi verticales conformadas por rocas volcánicas las cuales no evidencian dinámica fluvial ni movimientos, (procesos morfo dinámicos activos); el cauce se caracteriza por su baja sinuosidad, relacionada con una alta estabilidad relativa, es decir, que no presenta patrones de divagación de cauce debido entre otros al material geológico sobre el que cruza que, al nivel del lecho es un material competente, correspondiente a lavas andesíticas. Adicionalmente, hay que indicar que en el sitio de cruce del ponedero sobre el río Boquerón no se identificaron depósitos cuaternarios o elementos geomorfológicos como albardones, terrazas, diques marginales o alguna evidencia histórica de cambios en la sinuosidad o de alguna actividad migratoria de cauce reciente

Con base a lo anterior, se puede concluir que el río Boquerón no presenta divagación de cauce o migración de orillares, es estable en sus dos márgenes, sin movimientos laterales que cambien considerablemente las condiciones hidráulicas. El proceso morfodinámico de socavación sobre los márgenes y lecho de la quebrada Boquerón es incipiente, dada la resistencia alta de los materiales rocosos como las lavas andesíticas, que expone la quebrada. Adicionalmente esta socavación no incide en la estructura proyectada, debido a que en esta no se proyectan pilas de apoyo sobre el cauce.

7.4.3.2 Cuenca C-36.4 (Puente Vereda Tablón Alto), quebrada El Macal y cuenca 38.7 (Puente Vereda Porvenir).

En el sector de los ponederos de la cuenca C-36.4 (Puente Vereda Tablón Alto), quebrada El Macal y cuenca 38.7 (Puente Vereda Porvenir), presentan en general un patrón de drenaje de tipo semirrecto, con alto gradiente y transporte de carga en suspensión

Este tipo de cauces se caracterizan por su baja sinuosidad, relacionada con una alta estabilidad relativa, es decir que no presenta patrones de divagación de cauce, debido entre otros al material geológico sobre el que cruza que, al nivel del lecho es un material competente, correspondiente a lavas andesíticas y algunas tobas soldadas.

De acuerdo con lo anterior se interpreta que los cauces no presentan divagación de cauce o migración de orillares y la socavación sobre sus márgenes es incipiente, dada la resistencia alta de los materiales rocosos como las lavas andesíticas y tobas soldadas.

7.4.3.3 Río Sapuyes.

El río Sapuyes es un río joven de alta energía, tributario del río Guáitara, caracterizado por desarrollarse en zonas de pendientes altas formando un valle aluvial en forma de “V” profundo, con paredes inclinadas y tributarias que se conectan en ángulos rectos.

Se encuentra en la parte topográficamente más baja del relieve, donde desarrolla zonas planas y consecuentemente niveles de terrazas aluviales con granulometría extendida; exhibe un patrón recto a sinuoso y su génesis está asociada principalmente a procesos denudacionales aunque involucra otros agradacionales de forma simultánea. Es un río que tiene control estructural, control litológico y de pendientes.

Actualmente, su canal de estiaje alcanza en promedio los 20 m de ancho en zonas próximas a su desembocadura sobre el río Guáitara, presentando el desarrollo de terrazas aluviales recientes dentro de un margen de distancia de aproximadamente 35 m y antiguas que alcanzan a localizarse a un poco más de 120 m desde su canal actual, originadas por procesos netamente agradacionales.

Según los estudios hidráulicos realizados y contenidos en el **Anexo 2. Civil. 7. VII - Drenajes**, se tiene que, para el viaducto sobre el río Sapuyes, la lámina de agua para la avenida de periodo de retorno de 100 años no afecta ni a las pilas ni a los estribos del viaducto. De esta manera se concluye que no se producirá socavación que afecte a las pilas y estribos del ponedero.

7.4.4 Socavación.

Las obras mayores, sus cimentaciones y pilas (Puente Boquerón, Puente Quebrada Macal, Puente Vereda El Porvenir y Puente río Sapuyes), no están planteadas dentro del lecho de los cuerpos de agua que cruza el trazado del proyecto; además, los estudios indican que la lámina de agua en un periodo de retorno de 100 años no alcanza las pilas y estribos de sus infraestructuras, por lo cual se concluye que no se producirá socavación perceptible que afecte los puentes, a continuación, se presenta un resumen de los estudios de socavación ejecutados para las obras de drenaje del proyecto; en el **Anexo 2. Civil. 7. VOL VII – Drenajes**, se presentan los estudios detallados.

La socavación consiste en la profundización del nivel del fondo del cauce de una corriente causada por el aumento del nivel de agua en las avenidas, modificaciones en la morfología del cauce o por la construcción de estructuras en el cauce como puentes, espigones, etc.

La socavación comprende el levantamiento y transporte de los materiales del lecho de las corrientes en el momento de una avenida o creciente, o por la construcción de una obra dentro del cauce. Está controlada por las características hidráulicas del cauce, las propiedades de los sedimentos del fondo, la forma y localización de los elementos que la inducen.

7.4.4.1 Socavación en puentes.

Los puentes y otras estructuras representan una contracción del ancho del cauce y al presentarse un aumento en los caudales de la corriente, el aumento de la velocidad y la turbulencia en la contracción puede generar niveles de socavación de varios metros.

La socavación total en una corriente de agua se divide en la socavación generalizada que sufre el fondo del cauce ante eventos de crecientes máximas extraordinarias, y la socavación localizada al pie de estructuras, como pilas o estribos de un puente, o sobre obras de defensa de la corriente misma, como espolones, muros de protección, etc.

El estudio de socavación fue ejecutado para el río Boquerón, quebrada El Macal y río Sapuyes. En cuanto a las cuencas C-36.4 (puente vereda Tablón Alto) y cuenca 38.7 (puente vereda El Porvenir) con base al estudio HEC-RAS realizado a los cauces y presentado en el numeral **7.4.5.3 Hidráulica de obras mayores.**, se concluye que no hay riesgo de que en este puente se vaya a producir ningún tipo de Socavación

7.4.4.1.1 Socavación Generalizada.

- **Método de LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Uno de los métodos empleados para evaluar la socavación general, es el método propuesto por Lischtván – Lebediev, de acuerdo con las referencias bibliográficas (Maza Álvarez, Socavación en Cauces Naturales, 1968) y (Maza Álvarez & García Flores, Manual de Ingeniería de Ríos, 1989), el cual se basa en la obtención de la condición de equilibrio entre la velocidad media del flujo y la velocidad media máxima necesaria para no erosionar el material del fondo.

Para suelos homogéneos, conocido el material del fondo en la sección o tramo en estudio, y aceptando que las rugosidades son constantes en todo el ancho de la sección, la profundidad de la socavación se obtiene a partir de las siguientes expresiones:

- Para suelos granulares no cohesivos:

$$d_s = \left(\frac{\alpha d_0^{5/3}}{4.70 \beta D_{84}^{0.28}} \right)^{\frac{D_{84}^{0.03}}{0.322 + D_{84}^{0.03}}}$$

Válida si $0.00005\text{m} \leq D_{84} \leq 0.0028\text{m}$

$$d_s = \left(\frac{\alpha d_0^{5/3}}{4.7 \beta D_{84}^{0.28}} \right)^{\frac{D_{84}^{0.092}}{0.223 + D_{84}^{0.092}}}$$

Válida si $0.0028\text{m} \leq D_{84} \leq 0.182\text{m}$

$$d_s = \left(\frac{\alpha d_0^{5/3}}{4.7 \beta D_{84}^{0.28}} \right)^{\frac{D_{84}^{0.187}}{0.191 + D_{84}^{0.187}}}$$

Válida si $0.182m \leq D_{84} \leq 1m$

- Para suelos cohesivos:

Estas ecuaciones deben aplicarse para varias líneas verticales de la sección del cruce. La profundidad en cada una de ellas es una función de la profundidad inicial d_0 . Al unir todas las profundidades d_s se tiene el perfil de la sección teórica erosionada.

En las ecuaciones anteriores β es un coeficiente que toma en cuenta el periodo de retorno, T , del gasto de diseño en años. Para obtener su valor se propone la expresión:

$$\beta = 0.8416 + 0.03342 \ln T$$

La cual es válida para periodos de retorno comprendidos entre 15 y 1500 años. β no tiene unidades.

D_{84} significa el diámetro de la muestra de sedimento en que el 84 por ciento en peso es menor que ese tamaño, en m. Adicionalmente, α_d es el peso específico seco, conocido en hidráulica fluvial como peso volumétrico seco, y es igual al peso seco de la muestra entre su volumen inicial, en kgf/m^3 .

Por otro lado,

$$\alpha = \frac{Q_d}{\mu B_e d_m^{5/3}}$$

En donde:

d_0 : profundidad inicial, en una línea vertical dada, entre el nivel del agua cuando se presenta el caudal de diseño, y el nivel del fondo inicial (levantando normalmente en el estiaje anterior), en m.

d_s : profundidad hasta el fondo ya socavado, en m. Se mide desde la elevación de la superficie del agua al presentarse el caudal de diseño, sobre la misma vertical de d_0 , en m.

Q_d : caudal de diseño o caudal máximo de la creciente para la cual se desea calcular la erosión, en m^3/s .

d_m : lámina de agua media o profundidad media, medida entre la superficie del agua al pasar el gasto Q_d y el perfil del fondo original, en m. Se obtiene dividiendo el área hidráulica A entre el ancho efectivo B_e .

$$d_m = \frac{A}{B_e}$$

B_e : ancho efectivo de la superficie libre del cauce, en m. Se calcula a partir del ancho real del cauce, al que se le reduce el ancho de todos los obstáculos.

μ : Coeficiente que toma en cuenta las contracciones laterales del flujo que se produce en las caras de los obstáculos que están dentro de la corriente, como por ejemplo las pilas de un puente. Es función de la

velocidad media del flujo y del claro entre pilas. Se evalúa a partir de la expresión propuesta por Maza, teniendo en cuenta los datos proporcionados por Lischvan – Lebediev, y no tiene unidades.

$$\mu = 1 - \frac{0.387U}{L}$$

Cuando no hay obstáculos, $\mu = 1$

En la ecuación anterior, U es la velocidad media del agua en la sección, en m/s, dada por la relación:

$$U = \frac{Q_d}{A}$$

Y L el claro entre dos pilas u obstáculos, en m. Puesto que la ecuación no es dimensionalmente correcta, deben respetarse las unidades indicadas.

Además:

A: área hidráulica de la sección, en m.

- **Resultados del estudio de socavación Río Boquerón.**

A continuación, en la **Tabla 7-72** se presentan los cálculos de socavación máxima generalizada, realizada mediante el método de Lischvan-Lebediev, para un periodo de retorno de 100 años.

Tabla 7-72 Datos de entrada para estudio de socavación Río Boquerón.

Tipo de suelo:	Granular
Coefficiente de sección, α	4.30
- Caudal total (m ³ /s)	234
- Profundidad hidraulica Ym(m)	3.15
- Ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal (m)	8.04
Coefficiente de frecuencia; β	0.9955
Coefficiente por contracción μ	1.00t/m ³
Diámetro medio de las partículas del material granular (d₈₄)	0.550mm

Fuente: Consorcio SH, 2017.

A continuación, en la **Tabla 7-73** se presentan los resultados de comprobación de la socavación del río Boquerón.

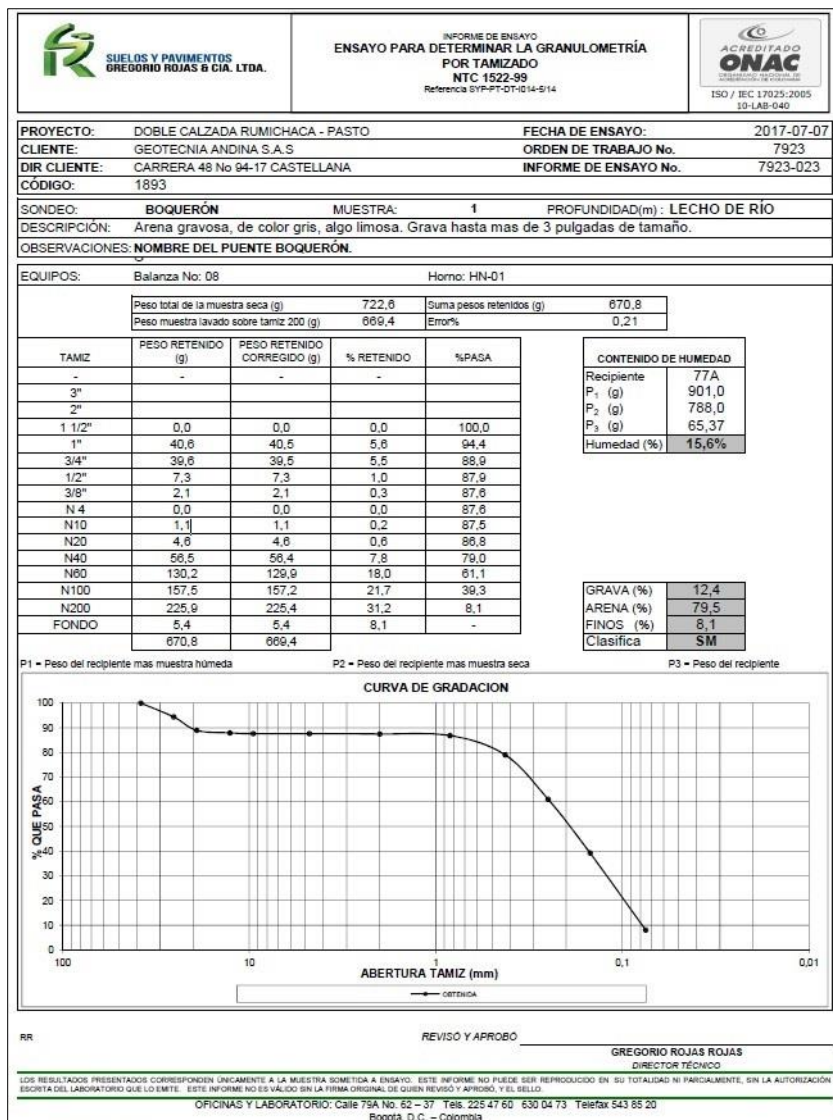
Tabla 7-73 Comprobación socavación general del río Boquerón.

SECCIÓN	COTA CAUCE (msnm)	PROFUNDIDAD HIDRÁULICA DESDE LÍNEA DE AGUA HASTA FONDO DE CAUCE	PROFUNDIDAD HASTA EL FONDO YA SOCAVADO	SOCAVACIÓN GENERADA EN CADA SECCIÓN ESTUDIADA	COTA FONDO CAUCE DESPUÉS DE LA SOCAVACIÓN GENERALIZADA
		do1 (m)	ds1 (m)	Sg1 (m)	Ps1 (msnm)
1	2388.00	1.33	1.53	0.20	2387.80
2	2386.00	3.33	4.87	1.54	2384.46
3	2385.09	4.24	6.61	2.37	2382.72
4	2385.25	4.08	6.30	2.22	2383.03
5	2385.02	4.31	6.75	2.44	2382.58
6	2385.59	3.74	5.64	1.90	2383.69
7	2386.79	2.54	3.46	0.92	2385.87
8	2387.40	1.93	2.44	0.51	2386.89
9	2388.25	1.08	1.17	0.09	2388.16
10	2387.84	1.49	1.76	0.27	2387.57

Fuente: Consorcio SH, 2017.

A continuación, en las **Figura 7.61, Figura 7.62, Figura 7.63 y Figura 7.64** se presentan los formatos de los ensayos de laboratorio ejecutados a una muestra del fondo del cauce de la corriente del río Boquerón.

Figura 7.61 Análisis granulométrico.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.63 Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

		INFORME DE ENSAYO DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS - METODO A NTC - 4630-99 Referencia SYP-PT-OT-1005-6/15									
PROYECTO: DOBLE CALZADA RUMICHACA - PASTO		FECHA DE ENSAYO: 2017-07-07									
CLIENTE: GEOTECNIA ANDINA S.A.S		ORDEN DE TRABAJO No. 7923									
DIR CLIENTE: CARRERA 48 No 94-17 CASTELLANA		INFORME DE ENSAYO No. 7923-017									
CÓDIGO: 1893											
EQUIPOS: Cazuela No: N/A		Balanza No: 03		Horno No: HN-01							
SONDEO: BOQUERÓN		MUESTRA: 1		PROFUNDIDAD(m): LECHO DE RÍO							
DESCRIPCIÓN: Arena gravosa, de color gris, algo limosa. Grava hasta mas de 3 pulgadas de tamaño.											
OBSERVACIONES: NOMBRE DE PUENTE BOQUERÓN.											
	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO		CONTENIDO DE HUMEDAD						
Golpes	-	-	-	-	-						
Recipiente No.	-	-	-	-	77A						
P ₁ (g)	-	-	-	-	901,0						
P ₂ (g)	-	-	-	-	788,0						
P ₃ (g)	-	-	-	-	65,37						
W (%)	-	-	-	-	15,6						
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NL		CLASIFICACIÓN U.S.C.S PASA T-40		- -						
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP		ÍNDICE DE LIQUEZ		-						
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	-		ÍNDICE DE CONSISTENCIA		-						
CLASIFICACIÓN U.S.C.S. GENERAL	SM		ÍNDICE DE FLUIDEZ		-						
<table border="1"> <tr> <td>Peso de la muestra inicial (g)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Peso retenido en el tamiz # 40 (g)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje retenido en el tamiz # 40</td> <td>-</td> </tr> </table>						Peso de la muestra inicial (g)	-	Peso retenido en el tamiz # 40 (g)	-	Porcentaje retenido en el tamiz # 40	-
Peso de la muestra inicial (g)	-										
Peso retenido en el tamiz # 40 (g)	-										
Porcentaje retenido en el tamiz # 40	-										
P₁ = Masa del recipiente mas muestra húmeda P₂ = Masa del recipiente mas muestra seca P₃ = Masa del recipiente W = Contenido de humedad de la muestra											
RR		REVISÓ Y APROBÓ _____									
		GREGORIO ROJAS ROJAS DIRECTOR TÉCNICO									
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO. EL LABORATORIO NO ES RESPONSABLE DEL PROCESO DE MUESTREO. ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU TOTALIDAD NI PARCIALMENTE, SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO QUE LO EMITE. ESTE INFORME NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL DE QUIEN REVISÓ Y APROBÓ, Y EL SELLO.											
OFICINAS Y LABORATORIO: Calle 79A No. 62 - 37 Tels. 225 47 60 - 630 04 73 Telefax 543 85 20 Bogotá, D.C. - Colombia											

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.64 Certificado de análisis.

F-EC-001		CERTIFICADO DE ANALISIS			
REVISION 02					
FECHA DE ACTUALIZACION		CERTIFICADO DE ANALISIS No. A-17-23570			
01-ENE-2014					
INFORMACION DEL CLIENTE CLIENTE: Consorcio SH NIT/CC: 900937662-2 DIRECCION: Calle 17 # 13-13 TELEFONO: 7377099 MAIL: mavargas@sacyr.com CIUDAD: PASTO CONTACTO: MARIA ALEJANDRA VARGAS VARGAS CARGO: PROYECTOS		INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO LUGAR DE TOMA DE ITEM: N.E RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: Consorcio SH FECHA DE TOMA DE ITEM: N.E HORA: N.E FECHA DE RECEPCION: 2017-07-07 HORA: 11:35:00 FECHA DE ANALISIS: 2017-07-08 FECHA DE INFORME: 2017-07-13 PROCEDIMIENTO DE TOMA DE ITEM: ALEATORIO			
IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO					
ITEM DE ENSAYO NO.	IDENTIFICACION			FABRICANTE Y/O PROVEEDOR	
17-23570	AGUA QUEBRADA BOQUERON			N.E	
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION	CANT. ENTREG. (UN)	FECHA DE PROD	FECHA VENC	LOTE	T. MUESTREO
FRASCO PLASTICO X 1000 mL-FRASCO DE PLASTICO X 2000 mL	1	N.E	N.E	N.E	N.E
T. RECEPCION					
4.0°C					
OBSERVACIONES					
TABLA DE RESULTADOS					
PARAMETRO	METODO UTILIZADO	RESULTADOS	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO	
Densidad (g/mL)	Pícnometría	1,00013	*	NO APLICA	
INTERPRETACION DE RESULTADO "PARA LOS PARAMETROS SOLICITADOS NO EXISTE NORMA DE COMPARACION"					
Observaciones -Los resultados son validos unicamente para el ítem analizado. -Este certificado de analisis solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita de BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S -* Parametro no requerido en especificacion					
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.					
REVISÓ: DIRECTOR TÉCNICO			APROBO: GERENTE		

Certificado de analisis No. A-1723570 Pagina 1 de 2

Calle 64H No 71D - 31 PBX 4758383 / 2915105 Web. www.biotrendslab.com

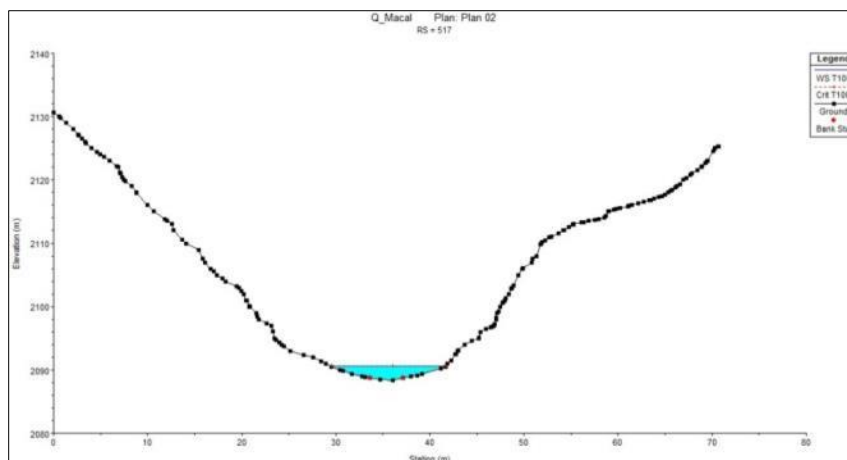
Fuente: Consorcio SH, 2017.

- Resultados de estudio de socavación quebrada El Macal.

Tras realizar el estudio de socavación generalizada en la Quebrada Macal en la zona bajo el viaducto, se ha llegado a la conclusión de que no existe tal afección, debido a las condiciones hidráulicas y geológicas de dicha quebrada.

Se ha estudiado la socavación que produciría el caudal a 100 años de periodo de retorno, en las secciones 517 (ver Figura 7.65), 537 (ver Figura 7.66) (aguas abajo del viaducto), 537D (ver Figura 7.67) (aguas arriba del viaducto) y 557 (ver Figura 7.68); seleccionadas por ser las secciones más próximas al viaducto, de las cuales se conoce el comportamiento hidráulico del cauce a su paso por ellas (ver Figura 7.69 y Figura 7.70).

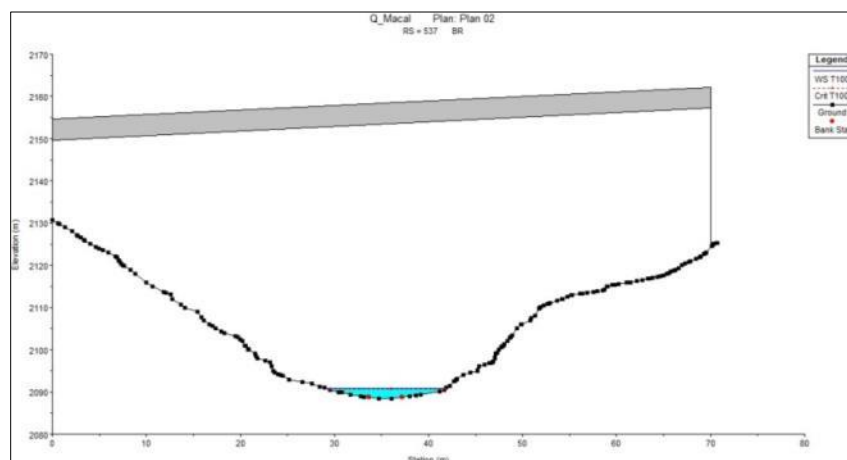
Figura 7.65 Sección 517 – HEC-RAS- Puente Macal.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

En la sección 517, el caudal circulante de 49.7 m³/s, alcanza una cota máxima de 2090.57 m, un ancho de 12.19 m y una profundidad hidráulica de 2.06 m.

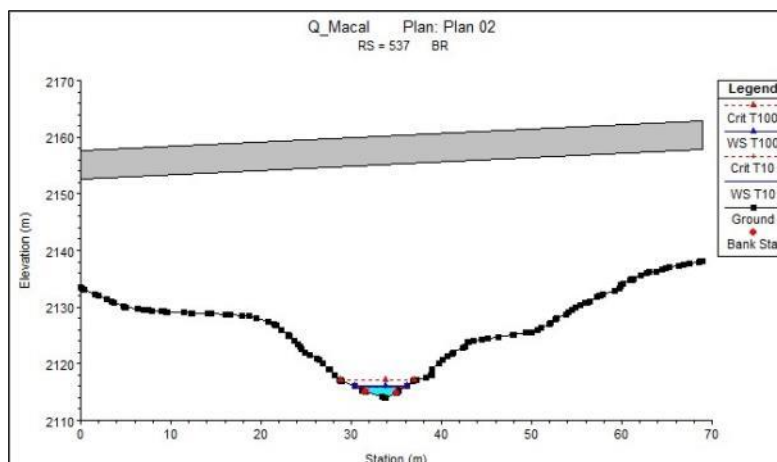
Figura 7.66 Sección 537D – HEC-RAS- Puente Macal



Fuente: Consorcio SH, 2017.

En la sección 537D, el caudal circulante de 49.7m³/s, alcanza una cota máxima de 2090.92m, un ancho de 12.73m y una profundidad hidráulica de 2.41m.

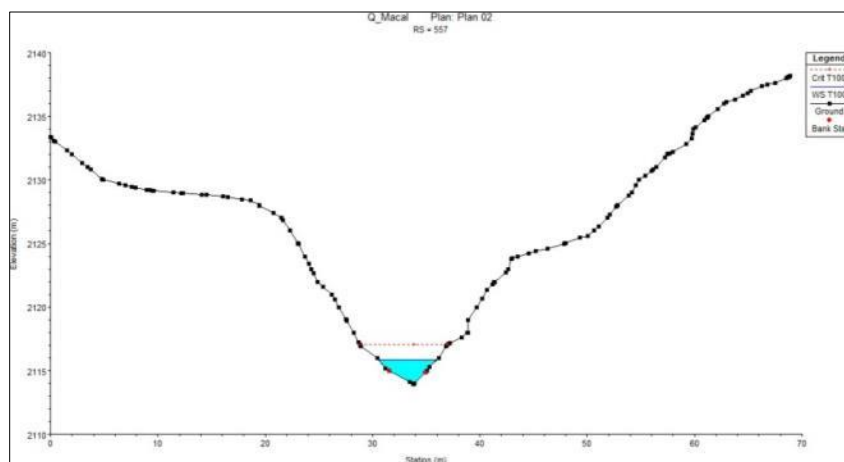
Figura 7.67 Sección 537U – HEC-RAS- Puente Macal



Fuente: Consorcio SH, 2017.

En la sección 537U, el caudal circulante de 49.7m³/s, alcanza una cota máxima de 2116.02m, un ancho de 5.73m y una profundidad hidráulica de 1.55m.

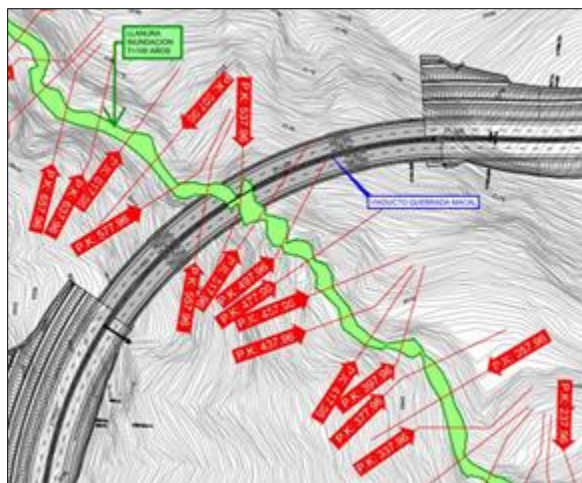
Figura 7.68 Sección 557 – HEC-RAS- Puente Macal



Fuente: Consorcio SH, 2017.

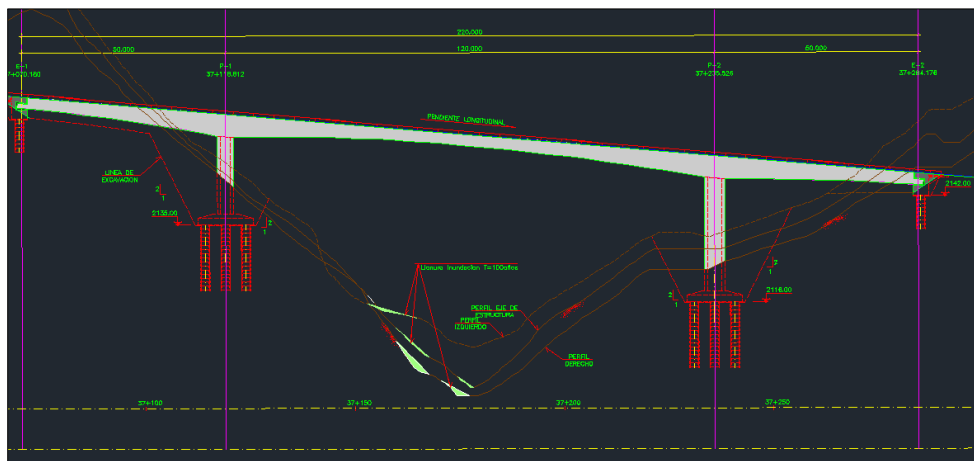
En la sección 557, el caudal circulante de 49.7m³/s, alcanza una cota máxima de 2115.86m, un ancho de 5.4m y una profundidad hidráulica de 1.39m.

Figura 7.69 Secciones utilizadas en HEC-RAS – Quebrada El Macal.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.70 Perfil longitudinal tablero izquierdo Puente Macal – Llanuras de inundación T₁₀₀.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

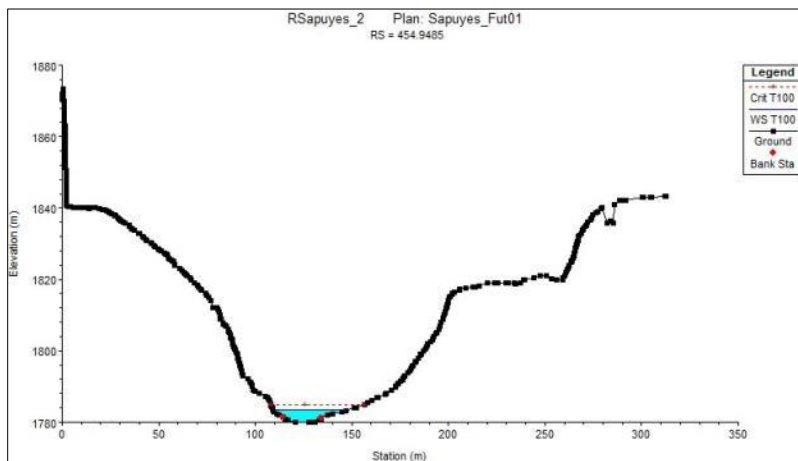
Ejecutando el método de LISCHTVAN – LEBEDIEV, y utilizando para ello todos los datos aportados anteriormente, se concluye que no se produce socavación generalizada en las secciones estudiadas, y por ello no se verá afectado de forma alguna el viaducto sobre la quebrada El Macal.

- **Resultados de estudio de socavación río Sapuyes.**

Tras realizar el estudio de socavación generalizada, en el río Sapuyes en la zona bajo el viaducto, se ha llegado a la conclusión de que no existe tal afección, debido a las condiciones hidráulicas y geológicas del cauce.

Se ha estudiado la socavación que produciría el caudal a 100 años de periodo de retorno, en las secciones 454.94 (ver **Figura 7.71**), 440U (ver **Figura 7.72**) (aguas arriba del viaducto), 537D (ver **Figura 7.73**) (aguas arriba del viaducto) y 422.68 (ver **Figura 7.74**). Seleccionadas por ser las secciones más próximas al viaducto, de las cuales se conoce el comportamiento hidráulico del cauce a su paso por ellas.

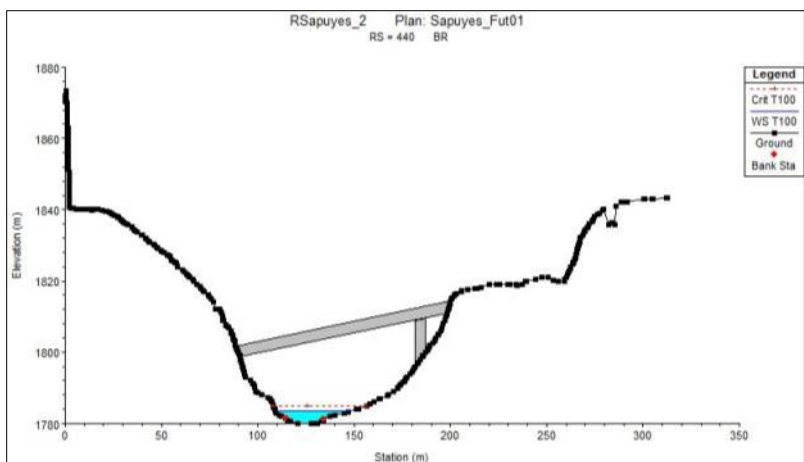
Figura 7.71 Sección 454.94 – HEC-RAS- Puente río Sapuyes.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

En la sección 454.94, el caudal circulante de 709.9m³/s, alcanza una cota máxima de 1783.34m, un ancho de 37.81m y una profundidad hidráulica de 3.06m.

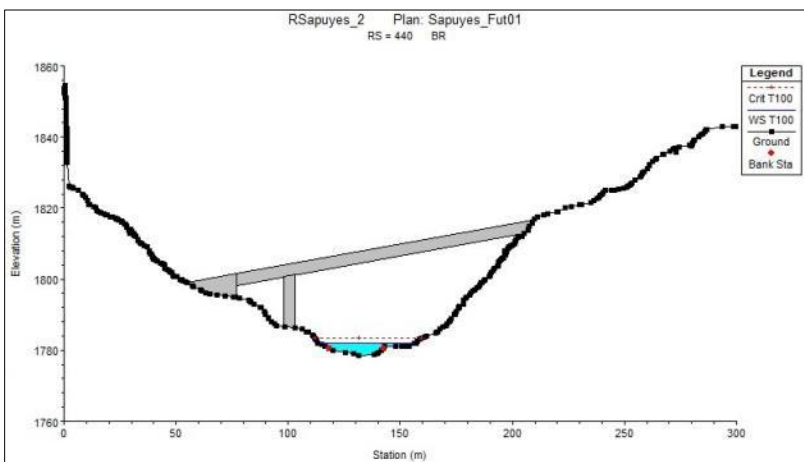
Figura 7.72 Sección 440U – HEC-RAS- Puente río Sapuyes



Fuente: Consorcio SH, 2017.

En la sección 440U, el caudal circulante de 709.9 m³/s, alcanza una cota máxima de 1783.44 m, un ancho de 38.56m y una profundidad hidráulica de 3.15 m.

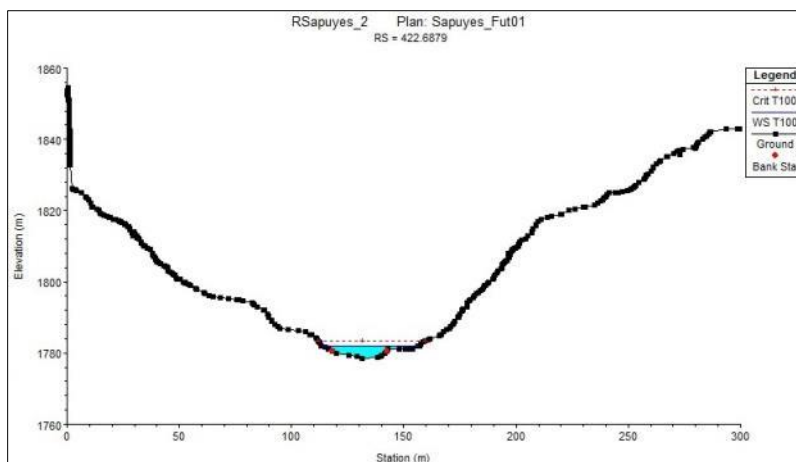
Figura 7.73 Sección 440D – HEC-RAS- Puente río Sapuyes



Fuente: Consorcio SH, 2017.

En la sección 440D, el caudal circulante de 709.9m³/s, alcanza una cota máxima de 1781.86m, un ancho de 42.38m y una profundidad hidráulica de 2.60m.

Figura 7.74 Sección 422.68 – HEC-RAS- Puente río Sapuyes

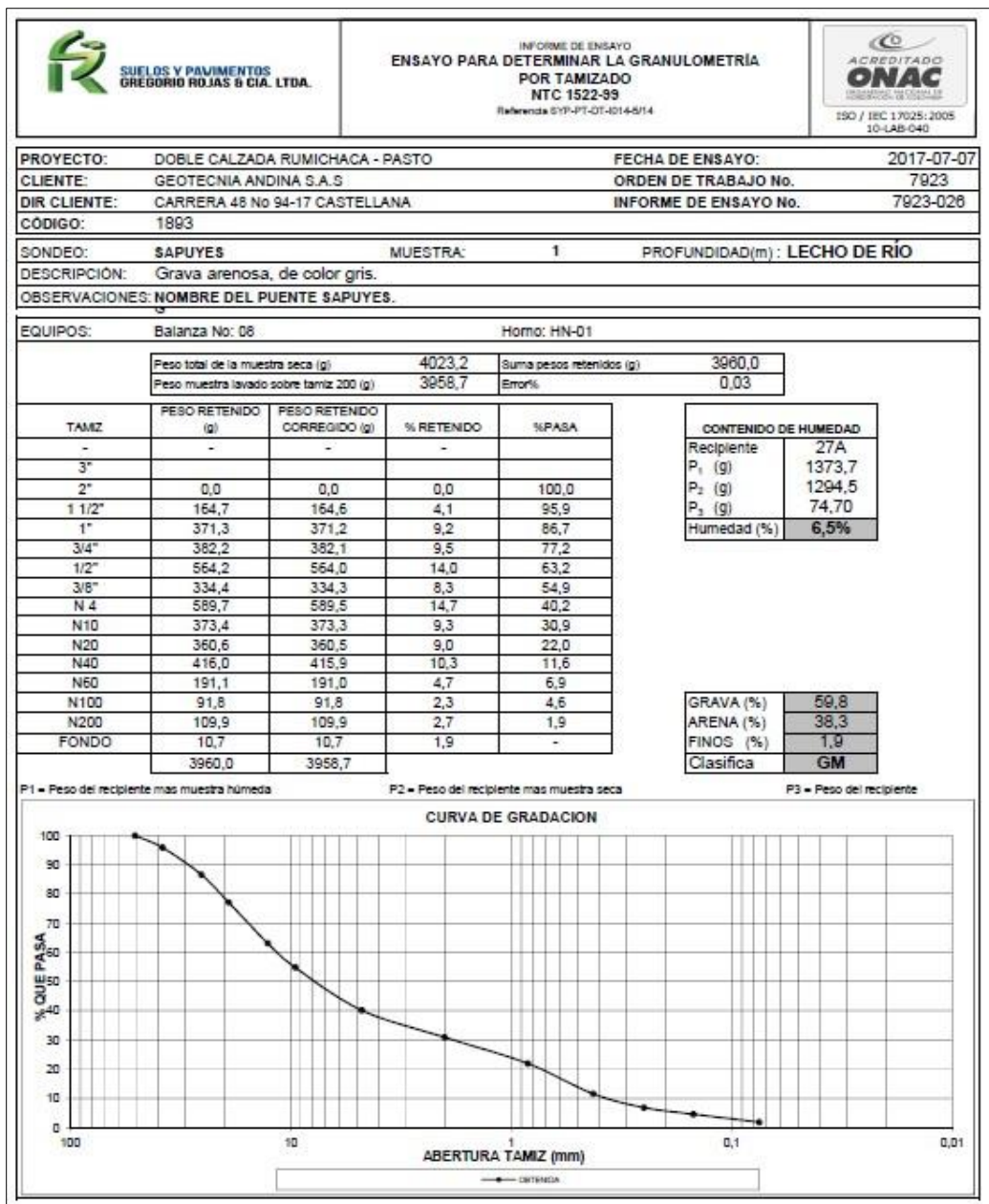


Fuente: Consorcio SH, 2017.

En la sección 422.68, el caudal circulante de 709.9m³/s, alcanza una cota máxima de 1781.97m, un ancho de 43.33m y una profundidad hidráulica de 2.7m.

A continuación, en la **Figura 7.75**, **Figura 7.76** y **Figura 7.77** se presentan los formatos de los ensayos de laboratorio ejecutados a una muestra del fondo del cauce de la corriente del río Boquerón.

Figura 7.75 Análisis granulométrico.



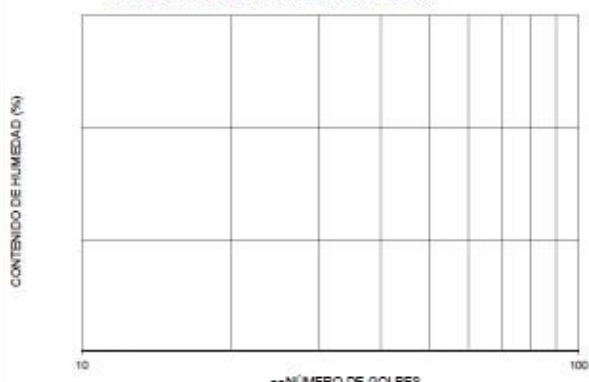
Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.76 Contenido de humedad.

 SUELOS Y PAVIMENTOS GREGORIO ROJAS & CIA. LTDA.	INFORME DE ENSAYO DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS Y ROCAS, CON BASE EN LA MASA NTC 1495-13 Referencia SYP-PT-011-003-7/15	 ACREDITADO ONAC REGISTRADO EN COLOMBIA ISO / IEC 17025:2005 10-LAB-040												
PROYECTO: DOBLE CALZADA RUMICHACA - PASTO CLIENTE: GEOTECNIA ANDINA S.A.S DIR CLIENTE: CARRERA 48 No 94-17 CASTELLANA CÓDIGO: 1893	FECHA DE ENSAYO: 2017-07-08 ORDEN DE TRABAJO No. 7923 INFORME DE ENSAYO No. 7923-014													
EQUIPOS: Balanza No: 16 Horno No: HN-01														
SONDEO: SAPUYES MUESTRA: 1 PROFUNDIDAD(m): LECHO DE RÍO														
DESCRIPCIÓN: Grava arenosa, de color gris.														
OBSERVACIONES: NOMBRE DEL PUENTE SAPUYES.														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONTENIDO DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recipiente No.</td> <td>27A</td> </tr> <tr> <td>P₁ (g)</td> <td>1373,7</td> </tr> <tr> <td>P₂ (g)</td> <td>1294,5</td> </tr> <tr> <td>P₃ (g)</td> <td>74,70</td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td>6,5</td> </tr> </tbody> </table>			CONTENIDO DE HUMEDAD		Recipiente No.	27A	P ₁ (g)	1373,7	P ₂ (g)	1294,5	P ₃ (g)	74,70	Humedad (%)	6,5
CONTENIDO DE HUMEDAD														
Recipiente No.	27A													
P ₁ (g)	1373,7													
P ₂ (g)	1294,5													
P ₃ (g)	74,70													
Humedad (%)	6,5													
SONDEO: - MUESTRA: - PROFUNDIDAD(m): -														
DESCRIPCIÓN: -														
OBSERVACIONES: -														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONTENIDO DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recipiente No.</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>P₁ (g)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>P₂ (g)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>P₃ (g)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>			CONTENIDO DE HUMEDAD		Recipiente No.	-	P ₁ (g)	-	P ₂ (g)	-	P ₃ (g)	-	Humedad (%)	-
CONTENIDO DE HUMEDAD														
Recipiente No.	-													
P ₁ (g)	-													
P ₂ (g)	-													
P ₃ (g)	-													
Humedad (%)	-													
SONDEO: - MUESTRA: - PROFUNDIDAD(m): -														
DESCRIPCIÓN: -														
OBSERVACIONES: -														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONTENIDO DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recipiente No.</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>P₁ (g)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>P₂ (g)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>P₃ (g)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> P₁ = Masa del recipiente mas muestra húmeda P₂ = Masa del recipiente mas muestra seca P₃ = Masa del recipiente			CONTENIDO DE HUMEDAD		Recipiente No.	-	P ₁ (g)	-	P ₂ (g)	-	P ₃ (g)	-	Humedad (%)	-
CONTENIDO DE HUMEDAD														
Recipiente No.	-													
P ₁ (g)	-													
P ₂ (g)	-													
P ₃ (g)	-													
Humedad (%)	-													

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.77 Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

 SUELOS Y PAVIMENTOS OREGORIO ROJAS & CIA. LTDA.	INFORME DE ENSAYO DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS - METODO A NTC - 4838-88 Referencia SYP-PT-DT-005-8/15	 ACREDITADO ONAC ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN ISO / IEC 17025:2005 10-LAB-040																																																								
PROYECTO: DOBLE CALZADA RUMICHACA - PASTO FECHA DE ENSAYO: 2017-07-07 CLIENTE: GEOTECNIA ANDINA S.A.S ORDEN DE TRABAJO No. 7923 DIR CLIENTE: CARRERA 48 No 94-17 CASTELLANA INFORME DE ENSAYO No. 7923-020 CÓDIGO: 1893																																																										
EQUIPOS: Cazueta No: N/A Balanza No: 03 Horno No: HN-01																																																										
SONDEO: SAPUYES MUESTRA: 1 PROFUNDIDAD(m): LECHO DE RÍO																																																										
DESCRIPCIÓN: Grava arenosa, de color gris.																																																										
OBSERVACIONES: NOMBRE DE PUENTE SAPUYES.																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="3">LÍMITE LÍQUIDO</th> <th colspan="3">LÍMITE PLÁSTICO</th> <th>CONTENIDO DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Golpes</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Recipiente No.</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>27A</td> </tr> <tr> <td>P₁ (g)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1373,7</td> </tr> <tr> <td>P₂ (g)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1294,5</td> </tr> <tr> <td>P₃ (g)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>74,70</td> </tr> <tr> <td>w (%)</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>6,5</td> </tr> </tbody> </table>				LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			CONTENIDO DE HUMEDAD	Golpes	-	-	-	-	-	-	-	Recipiente No.	-	-	-	-	-	-	27A	P ₁ (g)	-	-	-	-	-	-	1373,7	P ₂ (g)	-	-	-	-	-	-	1294,5	P ₃ (g)	-	-	-	-	-	-	74,70	w (%)	-	-	-	-	-	-	6,5
	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			CONTENIDO DE HUMEDAD																																																			
Golpes	-	-	-	-	-	-	-																																																			
Recipiente No.	-	-	-	-	-	-	27A																																																			
P ₁ (g)	-	-	-	-	-	-	1373,7																																																			
P ₂ (g)	-	-	-	-	-	-	1294,5																																																			
P ₃ (g)	-	-	-	-	-	-	74,70																																																			
w (%)	-	-	-	-	-	-	6,5																																																			
<table> <tr> <td>LÍMITE LÍQUIDO (%)</td> <td>NL</td> <td>CLASIFICACIÓN U.S.C.S PASA T-40</td> <td>- -</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO (%)</td> <td>NP</td> <td>ÍNDICE DE LIQUIDEZ</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)</td> <td>-</td> <td>ÍNDICE DE CONSISTENCIA</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>CLASIFICACIÓN U.S.C.S. GENERAL</td> <td>GM</td> <td>ÍNDICE DE FLUIDEZ</td> <td>-</td> </tr> </table>			LÍMITE LÍQUIDO (%)	NL	CLASIFICACIÓN U.S.C.S PASA T-40	- -	LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP	ÍNDICE DE LIQUIDEZ	-	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	-	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	-	CLASIFICACIÓN U.S.C.S. GENERAL	GM	ÍNDICE DE FLUIDEZ	-																																								
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NL	CLASIFICACIÓN U.S.C.S PASA T-40	- -																																																							
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP	ÍNDICE DE LIQUIDEZ	-																																																							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	-	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	-																																																							
CLASIFICACIÓN U.S.C.S. GENERAL	GM	ÍNDICE DE FLUIDEZ	-																																																							
CONTENIDO DE HUMEDAD Vs NÚMERO DE GOLPES  <table border="1"> <tr> <td>Peso de la muestra inicial (g)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Peso retenido en el tamiz # 40 (g)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje retenido en el tamiz # 40</td> <td>-</td> </tr> </table>			Peso de la muestra inicial (g)	-	Peso retenido en el tamiz # 40 (g)	-	Porcentaje retenido en el tamiz # 40	-																																																		
Peso de la muestra inicial (g)	-																																																									
Peso retenido en el tamiz # 40 (g)	-																																																									
Porcentaje retenido en el tamiz # 40	-																																																									
P₁ = Masa del recipiente mas muestra húmeda P₂ = Masa del recipiente mas muestra seca P₃ = Masa del recipiente w = Contenido de humedad de la muestra																																																										

Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.4.2 Socavación local.

Del estudio hidráulico realizado para el río Boquerón, la quebrada El Macal, cuenca C-36.4 (Puente Vereda Tablón Alto), el Cauce 38.7 (puente vereda El Porvenir) y el río Sapuyes, se obtiene como resultado la extensión de la lámina de agua. En base a dicho estudio, se observa que la lámina de agua de la avenida de periodo de retorno de 100 años no afecta ni a las pilas ni a los estribos de los viaductos; de esta manera se concluye que no se producirá socavación que afecte a las pilas y estribos de los viaductos.

7.4.4.3 Socavación en obras menores.

En el caso concreto de las alcantarillas y Box Culvert, la erosión localizada aparece aguas abajo en las proximidades de la obra de drenaje, y es debida a la mayor concentración de energía cinética en la desembocadura de la misma.

Teniendo en cuenta que las formulaciones para modelar la socavación en alcantarillas y Box Culvert son elaboradas por metodologías empíricas, cuyos resultados están condicionados la situación específica de la zona donde se realiza el estudio, y por tanto pueden generar resultados no esperados, se considera adecuado evaluarla a partir de diversas aproximaciones. Para ello, de acuerdo a lo indicado en los Requerimientos Técnicos Estudios y Diseños de Carreteras FASE III de INVIAS en su numeral 3.7.3.3 Obras menores, recurrimos al Manual de Drenaje para Carreteras de INVIAS y a otra bibliografía de referencia, en este caso a la Instrucción 5.2 – IC. Drenaje Superficial de España. El objetivo perseguido es el de conocer el rango de variación y elegir aquella metodología que más se ajuste a la realidad del fenómeno y la zona estudiada.

Así, inicialmente se empleó la formulación de Breusers y Raudkivi (1991) (Manual de Drenaje para Carreteras) que recomiendan utilizar las siguientes expresiones para determinar la profundidad, ancho y longitud de las fosas de socavación aguas abajo de alcantarillas y Box Culvert:

- Profundidad de socavación Y_s

$$\frac{Y_s}{D} = 0.65 \left(\frac{V_o}{v_{*c}} \right)^{1/3}$$

- Ancho de socavación B_s :

$$\frac{B_s}{D} = 7.5 (Fr)^{2/3}$$

- Longitud de socavación L_s :

$$\frac{L_s}{D} = 15 (Fr)^{2/3}$$

Dónde:

Vo = Velocidad promedio en la alcantarilla

D = Diámetro de la alcantarilla

V*c = Velocidad de cortante crítica para el material de suelo

Con esta formulación, el caso concreto estudiado, se obtienen valores muy elevados, fuera del rango lógico de erosión de una alcantarilla/o Box Culvert. Obteniéndose en la mayoría de los casos anchos de socavación superiores a los 15 m y longitudes que en algunos casos exceden los 50 m. Valores fuera del rango lógico de las erosiones que producen alcantarillas, que es en su mayoría son 900 mm de diámetro, con cursos de agua muy poco marcados, y con velocidades, alturas de agua y caudales muy bajos.

Otra de las formulaciones estudiadas se basa en el procedimiento descrito en la Instrucción 5.2-IC de la normativa española.

Para ello se estudia el nivel del agua en la salida de la obra de drenaje, considerándolo:

- Alto: $h_s > \delta$
- Medio: $\delta > h_s > \delta/2$
- Bajo: $h_s < \delta/2$

La determinación de los niveles del agua a la salida de la Obra de Drenaje (alto, medio o bajo), como ya se ha indicado, se fija mediante el ábaco 5.19 de la mencionada Instrucción.

Las máximas erosiones se producen con niveles medios, mientras que con niveles altos y geometría simétrica la erosión es nula.

El valor del caudal específico Qe viene dado por las fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{— Sección circular : } Q_e &= \frac{Q}{\sqrt{g} D^{2,5}} \\ \text{— Sección rectangular : } Q_e &= \frac{Q}{\sqrt{g} B \times H^{1,5}} \end{aligned}$$

Esta erosión se calcula mediante las formulas adimensionales de la Instrucción para secciones circulares y rectangulares.

Sección circular:

$$e/D = 2^* \left[\frac{Q}{D^{5/2} * \sqrt{g}} \right]^{3/8}$$

Sección rectangular:

$$e/H = 3 \left(\frac{-H}{3*B} \right) \left(\frac{Q}{B*H^{3/2}*\sqrt{g}} \right)^{3/8}$$

Siendo:

e: Erosión máxima previsible
 Q: Caudal
 g: Aceleración de la gravedad
 D: Diámetro del tubo
 H: Altura del conducto rectangular
 B: Anchura del conducto rectangular

En función de la erosión máxima previsible y del tipo de nivel a la salida, se propone como solución un determinado espesor de rastrillo, o un espesor de rastrillo con una longitud de solera, o en el caso de optar por la protección de escollera, se propone una longitud de la protección y un diámetro mínimo. Siendo estos los valores:

- Alto: Rastrillo vertical con una profundidad mínima de 0,25 e.
- Medio, Bajo, una de las siguientes opciones:
 - Rastrillo de 0,70 e de profundidad mínima.
 - Solera de hormigón de 1,2 x e de longitud mínima rematada con un rastrillo de 0,25 e.
 - Manto de escollera de 1,6 e de longitud y un espesor mínimo de 2,5 veces el tamaño mínimo de los valores dados por la Instrucción 5.2-IC Drenaje superficial

Los resultados obtenidos mediante esta formulación se adecúan más a la realidad del fenómeno y a la situación a estudio, por tanto, es esta última la formulación que se ha empleado para el estudio de la socavación y la propuesta de medidas de protección frente a la misma.

Tras los resultados obtenidos, como regla general, la protección mínima diseñada a la salida de las obras de drenaje transversal consiste en:

- - Rastrillo de 0.5 m de altura.
- - Enrocado abocinado con dimensiones
 - Ancho inicial del enrocado: ancho de la alcantarilla + 0.5m.
 - Longitud 2.5m.
 - Ancho final del enrocado: ancho de la alcantarilla + 4m.

Para asegurar la durabilidad del enrocado por posibles arrastres del agua, se diseña con hormigón de espesor 0.1 a 0.2 m y piedras hincadas en el mismo espaciadas cada 0.3 m.

Con esta solución propuesta se da cumplimiento a las protecciones mínimas necesarias marcadas en la formulación seleccionada.

A continuación en la **Tabla 7-74** se encuentran los datos de los cálculos con la formulación empleada.

Tabla 7-74 Comprobación erosión por socavación en alcantarillas y Box Culvert.

ABSCISA	TIPO DE OBRA	ANCHO B (m)	ALTO H (m) Ó Ø(m)	CAUDAL (m³/S)	CALADO SALIDA (m)	CAUDAL ESPECÍFICO	DELTA/H	DELTA	NIVEL EROSIVO	ESPESOR EROSIÓN (m)	PROTECCIONES POSIBLES (M)			
											H RASTRILLO	L SOLERA CONCRETO	H RASTRILLO	L SOLERA ESCOLLERA
15+873	Circular		1.20	0.92	0.27	0.185	0.000	0.000	Alto	1.276	0.32	-	-	-
15+984	Circular		0.90	0.17	0.20	0.072	0.000	0.000	Alto	0.671	0.17	-	-	-
16+120	Cuadrada	2.00	2.00	5.70	0.56	0.322	0.000	0.000	Alto	0.906	0.23	-	-	-
16+329	Circular		0.90	0.53	0.22	0.219	0.000	0.000	Alto	1.018	0.25	-	-	-
16+432	Circular		0.90	0.10	0.13	0.042	0.000	0.000	Alto	0.549	0.14	-	-	-
16+508	Rectangular B=1,5H	3.00	2.00	10.88	0.62	0.410	0.000	0.000	Alto	1.121	0.28	-	-	-
16+714	Circular		0.90	0.39	0.36	0.163	0.000	0.000	Alto	0.911	0.23	-	-	-
16+840	Circular		0.90	0.32	0.22	0.132	0.000	0.000	Alto	0.843	0.21	-	-	-
16+922	Circular		1.20	1.97	0.40	0.398	0.000	0.000	Alto	1.699	0.42	-	-	-
17+004	Circular		0.90	0.09	0.08	0.036	0.000	0.000	Alto	0.515	0.13	-	-	-
17+082	Circular		0.90	0.13	0.14	0.053	0.000	0.000	Alto	0.600	0.15	-	-	-
0+034	Circular		0.90	0.01	0.04	0.005	0.000	0.000	Alto	0.243	0.06	-	-	-
0+132	Circular		0.90	0.29	0.16	0.121	0.000	0.000	Alto	0.816	0.20	-	-	-
17+300	Circular		0.90	0.28	0.13	0.117	0.000	0.000	Alto	0.805	0.20	-	-	-
17+480	Circular		0.90	0.35	0.33	0.144	0.000	0.000	Alto	0.871	0.22	-	-	-
17+555	Circular		0.90	0.87	0.38	0.361	0.000	0.000	Alto	1.228	0.31	-	-	-
17+761	Cuadrada	1.50	1.50	2.58	0.30	0.299	0.000	0.000	Alto	0.661	0.17	-	-	-
17+913	Circular		0.90	0.07	0.15	0.028	0.000	0.000	Alto	0.472	0.12	-	-	-
18+097	Cuadrada	2.00	2.00	3.95	0.43	0.223	0.000	0.000	Alto	0.790	0.20	-	-	-
18+169	Circular		0.90	0.45	0.20	0.188	0.000	0.000	Alto	0.963	0.24	-	-	-
18+415	Circular		0.90	0.22	0.20	0.092	0.000	0.000	Alto	0.737	0.18	-	-	-
18+519	Circular		0.90	0.16	0.14	0.066	0.000	0.000	Alto	0.648	0.16	-	-	-
18+610	Circular		0.90	0.04	0.06	0.017	0.000	0.000	Alto	0.391	0.10	-	-	-
0+284	Circular		0.90	0.10	0.18	0.043	0.000	0.000	Alto	0.551	0.14	-	-	-
0+026	Circular		0.90	0.34	0.15	0.142	0.000	0.000	Alto	0.867	0.22	-	-	-
0+183	Circular		0.90	0.02	0.04	0.010	0.000	0.000	Alto	0.318	0.08	-	-	-
19+512	Cuadrada	2.00	2.00	10.53	0.97	0.595	0.000	0.000	Alto	1.141	0.29	-	-	-
19+777	Cuadrada	2.00	2.00	10.53	1.47	0.595	0.000	0.000	Alto	1.141	0.29	-	-	-
20+259	Circular		0.90	0.64	0.46	0.265	0.000	0.000	Alto	1.094	0.27	-	-	-

ABSCISA	TIPO DE OBRA	ANCHO B (m)	ALTO H (m) Ó Ø(m)	CAUDAL (m³/S)	CALADO SALIDA (m)	CAUDAL ESPECÍFICO	DELTA/H	DELTA	NIVEL EROSIVO	ESPESOR EROSIÓN (m)	PROTECCIONES POSIBLES (M)			
											H RASTRILLO	L SOLERA CONCRETO	H RASTRILLO	L SOLERA ESCOLLERA
20+400	Circular		0.90	0.52	0.42	0.216	0.000	0.000	Alto	1.013	0.25	-	-	-
20+573	Cuadrada	1.50	1.50	2.63	0.31	0.305	0.000	0.000	Alto	0.666	0.17	-	-	-
20+831	Cuadrada	3.00	3.00	18.29	1.14	0.375	0.000	0.000	Alto	1.440	0.36	-	-	-
21+061	Circular		0.90	0.11	0.18	0.044	0.000	0.000	Alto	0.558	0.14	-	-	-
21+279	Circular		0.90	0.11	0.10	0.048	0.000	0.000	Alto	0.575	0.14	-	-	-
21+333	Circular		0.90	0.37	0.35	0.155	0.000	0.000	Alto	0.895	0.22	-	-	-
21+585	Circular		0.90	0.64	0.46	0.265	0.000	0.000	Alto	1.094	0.27	-	-	-
21+833	Circular		0.90	0.12	0.08	0.049	0.000	0.000	Alto	0.582	0.15	-	-	-
22+122	Circular		0.90	0.34	0.18	0.142	0.000	0.000	Alto	0.865	0.22	-	-	-
22+192	Circular		0.90	0.07	0.08	0.027	0.000	0.000	Alto	0.466	0.12	-	-	-
22+343	Circular		0.90	0.71	0.23	0.293	0.000	0.000	Alto	1.136	0.28	-	-	-
22+428	Cuadrada	3.00	3.00	19.88	1.21	0.407	0.000	0.000	Alto	1.485	0.37	-	-	-
22+961	Circular		0.90	0.10	0.18	0.042	0.000	0.000	Alto	0.546	0.14	-	-	-
23+157	Cuadrada	2.00	2.00	10.08	0.94	0.569	0.000	0.000	Alto	1.122	0.28	-	-	-
23+370	Cuadrada	1.50	1.50	2.85	0.44	0.331	0.000	0.000	Alto	0.687	0.17	-	-	-
23+598	Circular		0.90	0.09	0.17	0.037	0.000	0.000	Alto	0.521	0.13	-	-	-
0+125	Circular		0.90	0.10	0.18	0.041	0.000	0.000	Alto	0.544	0.14	-	-	-
23+843	Circular		0.90	0.28	0.30	0.115	0.000	0.000	Alto	0.800	0.20	-	-	-
24+051	Circular		1.20	1.12	0.30	0.226	0.000	0.000	Alto	1.375	0.34	-	-	-
0+089	Circular		0.90	0.02	0.04	0.007	0.000	0.000	Alto	0.281	0.07	-	-	-
24+138	Rectangular B=1,5H	3.00	2.00	12.14	0.74	0.457	0.000	0.000	Alto	1.168	0.29	-	-	-
24+209	Rectangular B=1,5H	3.00	2.00	12.14	0.74	0.457	0.000	0.000	Alto	1.168	0.29	-	-	-
24+274	Circular		0.90	0.05	0.08	0.020	0.000	0.000	Alto	0.418	0.10	-	-	-
24+315	Cuadrada	2.00	2.00	9.04	0.86	0.511	0.000	0.000	Alto	1.078	0.27	-	-	-
24+523	Cuadrada	2.00	2.00	7.84	0.70	0.443	0.000	0.000	Alto	1.022	0.26	-	-	-
24+852	Circular		0.90	0.06	0.12	0.025	0.000	0.000	Alto	0.455	0.11	-	-	-
24+947	Circular		0.90	0.55	0.20	0.228	0.000	0.000	Alto	1.034	0.26	-	-	-
25+331	Circular		1.20	1.46	0.65	0.295	0.000	0.000	Alto	1.518	0.38	-	-	-
25+529	Circular		0.90	0.06	0.14	0.027	0.000	0.000	Alto	0.463	0.12	-	-	-
25+589	Circular		1.20	2.13	0.43	0.432	0.000	0.000	Alto	1.751	0.44	-	-	-
25+892	Circular	0	0.9	0.29	0.21	0.120	0.177	0.159	Alto	0.812	0.20	-	-	-

ABSCISA	TIPO DE OBRA	ANCHO B (m)	ALTO H (m) Ó Ø(m)	CAUDAL (m³/S)	CALADO SALIDA (m)	CAUDAL ESPECÍFICO	DELTA/H	DELTA	NIVEL EROSIVO	ESPESOR EROSIÓN (m)	PROTECCIONES POSIBLES (M)			
											H RASTRILLO	L SOLERA CONCRETO	H RASTRILLO	L SOLERA ESCOLLERA
25+952	Circular	0	1.2	1.22	0.40	0.248	0.342	0.410	Medio	1.423	1.00	1.71	0.36	2.28
26+121	Circular	0	0.9	0.23	0.27	0.094	0.141	0.127	Alto	0.742	0.19	-	-	-
0+133	Circular	0	0.9	0.38	0.35	0.157	0.227	0.204	Alto	0.898	0.22	-	-	-
26+440	Circular	0	0.9	0.60	0.31	0.249	0.343	0.309	Medio	1.068	0.75	1.28	0.27	1.71
26+805	Circular	0	0.9	0.30	0.17	0.123	0.181	0.163	Alto	0.820	0.21	-	-	-
0+018	Circular	0	0.9	0.02	0.07	0.007	0.014	0.013	Alto	0.281	0.07	-	-	-
27+312	Circular	0	1.2	1.42	0.34	0.287	0.387	0.465	Medio	1.503	1.05	1.80	0.38	2.40
27+387	Circular	0	0.9	0.11	0.19	0.047	0.073	0.066	Alto	0.571	0.14	-	-	-
27+565	Circular	0	0.9	0.12	0.11	0.048	0.075	0.067	Alto	0.577	0.14	-	-	-
27+680	Circular	0	0.9	0.12	0.19	0.050	0.077	0.069	Alto	0.584	0.15	-	-	-
27+909	Circular	0	1.2	1.25	0.32	0.253	0.348	0.417	Medio	1.433	1.00	1.72	0.36	2.29
0+165	Circular	0	1.2	1.25	0.32	0.253	0.348	0.417	Medio	1.433	1.00	1.72	0.36	2.29
0+114	Circular	0	0.9	0.48	0.40	0.201	0.284	0.256	Alto	0.986	0.25	-	-	-
28+539	Circular	0	0.9	0.48	0.26	0.201	0.284	0.256	Alto	0.986	0.25	-	-	-
28+677	Circular	0	0.9	0.34	0.23	0.142	0.207	0.187	Alto	0.866	0.22	-	-	-
28+830	Circular	0	0.9	0.13	0.14	0.053	0.082	0.073	Alto	0.597	0.15	-	-	-
29+212	Rectangular B=1,5H	3	2	12.94	0.70	0.487	0.618	1.237	Medio	1.196	0.84	1.44	0.30	1.91
29+437	Rectangular B=1,5H	3	2	9.90	0.58	0.373	0.501	1.002	Medio	1.082	0.76	1.30	0.27	1.73
29+594	Rectangular B=1,5H	3	2	6.26	0.43	0.236	0.336	0.671	Medio	0.911	0.64	1.09	0.23	1.46
29+756	Rectangular B=1,5H	3	2	12.85	0.77	0.484	0.615	1.230	Medio	1.193	0.84	1.43	0.30	1.91
29+966	Circular	0	0.9	0.43	0.37	0.177	0.254	0.229	Alto	0.941	0.24	-	-	-
0+230	Circular	0	0.9	0.18	0.24	0.074	0.112	0.101	Alto	0.677	0.17	-	-	-
30+318	Circular	0	0.9	0.12	0.10	0.051	0.079	0.071	Alto	0.591	0.15	-	-	-
30+641	Circular	0	0.9	0.34	0.33	0.142	0.207	0.186	Alto	0.866	0.22	-	-	-
30+880	Circular	0	0.9	0.22	0.26	0.092	0.139	0.125	Alto	0.737	0.18	-	-	-
31+080	Circular	0	0.9	0.24	0.28	0.101	0.150	0.135	Alto	0.761	0.19	-	-	-
31+152	Circular	0	0.9	0.06	0.14	0.025	0.041	0.037	Alto	0.454	0.11	-	-	-
31+368	Circular	0	0.9	0.08	0.14	0.035	0.056	0.050	Alto	0.512	0.13	-	-	-
31+624	Circular	0	0.9	0.15	0.22	0.064	0.097	0.088	Alto	0.640	0.16	-	-	-

ABSCISA	TIPO DE OBRA	ANCHO B (m)	ALTO H (m) Ó Ø(m)	CAUDAL (m³/S)	CALADO SALIDA (m)	CAUDAL ESPECÍFICO	DELTA/H	DELTA	NIVEL EROSIVO	ESPESOR EROSIÓN (m)	PROTECCIONES POSIBLES (M)			
											H RASTRILLO	L SOLERA CONCRETO	H RASTRILLO	L SOLERA ESCOLLERA
31+746	Circular	0	1.2	1.71	0.72	0.347	0.451	0.541	Alto	1.613	0.40	-	-	-
31+950	Rectangular H=2B	2	4	16.40	1.59	0.327	0.401	1.604	Medio	1.265	0.89	1.52	0.32	2.02
32+103	Circular	0	0.9	0.14	0.21	0.059	0.091	0.082	Alto	0.623	0.16	-	-	-
32+243	Circular	0	0.9	0.15	0.21	0.061	0.093	0.084	Alto	0.629	0.16	-	-	-
32+320	Circular	0	0.9	0.12	0.19	0.049	0.076	0.068	Alto	0.580	0.14	-	-	-
32+489	Circular	0	0.9	0.43	0.37	0.179	0.257	0.231	Alto	0.945	0.24	-	-	-
32+590	Circular	0	0.9	0.36	0.34	0.151	0.220	0.198	Alto	0.886	0.22	-	-	-
32+735	Circular	0	0.9	0.05	0.09	0.020	0.034	0.030	Alto	0.418	0.10	-	-	-
32+984	Circular	0	1.2	1.54	0.38	0.312	0.414	0.497	Medio	1.550	1.08	1.86	0.39	2.48
33+259	Circular	0	0.9	0.78	0.52	0.326	0.430	0.387	Alto	1.182	0.30	-	-	-
33+322	Circular	0	0.9	0.12	0.20	0.051	0.079	0.071	Alto	0.590	0.15	-	-	-
33+403	Circular	0	0.9	0.25	0.28	0.102	0.152	0.137	Alto	0.765	0.19	-	-	-
33+592	Circular	0	0.9	0.68	0.27	0.281	0.380	0.342	Medio	1.118	0.78	1.34	0.28	1.79
33+770	Cuadrada	1.5	1.5	2.99	0.40	0.347	0.474	0.711	Medio	0.699	0.49	0.84	0.17	1.12
33+868	Circular	0	1.2	1.95	0.70	0.396	0.499	0.599	Alto	1.695	0.42	-	-	-
34+012	Cuadrada	1.5	1.5	2.94	0.45	0.341	0.467	0.701	Medio	0.695	0.49	0.83	0.17	1.11
34+106	Circular	0	1.2	1.44	0.65	0.292	0.393	0.472	Alto	1.513	0.38	-	-	-
34+241	Circular	0	0.9	0.07	0.15	0.030	0.049	0.044	Alto	0.485	0.12	-	-	-
34+294	Circular	0	0.9	0.07	0.09	0.031	0.050	0.045	Alto	0.489	0.12	-	-	-
34+351	Cuadrada	1.5	1.5	3.12	0.37	0.362	0.491	0.737	Medio	0.710	0.50	0.85	0.18	1.14
34+492	Circular	0	0.9	0.21	0.15	0.089	0.133	0.120	Alto	0.726	0.18	-	-	-
34+566	Circular	0	0.9	0.32	0.32	0.131	0.193	0.174	Alto	0.841	0.21	-	-	-
34+663	Circular	0	0.9	0.32	0.32	0.132	0.194	0.175	Alto	0.843	0.21	-	-	-
34+685	Circular	0	0.9	0.26	0.29	0.110	0.163	0.147	Alto	0.787	0.20	-	-	-
34+814	Circular	0	0.9	0.19	0.24	0.078	0.118	0.106	Alto	0.692	0.17	-	-	-
34+939	Circular	0	0.9	0.17	0.23	0.069	0.106	0.095	Alto	0.661	0.17	-	-	-
35+013	Circular	0	0.9	0.20	0.25	0.084	0.000	0.000	Alto	0.712	0.18	-	-	-
35+347	Circular	0	0.9	0.80	0.52	0.330	0.000	0.000	Alto	1.188	0.30	-	-	-
35+483	Circular	0	0.9	0.33	0.32	0.137	0.000	0.000	Alto	0.854	0.21	-	-	-
35+732	Cuadrada	2	2	4.81	0.43	0.272	0.000	0.000	Alto	0.851	0.21	-	-	-
0+022	Circular	0	0.9	0.13	0.20	0.052	0.000	0.000	Alto	0.594	0.15	-	-	-
36+002	Cuadrada	6	3.5	41.79	2.80	0.340	0.000	0.000	Alto	1.886	0.47	-	-	-

ABSCISA	TIPO DE OBRA	ANCHO B (m)	ALTO H (m) Ø (m)	CAUDAL (m³/S)	CALADO SALIDA (m)	CAUDAL ESPECÍFICO	DELTA/H	DELTA	NIVEL EROSIVO	ESPESOR EROSIÓN (m)	PROTECCIONES POSIBLES (M)			
											H RASTRILLO	L SOLERA CONCRETO	H RASTRILLO	L SOLERA ESCOLLERA
36+053	Circular	0	1.2	1.50	0.66	0.303	0.000	0.000	Alto	1.534	0.38	-	-	-
36+239	Circular	0	0.9	0.21	0.25	0.086	0.000	0.000	Alto	0.718	0.18	-	-	-
36+751	Cuadrada	2	2	5.52	0.55	0.312	0.000	0.000	Alto	0.896	0.22	-	-	-
36+878	Circular	0	0.9	0.84	0.31	0.350	0.000	0.000	Alto	1.215	0.30	-	-	-
37+471	Circular	0	1.2	1.15	0.56	0.232	0.000	0.000	Alto	1.388	0.35	-	-	-
37+927	Cuadrada	2	2	6.99	0.83	0.395	0.527	1.055	Medio	0.978	0.68	1.17	0.24	1.57
38+126	Circular	0	1.2	1.40	0.52	0.284	0.384	0.460	Alto	1.497	0.37	-	-	-
38+302	Circular	0	0.9	0.60	0.45	0.248	0.342	0.308	Alto	1.068	0.27	-	-	-
38+480	Circular	0	0.9	0.10	0.15	0.042	0.067	0.060	Alto	0.551	0.14	-	-	-
39+228	Circular	0	0.9	0.56	0.43	0.231	0.322	0.290	Alto	1.039	0.26	-	-	-
39+470	Circular	0	0.9	0.42	0.37	0.174	0.250	0.225	Alto	0.935	0.23	-	-	-
39+651	Cuadrada	2	2	4.82	0.81	0.272	0.382	0.764	Alto	0.851	0.21	-	-	-
39+679	Rectangular	3	2	10.97	0.92	0.413	0.544	1.088	Medio	1.124	0.79	1.35	0.28	1.80
40+037	Cuadrada	3	3	17.48	1.29	0.358	0.487	1.462	Medio	1.416	0.99	1.70	0.35	2.26
40+312	Circular	0	1.2	1.79	0.44	0.362	0.466	0.559	Medio	1.639	1.15	1.97	0.41	2.62
40+382	Circular	0	0.9	0.55	0.27	0.228	0.318	0.286	Medio	1.034	0.72	1.24	0.26	1.65
40+571	Circular	0	0.9	0.16	0.13	0.066	0.101	0.091	Alto	0.650	0.16	-	-	-
40+856	Circular	0	0.9	0.61	0.46	0.252	0.346	0.312	Alto	1.073	0.27	-	-	-
40+911	Circular	0	0.9	0.27	0.29	0.112	0.166	0.149	Alto	0.791	0.20	-	-	-
0+074	Cuadrada	1.5	1.5	2.81	0.32	0.325	0.449	0.673	Bajo	0.683	0.48	0.82	0.17	1.09
0+108	Circular	0	0.9	0.01	0.04	0.005	0.011	0.010	Alto	0.254	0.06	-	-	-
0+146	Circular	0	1.2	1.72	0.72	0.348	0.453	0.543	Alto	1.616	0.40	-	-	-
41+723	Circular	1	0.9	0.67	0.26	0.280	0.379	0.341	Medio	1.117	0.78	1.34	0.28	1.79
42+058	Cuadrada	2	2	4.14	0.73	0.234	0.332	0.663	Alto	0.804	0.20	-	-	-
42+172	Circular	0	0.9	0.32	0.32	0.133	0.195	0.176	Alto	0.845	0.21	-	-	-
42+196	Circular	0	0.9	0.40	0.36	0.164	0.237	0.213	Alto	0.915	0.23	-	-	-
42+346	Circular	0	0.9	0.93	0.56	0.387	0.491	0.442	Alto	1.261	0.32	-	-	-
42+555	Circular	0	0.9	0.37	0.34	0.153	0.222	0.200	Alto	0.890	0.22	-	-	-
42+852	Circular	0	0.9	0.39	0.36	0.162	0.234	0.211	Alto	0.910	0.23	-	-	-
42+966	Circular	0	0.9	0.05	0.13	0.021	0.034	0.031	Alto	0.421	0.11	-	-	-
42+997	Circular	0	0.9	0.03	0.10	0.014	0.024	0.021	Alto	0.360	0.09	-	-	-
43+033	Circular	0	0.9	0.03	0.09	0.011	0.020	0.018	Alto	0.333	0.08	-	-	-
43+070	Circular	0	0.9	0.02	0.07	0.006	0.013	0.011	Alto	0.268	0.07	-	-	-

ABSCISA	TIPO DE OBRA	ANCHO B (m)	ALTO H (m) Ó Ø(m)	CAUDAL (m³/S)	CALADO SALIDA (m)	CAUDAL ESPECÍFICO	DELTA/H	DELTA	NIVEL EROSIVO	ESPESOR EROSIÓN (m)	PROTECCIONES POSIBLES (M)			
											H RASTRILLO	L SOLERA CONCRETO	H RASTRILLO	L SOLERA ESCOLLERA
43+243	Circular	0	0.9	0.15	0.20	0.062	0.095	0.086	Alto	0.635	0.16	-	-	-
43+319	Cuadrada	2	2	4.83	0.64	0.273	0.383	0.767	Medio	0.852	0.60	1.02	0.21	1.36
43+432	Cuadrada	2	2	4.83	0.43	0.273	0.383	0.767	Medio	0.852	0.60	1.02	0.21	1.36
43+494	Circular	0	0.9	0.03	0.09	0.012	0.021	0.019	Alto	0.339	0.08	-	-	-
43+475	Circular	0	0.9	0.96	0.49	0.398	0.501	0.451	Alto	1.274	0.32	-	-	-
43+560	Circular	0	0.9	0.21	0.25	0.085	0.128	0.116	Alto	0.715	0.18	-	-	-
43+602	Circular	0	1.2	1.74	0.72	0.352	0.457	0.548	Alto	1.623	0.41	-	-	-
43+609	Circular	0	0.9	0.16	0.13	0.068	0.103	0.093	Alto	0.656	0.16	-	-	-
43+800	Circular	0	0.9	0.10	0.17	0.041	0.064	0.058	Alto	0.542	0.14	-	-	-
43+870	Cuadrada	3	3	14.68	1.25	0.301	0.419	1.256	Medio	1.326	0.93	1.59	0.33	2.12
43+919	Circular	0	0.9	0.40	0.36	0.167	0.240	0.216	Alto	0.920	0.23	-	-	-
43+965	Circular	0	0.9	0.07	0.15	0.030	0.048	0.044	Alto	0.484	0.12	-	-	-
44+020	Circular	0	0.9	0.91	0.30	0.376	0.481	0.433	Medio	1.248	0.87	1.50	0.31	2.00
44+103	Circular	0	0.9	0.08	0.11	0.034	0.054	0.049	Alto	0.507	0.13	-	-	-
44+189	Circular	0	0.9	0.16	0.16	0.065	0.100	0.090	Alto	0.646	0.16	-	-	-
44+269	Circular	0	0.9	0.27	0.20	0.112	0.166	0.150	Alto	0.792	0.20	-	-	-
44+376	Cuadrada	2	2	5.39	0.71	0.304	0.423	0.846	Medio	0.888	0.62	1.07	0.22	1.42
44+411	Circular	0	0.9	0.46	0.25	0.189	0.269	0.242	Alto	0.964	0.24	-	-	-
44+532	Circular	0	0.9	0.21	0.26	0.088	0.133	0.120	Alto	0.725	0.18	-	-	-
44+695	Circular	0	0.9	0.45	0.38	0.187	0.266	0.240	Alto	0.959	0.24	-	-	-

Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.5 Estudios hidráulicos.

Con el objetivo de captar, transportar y reponer el cauce de las aguas de escorrentía superficial y subsuperficial, se dispondrán a lo largo del trazado los siguientes elementos:

- Obras de drenaje transversales como alcantarillas (circulares y box culvert) y pontones o puentes para cuencas mayores con sus respectivas obras complementarias de disposición de aguas o estructuras de descole.
- Obras de drenaje longitudinales, tales como cunetas y zanjas de coronación.
- Obras de subdrenaje, entre las cuales se incluyen los filtros.
- Medidas de protección contra la socavación, en el caso de ser necesarias.

A continuación, se explican las metodologías empleadas para el dimensionamiento de estas obras.

7.4.5.1 Hidráulica de obras menores

7.4.5.2 Criterios de diseño.

Teniendo en cuenta que el trazado proyectado discurre sobre la vía existente, duplicando la calzada siempre que las condiciones y especificaciones del proyecto lo permitan. Para la definición de las alcantarillas y box culvert de este tramo, se han tenido en cuenta las alcantarillas y box culvert existentes. De esta manera, se realizó un inventario de alcantarillas y box culvert existentes y se revisó el estado estructural y de conservación de las mismas.

En base a los caudales calculados para cada cuenca vertiente se ha determinado la validez de la sección hidráulica de las obras existentes, estableciéndose los siguientes criterios a la hora de determinar la dimensión de las alcantarillas proyectadas:

- Mantener las alcantarillas existentes de diámetro menor a 900 mm si cumplen hidráulicamente, se encuentran en un estado de conservación adecuado, y se localizan en los tramos de calzada independiente en los que sólo se realizan actuaciones de mejoramiento.
- Ampliar las alcantarillas existentes de diámetro menor a 900 mm siempre que cumplan hidráulicamente y se encuentren en un estado de conservación adecuado. La ampliación presenta dos situaciones:
 - ✓ Ampliación aguas abajo: la ampliación de la alcantarilla hacia aguas abajo, se realizará con una alcantarilla de diámetro 900 mm.
 - ✓ Ampliación aguas arriba: si la ampliación requerida es aguas arriba, se sustituirá la alcantarilla por una alcantarilla de diámetro 900 mm.
- Disponer alcantarillas de diámetro mínimo 900 mm en todas las alcantarillas proyectadas nuevas.

Para determinar la validez de las alcantarillas y box culvert se ha considerado los siguientes criterios:

- La altura de agua máxima a la entrada/altura de la obra sea como máximo 1.2 ($H_e/D=1.2$).
- La velocidad en el interior de las obras sea inferior a 6 m/s.

- **Metodología.**

Los cálculos hidráulicos de las alcantarillas proyectadas se han realizado siguiendo la metodología propuesta por el Bureau of Public Roads de los Estados Unidos de América.

Esta metodología distingue ocho posibilidades diferentes de funcionamiento de la alcantarilla, divididas en dos grandes grupos, dependiendo de si la sección a la entrada está parcial o totalmente llena. Para conocer el tipo de funcionamiento es necesario introducir una serie de parámetros:

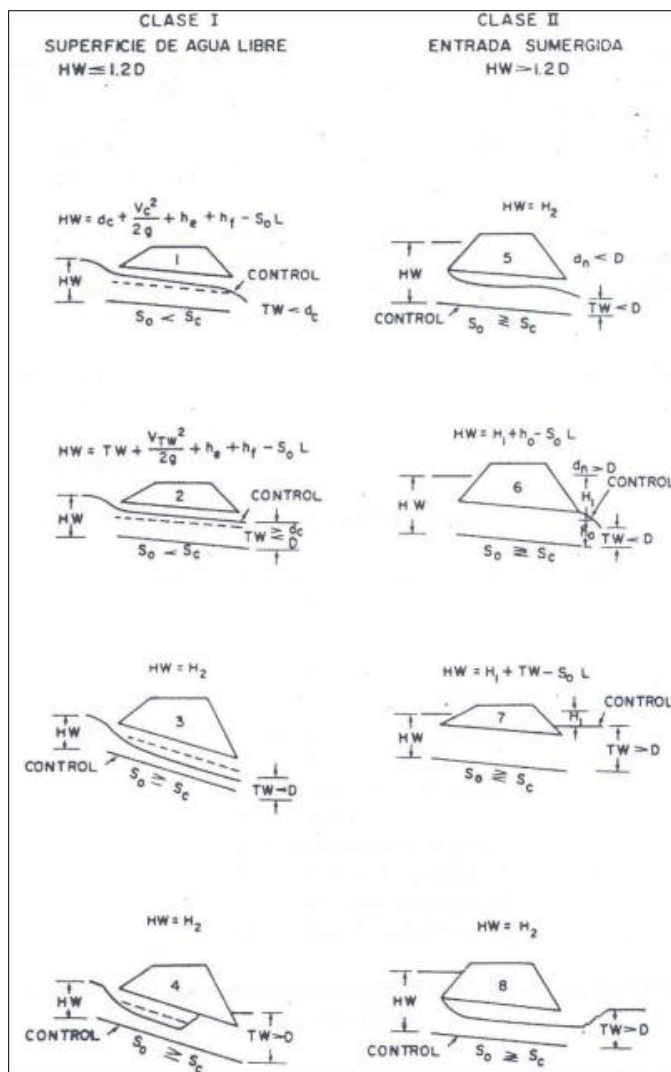
- Tipo de embocadura: determina el coeficiente de pérdidas en la entrada, ke.
- Datos de la alcantarilla: dimensiones, rugosidad, longitud y pendiente.
- Caudal de diseño: las alcantarillas proyectadas se dimensionan para el caudal de periodo de retorno de diseño, función de su dimensión:

Alcantarillas $\emptyset \leq 0.90$	10 años
Alcantarillas $\emptyset > 0.90$	20 años
Marcos/Box Culvert	25 años
Pontones (puentes de $L < 10m$)	25 años
Puentes	100 años

Se calcula la altura de agua a la entrada de la alcantarilla como si el funcionamiento fuera de cada uno de los tipos previstos, obteniendo a la vez una serie de parámetros que posteriormente indican el tipo de funcionamiento.

En la **Figura 7.78** se muestran los tipos de funcionamiento y los cálculos que se incluyen se describen a continuación:

Figura 7.78 Tipos de funcionamiento de alcantarillas.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Pérdidas de carga a la entrada:

$$h_e = k_e \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Siendo:

v: velocidad del agua a la entrada del conducto (m/s)

ke: coeficiente de pérdidas a la entrada, se toman los siguientes valores (Tabla 7-75):

Tabla 7-75 Coeficiente de pérdidas a la entrada.

TIPO DE ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS DE LA ENTRADA	K _e
1. Tubos de hormigón	
Conducto prolongado fuera del terraplén	
-arista ranurada	0.2
-arista viva	0.5
Con muro de cabecera con o sin aletas	
-arista ranurada	0.2
-arista viva	0.5
-arista redondeada (r=1/12 D)	0.2
-arista biselada	0.2
2. Tubos circulares de metal corrugado	
Conducto prolongado fuera del terraplén	
-sin muro de cabecera	0.9
-con muro de cabecera perpendicular al eje del tubo sin o con aletas y aristas vivas	0.5
-con muro de cabecera perpendicular al eje del tubo con o sin muro de aristas biseladas	0.25
3. Alcantarillas de cajón en concreto reforzado con muro de cabecera paralelo al terraplén:	
-sin aletas, y bordes de aristas vivas	0.5
-bordes aristas redondeadas (r=1/12 D) o biseladas	0.2
Con aletas formando ángulos entre 30° y 75° con el eje del conducto:	
-bordes de aristas vivas	0.4
-bordes del dintel con aristas redondeadas (r=1/12 D) o biseladas	0.2
-con aletas formando ángulos entre 10° y 25° con el eje del conducto, y aristas vivas.	0.5
-con muros de ala paralelos y aristas vivas en el dintel	0.7
-con muros de ala alabeados y aristas redondeadas (r=1/4 D) en el dintel.	0.2

Fuente: Consorcio SH, 2017, tomado del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS.

Pérdidas de carga por rozamiento en el interior de la alcantarilla:

$$h_f = \frac{n^2 \cdot v^2}{R_H^{4/3}} \cdot L$$

Siendo:

n: número de Manning de valor 0.014 para elementos de concreto

RH: radio hidráulico (m)

L: longitud de la alcantarilla (m)

Calado uniforme:

$$I = \frac{n^2 \cdot v^2}{R_H^{4/3}}$$

Siendo:

I: pendiente del conducto (m/m)

Se calcula la altura de agua a la entrada de la alcantarilla (HW) para cada tipo de funcionamiento mediante las siguientes ecuaciones:

Tipo 1

$$HW = d_c + \frac{v_c^2}{2g} + k_e \frac{v_e^2}{2g} + h_f - IL$$

Tipo 2

$$HW = d_c + \frac{v_{TW}^2}{2g} + k_e \frac{v_e^2}{2g} + h_f - IL$$

Tipo 3

$$HW = d_c + (1 + k_e) \cdot \frac{v_c^2}{2g}$$

Tipo 4

$$HW = d_c + (1 + k_e) \cdot \frac{v_c^2}{2g}$$

Tipo 5

$$HW = D + (1 + k_e) \cdot \frac{v_D^2}{2g}$$

Tipo 6

$$HW = h_0 + h_f + (1 + k_e) \cdot \frac{v_D^2}{2g} - I \cdot L$$

Siendo h_0 el mayor calado entre TW y $(d_c + D)/2$ y sin superar el valor de D, y h_f las correspondientes a sección llena.

Tipo 7

$$HW = TW + h_f + (1 + k_e) \cdot \frac{v_D^2}{2g} - I \cdot L$$

Siendo hf las pérdidas correspondientes a sección llena

Tipo 8

$$HW = D + (1 + k_e) \cdot \frac{v_D^2}{2g}$$

El tipo de funcionamiento de la alcantarilla para el caudal de diseño se determina comprobando el cumplimiento de las condiciones relacionadas en la **Tabla 7-76**.

Tabla 7-76 Tipos de funcionamiento de alcantarillas.

CONDICIONES	CLASE. TIPO DE FUNCIONAMIENTO							
	I.1	I.2	I.3	I.4	II.5	II.6	II.7	II.8
HW ≤ 1,2*D (CLASE I)	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO
So < Sc	SI	SI	NO	NO	-	-	-	-
TW < D	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO
TW < dc	SI	NO	-	-	-	-	-	-
dn < D	-	-	-	-	SI	NO	NO	-
(TW+hf) < (So*L+D)	-	-	SI	SI	-	-	NO	-
Sección de control	SALIDA	SALIDA	ENTRADA	ENTRADA	ENTRADA	SALIDA	SALIDA	ENTRADA

Fuente: Consorcio SH, 2017.

El proceso seguido consiste en determinar la altura de agua a la entrada de cada alcantarilla como si fuera de cada uno de los 8 tipos presentados en la **Tabla 7-76**.

De esta forma, se determinan las condiciones de los parámetros que definen cada tipo de funcionamiento y si se cumplen las condiciones, ese tipo de funcionamiento es factible dentro la alcantarilla de estudio, en caso contrario queda descartado.

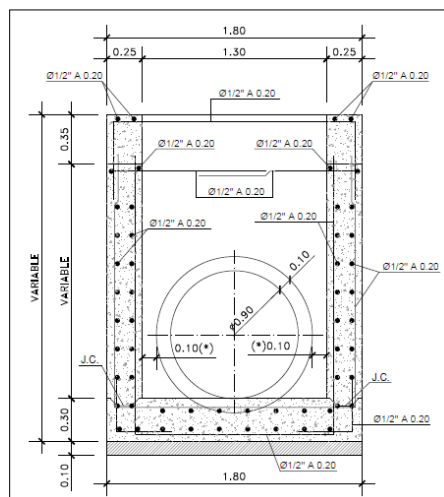
En caso de existir un solo tipo de los 8 que cumpla todas las condiciones necesarias para serlo, esta será la solución.

En caso de existir más de un tipo se adoptará como solución a aquel que sea más conservador con objeto de aumentar la seguridad en el dimensionamiento de la alcantarilla, y no de reducirla.

Se comprueba, además como se ha indicado, que los valores de velocidad en el interior de cada una de las alcantarillas se sitúan en los valores admisibles comprendidos entre los 0,6 m/s (velocidad mínima admisible para evitar sedimentaciones) y los 6 m/s (velocidad máxima admitida para evitar erosiones y desgastes excesivos).

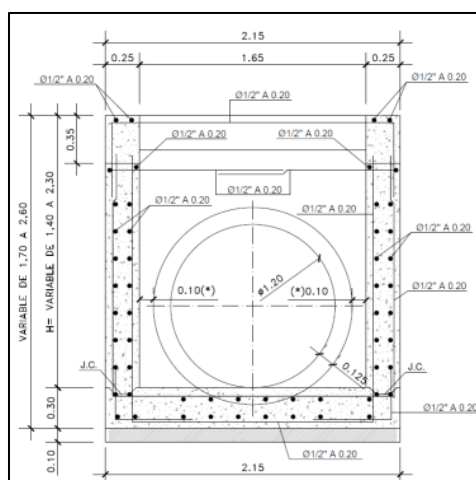
En el trazado del Tramo San Juan - Pedregal, serán construidas, ampliadas y/o sustituidas (según corresponda), las alcantarillas circulares con tuberías en concreto con diámetros de 900 mm y 1200 mm, asimismo pasará con los box culvert, estas obras son georreferenciadas en la Error! Reference source not found. y su sección en corte es presentada en la **Figura 7.79**, **Figura 7.80** y **Figura 7.81**.

Figura 7.79 Sección en corte alcantarilla circular Ø 900 mm.



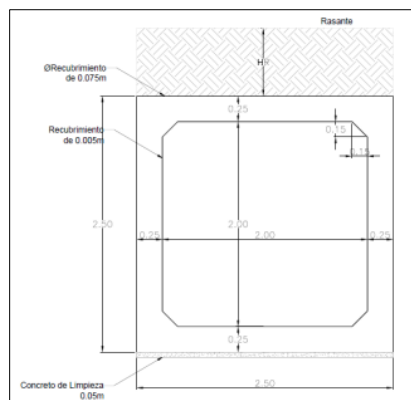
Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.80 Sección en corte alcantarilla circular Ø 1200 mm.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.81 Sección en corte box culvert con cajón de 2.0 x 2.0 m.



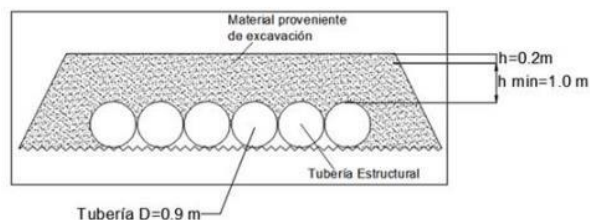
Fuente: Consorcio SH, 2017.

- **Alcantarillas tipo badén en relleno y en concreto**

Para el acceso a campamentos, puntos de captación, Zodme y sitios de obras para puentes, se ejecutará la adecuación de vías existentes y la construcción de vías nueva (ver numeral **3.2.1.2 Infraestructura vial. del Capítulo 3**). Las adecuaciones corresponden a ampliación del ancho de calzada, reconfiguración de la calzada, mejoramiento de la capa de rodadura, cuneteo, en el caso de las vías nuevas corresponden a descapote, corte, relleno conformación de calzada, cuneteo y en ambos casos ocupaciones de cauce mediante cruces tipo badén

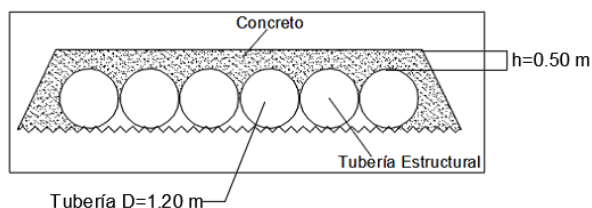
La obras para el cruce de las corrientes en vías de acceso a campamentos, puntos de captación, Zodme y sitios de obras para puentes; corresponden a un paso tipo badén relleno; el cual requerirá la adición de una cama de fondo en pedraplén, conformación mecánica del lecho, obras de protección sobre el cuerpo de agua, conformación mecánica de encofe y descofe, instalación de tubería metálica y adición de recebo sobre la tubería (ver **Figura 7.82**) o un paso tipo badén concreto; el cual requerirá la adición de una cama de fondo en pedraplén, conformación mecánica del lecho, obras de protección sobre el cuerpo de agua, conformación mecánica de encofe y descofe, instalación de tubería metálica y adición de concreto con un espesor de 50 cm sobre la tubería (ver **Figura 7.83**).

Figura 7.82 Cruce tipo badén con alcantarilla circular metálica y relleno material de excavación.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.83 Cruce tipo badén con alcantarilla circular metálica y relleno en concreto.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

- **Obras para ocupaciones de puntos de agua.**

Conforme a los resultados del estudio hidrogeológico, se identificaron una serie de puntos de agua sobre los cuales se requiere diseñar medidas de manejo por la posible afectación a los mismos por la construcción del proyecto se mitigue y se neutralice.

El diseño de estas medidas se ha realizado siguiendo la sección 5 de subdrenaje de vías del Manual de drenaje de INVIAS. Esta sección del manual utiliza herramientas técnicas basadas en las leyes básicas de flujos subterráneos a través del terreno que circunda el sector en cada caso, con fundamento en las ciencias de mecánica de fluidos e hidráulica.

De acuerdo con el Manual de drenaje INVIAS, la principal fuente del agua subterránea es la precipitación, la cual penetra al suelo de manera directa o cae sobre corrientes o reservorios y percola luego desde ellos, convirtiéndose en freática, la cual es suplementada por la que eventualmente provenga de manera artificial como resultado de la irrigación. Otra ocurrencia común de agua subterránea es la denominada artesiana, donde el agua contenida en un acuífero confinado o parcialmente confinado puede estar sometida a presiones considerables.

Para cuantificar el flujo, el Manual de drenaje utiliza como base de toda su formulación la ley de Darcy, la cual concluye que el flujo de agua a través de un medio poroso está regido por una ley muy simple que se puede expresar por medio de la ecuación:

$$v = k i$$

Donde: v: Velocidad de descarga. k: Constante de proporcionalidad, a la que Darcy llamó coeficiente de permeabilidad. i: Gradiente hidráulico, que es la pérdida de carga hidráulica por unidad de longitud.

La ecuación de Darcy puede ser puesta en una forma de mayor utilidad, multiplicando por el área de la sección transversal del dominio de flujo (A), lo que da lugar a una expresión de la tasa de flujo o gasto (q): $q = k i A$. El movimiento del agua subterránea en vecindades de una carretera puede ser gobernado totalmente por fenómenos naturales y gradientes hidráulicos debidos a la topografía prevaleciente y a los rasgos geológicos e hidrológicos del lugar. Sin embargo, en la mayoría de las veces, la construcción de una carretera causa alteraciones en los patrones naturales de flujo. En consecuencia, la configuración final del dominio de flujo dependerá tanto de las condiciones iniciales del flujo subterráneo como del sistema de drenaje subsuperficial que se construya.

Es importante resaltar que todas las medidas de drenaje subsuperficial diseñadas en la carretera, así como todas las medidas de tratamiento de taludes, siempre van orientadas a evitar la presencia de agua en las inmediaciones de la carretera y por ende a captar las posibles aguas subterráneas y evacuarlas fuera de las inmediaciones de la vía. Este propósito de los diseños de ingeniería implementados en la carretera es coincidente con los objetivos de las medidas de manejo ambiental encaminadas a asegurar, mantener y proporcionar el recurso hídrico para el uso por parte de la comunidad.

Según el Manual de Drenaje de INVIAS (Numeral 5.1.3), las funciones básicas del drenaje subsuperficial son las siguientes: 1. Abatir el nivel freático en el área de la carretera, en los taludes de los cortes y los rellenos y en las fundaciones de los terraplenes y de las estructuras viales. 2. Interceptar las filtraciones subterráneas para impedir afloramientos de agua en el pavimento. 3. Drenar el agua superficial que se infiltre en el pavimento y en las estructuras de contención. 4. Colectar las descargas de los diferentes sistemas de drenaje subsuperficial. Más concretamente, en nuestro caso, las medidas que se van a diseñar para cumplir con las exigencias ambientales se basan en medidas de captación de drenaje subsuperficial y subterráneo, cuya función concreta será: 1- Interceptar las aguas subsuperficiales y subterráneas identificadas en el inventario de puntos de agua e hidrogeología y 2- Colectar estas aguas para evitar que desaparezcan y que se dé continuidad y permanencia al recurso hídrico en convivencia con el trazado vial. En conclusión, como medidas de manejo para asegurar la captación y continuidad de las aguas subsuperficiales y subterráneas que interfieran con el proyecto se deben utilizar las metodologías propias del diseño de elementos de subdrenaje expuestos en el Manual de Drenaje de INVIAS.

Los objetivos fundamentales de las medidas de manejo del proyecto en lo referente a los puntos de agua se consiguen combinando los efectos que producen los sistemas de subdrenaje más los sistemas de drenaje superficial e internos. En consecuencia, para conseguir los objetivos se diseñarán medidas de manejo concretas y particularizadas consistentes en medidas de manejo ingeniería y medidas de manejo sociales. En el **Anexo 2. Civil/7.VOL VII – DRENAJE/CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA PUNTOS DE AGUA** se presenta los cálculos hidráulicos para cada uno de los puntos de agua que serán objeto de construcción de obras hidráulicas, drenajes y subdrenajes, que permitirán preservar el recurso hídrico con el fin que las comunidades puedan seguir beneficiándose del mismo.

7.4.5.3 Hidráulica de obras mayores.

A lo largo del trazado de estudio, se interfieren diversos cauces. Con el objetivo de garantizar su continuidad, se establece el drenaje transversal, a través de la implantación de alcantarillas para los pequeños cauces y viaductos para los ríos y cauces de entidad.

Para la construcción del trazado se proyecta la construcción de cinco puentes: Puente Boquerón (río Boquerón), Puente Vereda Tabón Alto (cuenca C-36.4), Puente Macal (quebrada Macal), Puente Vereda Porvenir (cuenca 38.7) y Puente Río Sapuyes (río Sapuyes); a dichos viaductos se les realizaron comprobaciones hidráulicas con periodos de retorno de 100 años, las cuales se presentan a continuación:

A continuación, se realizarán las comprobaciones hidráulicas de dichos viaductos, para el periodo de retorno de diseño de 100 años. Para llevar a cabo la modelización de dichos ríos, quebradas y viaductos, se han establecido dos metodologías, en función de la entidad del río y de las quebradas. De esta manera, para los

ríos y las quebradas de entidad la modelización se ha llevado a cabo mediante el software HEC-RAS. Y para las de pequeña entidad, la modelización se ha llevado a cabo mediante el cálculo en régimen uniforme.

7.4.5.3.1 Modelo de simulación Hec-Ras.

- **Objetivos del estudio y criterios de diseño.**

De manera resumida, los objetivos del estudio son los siguientes:

- Cálculo de la lámina de agua y determinación de las zonas inundables: la modelización del cuerpo de agua realizada, se trata de una modelización doble, con el objetivo de comparar la situación actual y la situación futura que incluye el trazado y el viaducto proyectado, así como la representación gráfica de las llanuras de inundación.
- Comprobación del gálibo en el viaducto.

Para llevar a cabo dichos objetivos se ha desarrollado el modelo Hec-Ras:

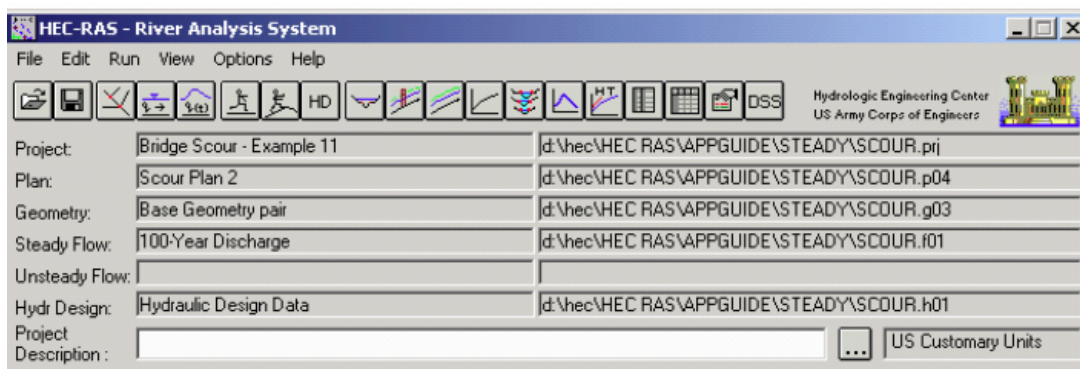
- Primeramente, se ha modelado el cauce del cuerpo de agua en la situación actual y se han evaluado los resultados del cálculo hidráulico.
- Después se ha modelado el cauce del cuerpo de agua en la situación futura, es decir incluyendo la geometría del trazado y el viaducto proyectado.
- Para cada una de estas dos situaciones (actual y futura), se compara la cota de la lámina de agua para el periodo de retorno de estudio, con el objetivo de evaluar la sobreelevación provocada por la implantación del viaducto.
- Asimismo, se representa gráficamente la llanura de inundación comparativa (actual / futura) para el caudal considerado.
- Por otra parte, en la sección de implantación del viaducto, se obtiene el valor de la cota de la lámina de agua para el periodo de retorno de estudio. Dicha cota se compara con la cota de la cara inferior de la viga o dovela del viaducto para obtener el valor del gálibo.
- El gálibo mínimo que ha de cumplir el viaducto, toma el valor de 2.50 m, según las indicaciones del “Manual de Drenaje para Carreteras” en su apartado 4.5.4.3. “Gálibo”. De esta manera, se asegura el correcto funcionamiento hidráulico frente al riesgo de obstrucción de la sección.

A continuación, se presenta la descripción del funcionamiento de la aplicación informática Hec-Ras y de los parámetros y variables a definir en cada modelización.

- **Descripción modelo Hec-Ras y bases de cálculo.**

El modelo Hec-Ras es empleado en la realización de modelos hidráulicos unidimensionales, gradualmente variados y en régimen permanente, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU., que se ha convertido en un estándar dentro de la Ingeniería Hidráulica. En la **Figura 7.84** se presenta el menú inicial de las bases de cálculo del software Hec-Ras.

Figura 7.84 Menú inicial software Hec-Ras.



Fuente: Software Hec-Ras.

○ **Modelo hidráulico.**

▪ **Ecuaciones**

Para el cálculo de perfil de la lámina de agua, el programa realiza un balance energético entre dos secciones consecutivas, mediante la aplicación de la expresión siguiente, basada en el teorema de Bernoulli generalizado:

$$y_1 + z_1 + \alpha_1 (v_1^2 / 2g) = y_2 + z_2 + \alpha_2 (v_2^2 / 2g) + h_e$$

Dónde:

Y1, Y2 = calado de la sección

Z1, Z2 = cota de la solera

V1, V2 = velocidad media en la sección

α_1, α_2 = coeficiente ponderado de la velocidad

g = aceleración gravitacional

h_e = pérdida de carga entre las dos secciones

La pérdida de carga total se descompone a su vez en términos de rozamiento, contracción y expansión de flujo.

▪ **Tipo de régimen y condiciones de contorno:**

Las condiciones de contorno permiten suministrar al modelo información del comportamiento del cauce en las zonas inmediatamente aguas arriba y aguas abajo, por consiguiente, una mejor definición de las características del mismo en los extremos de los tramos.

El programa HEC-RAS permite, en régimen permanente, cuatro formas diferentes de introducir estas condiciones de contorno:

- Cota de lámina de agua conocida.

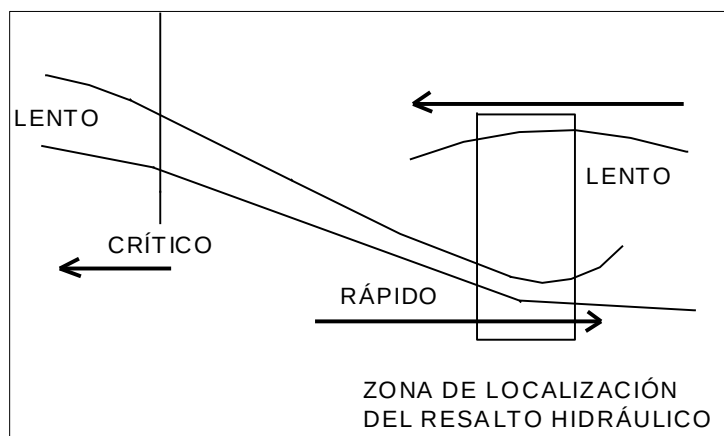
- Calado crítico.
- Calado normal.
- Curva de gasto.

En función de las condiciones de contorno que se introduzcan, es decir, que se introduzca una condición de contorno aguas arriba, aguas abajo o ambas, el programa podrá ejecutar el modelo en los siguientes tipos de régimen:

- Régimen lento (Subcrítico, $Fr < 1$): Se establece la condición de contorno en la sección de aguas abajo de los tramos.
- Régimen rápido (Supercrítico, $Fr > 1$): Se establecen en la sección de aguas arriba.
- Mixto: Es necesario definir las en los dos extremos.

Se debe indicar si el tipo de régimen es rápido, lento o si se prevén cambios de régimen (mixed flow). Esto impondrá el sentido del cálculo (hacia aguas arriba en el caso de que el flujo sea lento o hacia aguas abajo en caso contrario). En los modelos realizados para este proyecto, se ha considerado régimen mixto (ver **Figura 7.85**).

Figura 7.85 Tipo de régimen hidráulico.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

○ **Modelo físico.**

▪ **Geometría del cuerpo de agua**

Para la caracterización geométrica del cauce se ha dispuesto de cartografía a escala 1:1.000 y 25.000.

A lo largo de la longitud del cuerpo de agua modelada, se definen los perfiles transversales que definen la geometría, con una equidistancia media de unos 20 m. Dichos perfiles transversales se han definido con un ancho aproximado de 100 m, centrados en el eje del cuerpo de agua.

Además de los citados perfiles equidistantes, también se han definido perfiles particulares en puntos singulares, tales como:

- El perfil de la zona de implantación del viaducto de estudio.
- Zonas en las que se observa un cambio significativo en la geometría.

En cuanto a la geometría, se establecen dos escenarios:

- Geometría de la situación actual.
- Geometría de la situación futura, en la que se introduce la geometría del viaducto proyectado en las secciones afectadas por el trazado.

▪ **Coefficientes de Manning.**

El coeficiente de Manning a aplicar en cada sección transversal definida, cuantifica el grado de rugosidad de la superficie. El programa exige introducir al menos tres coeficientes de fricción por cada sección, definidos en el cauce principal y en los dos cauces de aguas altas (márgenes), izquierdo y derecho.

Para determinar el coeficiente de Manning de cada zona de la sección, hay que tener en cuenta diversos factores y características como son el material del lecho, su forma y grado de irregularidad, presencia de obstrucciones u obstáculos, tipo de vegetación y la cantidad de meandros presentes.

Para la elección de los coeficientes de Manning se ha utilizado la propuesta por el Hydrologic Engineering Center, basada a su vez en el libro Open-Channel Hydraulics, del autor Ven Te Chow.

Tabla 7-77 Coeficientes de Manning.

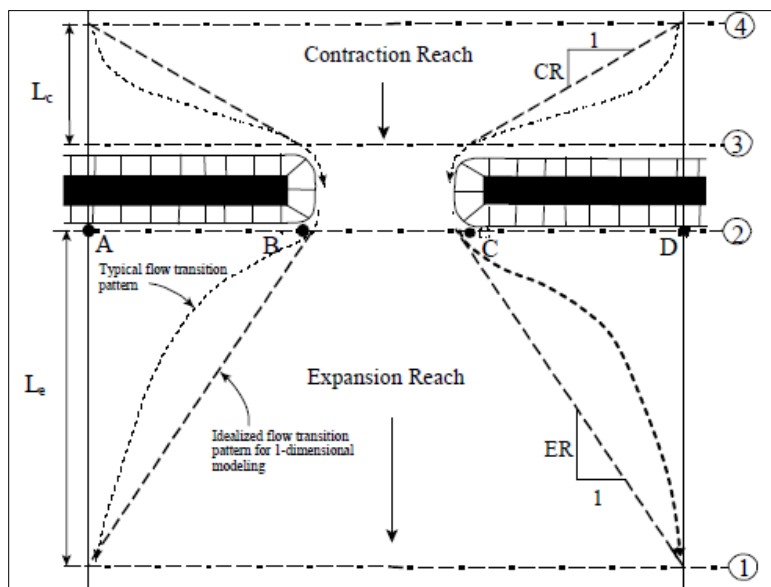
Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A Cauces naturales			
A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m)			
A.1.1 Cursos en planicies			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2 Cursos en planicies inundadas			
A.2.1 Zonas de pastos, sin arbustos			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
A.2.2 Zonas cultivadas			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
A.2.3 Zonas arbustivas			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
A.2.4 Zonas arbóreas			
- Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m)			
En este caso, los valores del coeficiente <i>n</i> son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor,			
- Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
- Sección irregular y rugosa	0,035		0,100

Fuente: McGraw-Hill. Open - channel hydraulics. Ven Te Chow. 1959.

■ Viaductos

El modelo físico se completa con la introducción de la geometría de los viaductos. Para la definición geométrica de los mismos, se disponen cuatro secciones cercanas a cada viaducto, con la distribución presentada en la **Figura 7.86**.

Figura 7.86 Esquema de localización de secciones transversales en puentes y box culvert.



Fuente: Manual del usuario. Hec-Ras.

La primera sección se toma aguas abajo del viaducto, donde el flujo ya no sea afectado por la estructura. La distancia entre el extremo aguas abajo del viaducto y la sección 1, se denomina Longitud de Expansión L_E . De forma genérica, dicha longitud suele tomar el valor de 3 veces la longitud del puente (distancia B-C).

La segunda sección se toma inmediatamente después del viaducto.

La tercera sección se toma inmediatamente antes del viaducto.

La cuarta sección se toma aguas arriba del viaducto, donde el flujo ya no sea afectado por la estructura. La distancia entre el extremo aguas arriba del viaducto y la sección 4, se denomina Longitud de Contracción L_C . De forma genérica, dicha longitud suele tomar el valor de 1 vez la longitud del puente (distancia B-C).

■ Áreas de flujo inefectivo

El flujo inefectivo define un área de la sección transversal en la que el agua se acumula pero no se transporta. Estas áreas, en los viaductos corresponden a las áreas afectadas por la longitud de Contracción y Expansión.

■ Coeficientes de contracción y expansión

Los coeficientes de contracción y expansión son usados por el programa para determinar las pérdidas de energía de transición entre dos secciones consecutivas.

En la **Tabla 7-78** se reflejan los valores usualmente adoptados para estos coeficientes, en función del tipo de transición entre secciones.

Tabla 7-78 Coeficientes de contracción y expansión.

TIPO DE TRANSICIÓN	CONTRACCIÓN	EXPANSIÓN
Gradual	0.1	0.3
En puentes	0.3	0.5
Abruptas	0.6	0.8

Fuente: Consorcio SH, 2017.

- **Aplicación del modelo de simulación Hec-Ras al río Boquerón.**

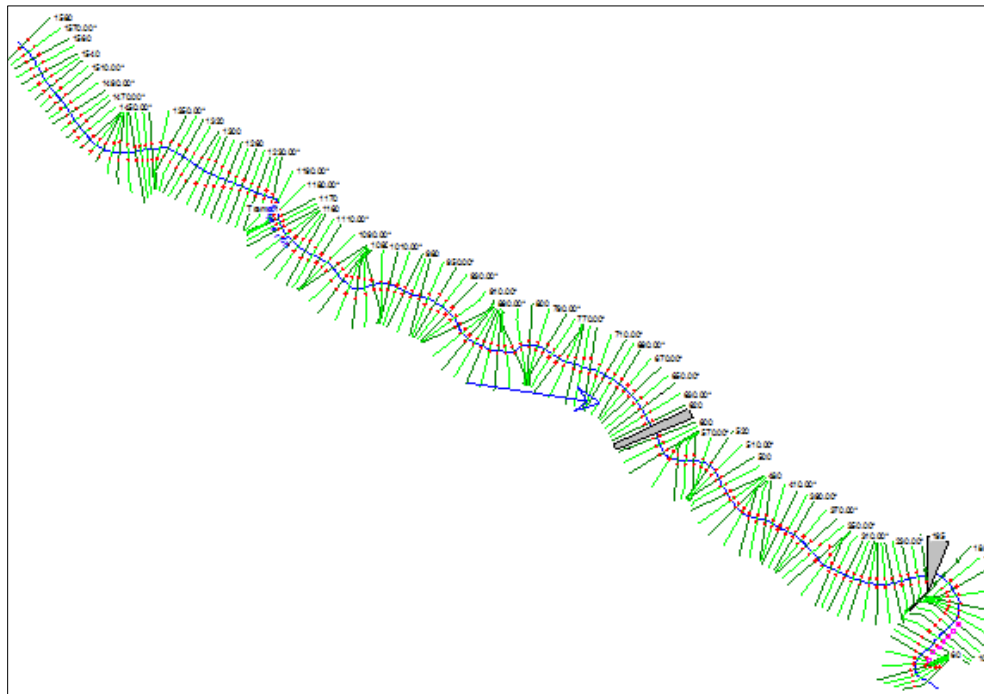
Se ha modelado el río Boquerón en un tramo de longitud de 1580 m (ver **Figura 7.87**), tanto en la situación actual (PLAN 01) como en la futura (PLAN 02). En la **Tabla 7-79** se indica en que secciones se ha introducido la geometría de un viaducto existente y la geometría del nuevo viaducto proyectado.

Tabla 7-79 Sección del viaducto modelado.

SECCIÓN	VIADUCTOS
195	EXISTENTE
610	NUEVO

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.87 Esquema modelo Hec-Ras del río Boquerón.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Para la elección de los coeficientes de Manning, se ha observado la fotografía aérea y se ha tenido en cuenta la información de la visita de campo. La **Fotografía 7.15**, la **Fotografía 7.16** y la **Fotografía 7.17** presentan la zona de ubicación del viaducto proyectado.

Fotografía 7.15 Vista de la zona de ubicación del viaducto proyectado sobre el río Boquerón (vista aguas arriba) Coordenada: E 948305,19 N 591154,26.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Fotografía 7.16 Vista de la zona de ubicación del viaducto proyectado sobre el río Boquerón (vista aguas abajo) Coordenada: E 948305,19 N 591154,26.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Fotografía 7.17 Vista del cauce río Boquerón. Coordenada: E 948305,19 N 591154,26.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

A partir de los datos disponibles se han adoptado los valores presentados en la para el cauce y llanuras de inundación (ver **Tabla 7-80**)

Tabla 7-80 Vegetación existente en el tramo de estudio del río Boquerón

DESCRIPCIÓN	VALOR MANNING
CAUCE PRINCIPAL Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0.040
LLANURA DE INUNDACIÓN Monte bajo	0.048

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Los caudales de cálculo corresponden a los de la cuenca del río Boquerón (ver **Tabla 7-81**).

Tabla 7-81 Caudales de cálculo del río Boquerón.

CUENCA	Q_{10} (m ³ /s)	Q_{100} (m ³ /s)
Río Boquerón	109.50	234

Fuente: Consorcio SH, 2017.

El modelo se calcula en régimen mixto. Las condiciones de contorno del modelo son las presentadas en la **Tabla 7-82**.

Tabla 7-82 Condiciones de contorno.

CONDICIÓN DE CONTORNO	VALOR
AGUAS ARRIBA	
Calado Normal (pendiente m/m)	0.043
AGUAS ABAJO	
Calado Normal (pendiente m/m)	0.028

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Una vez ejecutado el modelo, se desprende del mismo que lo que refleja la modelización de T=100 años en la zona de influencia del viaducto proyectado, es que la lámina de agua (WS en planos), **en ningún caso afecta a los estribos o tablero del mismo**. Las pilas tampoco se ven afectadas.

La situación de la modelización actual coincide íntegramente con la modelización futura, por lo que no se produce sobreelevación de la lámina de agua debido a la implantación del viaducto.

Por otra parte se comprueba el gálibo para el caudal de periodo de retorno de 100 años en la sección más desfavorable. Esta comprobación se hace en la sección de implantación del viaducto 610 (ver **Tabla 7-83**).

Tabla 7-83 Comprobación del gálibo en el río Boquerón.

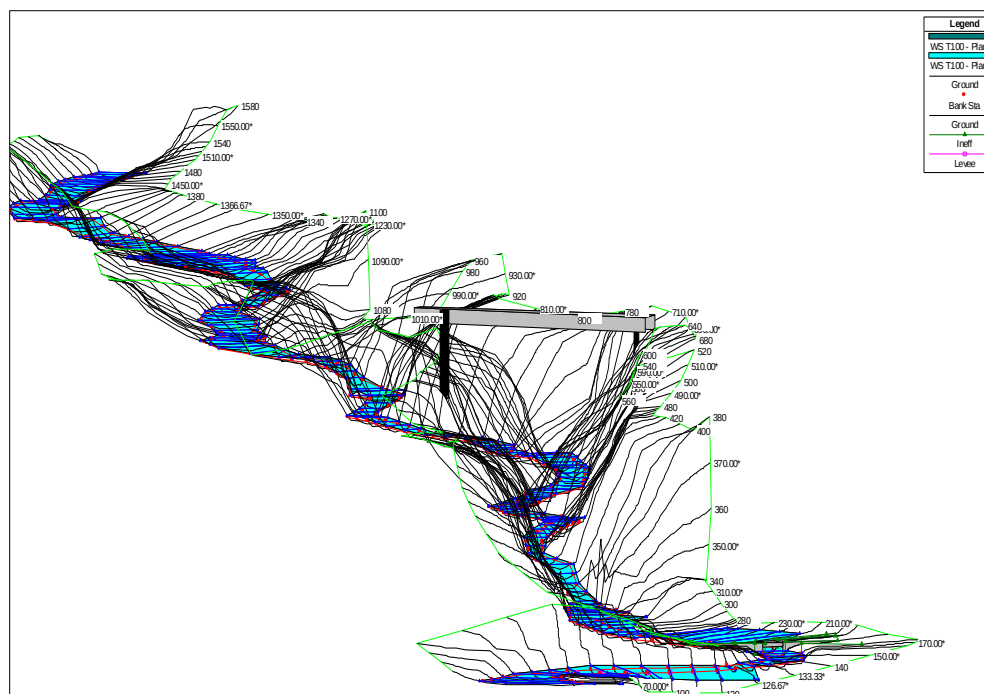
VIADUCTO SECCIÓN 610	VALOR (m)
Cota de la lámina de agua 100 años	2388.24
Cota inferior tablero del viaducto	2460.00
Gálibo	71.72

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Por lo anterior, queda comprobado que se cumple el gálibo mínimo de 2.50 m para el caudal de periodo de retorno de 100 años.

En la **Figura 7.88** se presenta la perspectiva de simulación ejecutada en el río Boquerón.

Figura 7.88 Perspectiva de simulación ejecutada en el río Boquerón.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

El conjunto de resultados y salidas gráficas de la modelización se presentan en el **Anexo 2. Civil numeral 7.1.1 (pdf)**.

Los resultados presentados son los siguientes:

- Transversales comparativo Actual/Futura 10 años.
- Transversales comparativo Actual/Futura 100 años.
- Longitudinal comparativo Actual/Futura 10 años.
- Longitudinal comparativo Actual/Futura 100 años.
- Tabla de resultados comparativa Actual/Futura 10 y 100 años.

Nota:

- La situación actual corresponde a la modelización sin el puente sobre el río boquerón.
- La situación futura corresponde a la modelización con el puente sobre el río boquerón.
- La lámina de inundación coincide para ambas situaciones.

- **Aplicación del modelo de simulación Hec-Ras a la Quebrada Macal.**

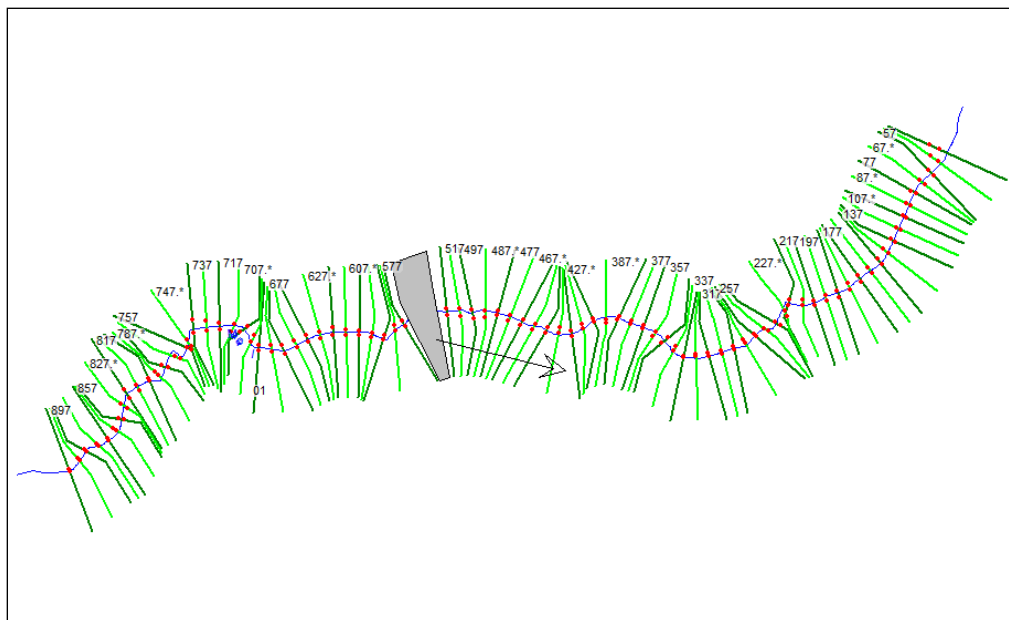
Se ha modelado la Quebrada Macal en un tramo de longitud de 900 m (ver **Figura 7.89**), tanto en la situación actual (PLAN 01) como en la futura (PLAN 02). En la **Tabla 7-84** se indica en que secciones se ha introducido la geometría del nuevo viaducto proyectado.

Tabla 7-84 Sección del viaducto modelado.

SECCIÓN	VIADUCTOS
537	NUEVO

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.89 Esquema modelo Hec- Ras Quebrada Macal.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Para la elección de los coeficientes de Manning, se ha observado la fotografía aérea y se ha tenido en cuenta la información de la visita de campo. La **Fotografía 7.18** representa la zona de ubicación del viaducto proyectado.

Fotografía 7.18 Vista general de la zona de ubicación del viaducto proyectado sobre la Quebrada Macal (vista desde aguas abajo) – Coordenada: E 953957,59 N 602948,86.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

A partir de los datos disponibles se han adoptado los valores presentados en la **Tabla 7-85** para el cauce y llanuras de inundación.

Tabla 7-85 Caudales de cálculo C-37.4 Quebrada Macal.

CUENCA	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
Quebrada Macal	16.5	49.7

Fuente: Consorcio SH, 2017.

El modelo se calcula en régimen mixto. Las condiciones de contorno del modelo son las presentadas en la **Tabla 7-86**.

Tabla 7-86 Condiciones de contorno.

CONDICIÓN DE CONTORNO	VALOR
AGUAS ARRIBA Calado Normal	0.17
AGUAS ABAJO Calado Normal	0.10

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Una vez ejecutado el modelo, se desprende del mismo que lo que refleja la modelización de T=100 años en la zona de influencia del viaducto proyectado, es que la lámina de agua (WS en planos), **en ningún caso afecta a los estribos o tablero del mismo. Las pilas tampoco se ven afectadas.**

La situación de la modelización actual coincide íntegramente con la modelización futura, por lo que no se produce sobre elevación de la lámina de agua debido a la implantación del viaducto.

Por otra parte se comprueba el gálibo para el caudal de periodo de retorno de 100 años en la sección más desfavorable. Esta comprobación se hace en la sección de implantación del viaducto 537 (ver **Tabla 7-87**).

Tabla 7-87 Comprobación del gálibo en la Quebrada Macal.

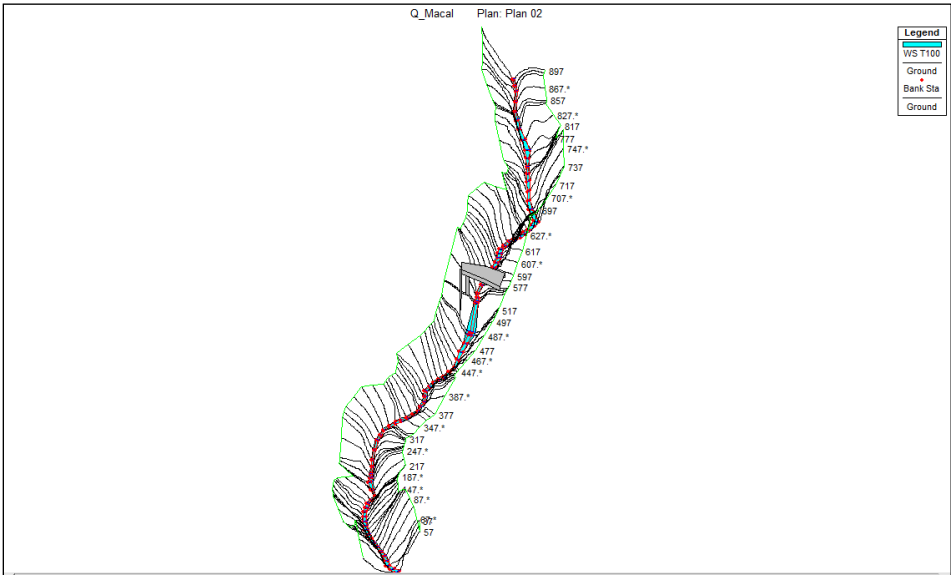
VIADUCTO SECCIÓN 537	VALOR (m)
Cota de la lámina de agua 100 años	2116.02
Cota inferior tablero del viaducto	2156.79
Gálibo	40.74

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Por lo anterior, queda comprobado que se cumple el gálibo mínimo de 2.50 m para el caudal de periodo de retorno de 100 años.

En la **Figura 7.90** se presenta la perspectiva de simulación ejecutada en la quebrada Macal.

Figura 7.90 Perspectiva de la simulación Hec-Ras de la Quebrada Macal.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

El conjunto de resultados y salidas gráficas de la modelización se presentan en el **Anexo 2. Civil numeral 7.2.1 (pdf)**.

Los resultados presentados son los siguientes:

- Transversales comparativo Actual/Futura 10 años.
- Transversales comparativo Actual/Futura 100 años.
- Longitudinal comparativo Actual/Futura 10 años.
- Longitudinal comparativo Actual/Futura 100 años.
- Tabla de resultados comparativa Actual/Futura 10 y 100 años. Aplicación del modelo de simulación Hec-Ras al Río Sapuyes

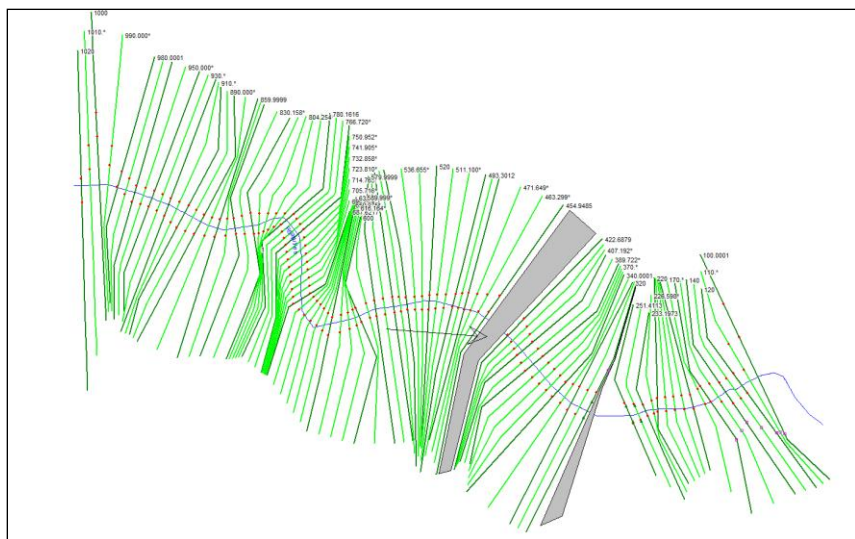
Se ha modelado el río Sapuyes en un tramo de longitud de 1020 m (ver **Figura 7.91**), tanto en la situación actual (PLAN 01) como en la futura (PLAN 02). En la **Tabla 7-88** se indica en que secciones se ha introducido la geometría de un viaducto existente y la geometría del nuevo viaducto proyectado.

Tabla 7-88 Secciones de los viaductos modelados.

SECCIÓN	VIADUCTOS
215.41	EXISTENTE
440	NUEVO

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.91 Esquema modelo Hec-Ras Río Sapuyes.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Para la elección de los coeficientes de Manning, se ha observado la fotografía aérea y se ha tenido en cuenta la información de la visita de campo. La **Fotografía 7.19** y la **Fotografía 7.20** representan la zona de ubicación del viaducto proyectado.

Fotografía 7.19 Vista de la zona de ubicación del viaducto proyectado sobre el Río Sapuyes (vista aguas arriba) – Coordenada: E 955315,41 N 604941,55.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Fotografía 7.20 Vista del cauce del Río Sapuyes – Coordenada: E 955315,41 N 604941,55.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

A partir de los datos disponibles se han adoptado los valores presentados en la **Tabla 7-89** para el cauce y llanuras de inundación.

Tabla 7-89 Vegetación existente en el tramo de estudio el Río Sapuyes.

DESCRIPCIÓN	VALOR MANNING
CAUCE PRINCIPAL	0.040
Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	
LLANURA DE INUNDACIÓN	0.050
Arbustos escasos y muchos pastos	

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Los caudales de cálculo corresponden a los de la cuenca del Río Sapuyes (ver **Tabla 7-90**).

Tabla 7-90 Caudales de cálculo Río Sapuyes

CUENCA	Q ₁₀ (m³/s)	Q ₁₀₀ (m³/s)
Río Sapuyes	306.9	709.9

Fuente: Consorcio SH, 2017.

El modelo se calcula en régimen mixto. Las condiciones de contorno del modelo son las presentadas en la **Tabla 7-91**.

Tabla 7-91 Condiciones de contorno.

CONDICIÓN DE CONTORNO	VALOR
AGUAS ARRIBA Calado Normal	0.025
AGUAS ABAJO Calado Normal	0.032

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Una vez ejecutado el modelo, se desprende del mismo que lo que refleja la modelización de T=100 años en la zona de influencia del viaducto proyectado, es que la Lámina de agua (WS en planos), **en ningún caso afecta a los estribos o tablero del mismo**. Las **pilas tampoco se ven afectadas**. La única afección posible es a los taludes del eje 59 del ramal cercano en la margen izquierda del cauce, para el que se propone la protección del mismo.

La situación de la modelización actual coincide íntegramente con la modelización futura en la zona cercana al puente diseñado, por lo que no se produce sobreelevación de la lámina de agua debido a la implantación del viaducto.

Por otra parte se comprueba el gálibo para el caudal de periodo de retorno de 100 años en la sección más desfavorable. Esta comprobación se hace en la sección de implantación del viaducto 440 (ver **Tabla 7-92**).

Tabla 7-92 Comprobación del galibo en el río Sapuyes.

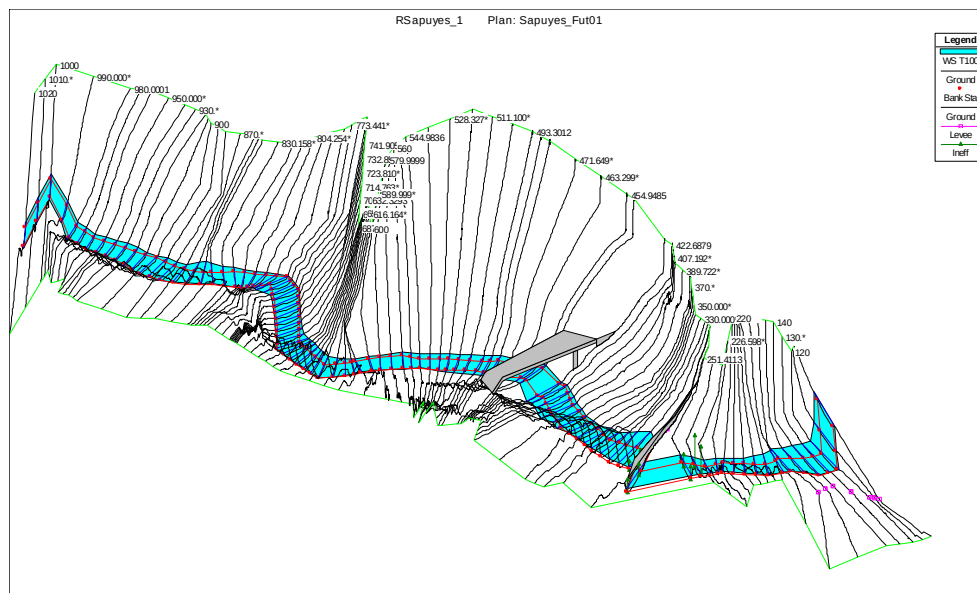
VIADUCTO SECCIÓN 440	VALOR (M)
Cota de la lámina de agua 100 años	1783.44
Cota inferior tablero del viaducto	1805.75
Gálibo	22.31

Fuente: Consorcio SH, 2017.

Por lo anterior, queda comprobado que se cumple el gálibo mínimo de 2.50 m para el caudal de periodo de retorno de 100 años.

En la **Figura 7.92** se presenta la perspectiva de simulación ejecutada en la quebrada Macal.

Figura 7.92 Perspectiva de la simulación Hec-Ras del Río Sapuyes.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

El conjunto de resultados y salidas gráficas de la modelización se presentan en el **Anexo 2. Civil numeral 7.3.1 (pdf)**.

Los resultados presentados son los siguientes:

- Transversales comparativo Actual/Futura 10 años.
- Transversales comparativo Actual/Futura 100 años.
- Longitudinal comparativo Actual/Futura 10 años.

- Longitudinal comparativo Actual/Futura 100 años.
- Tabla de resultados comparativa Actual/Futura 10 y 100 años.

7.4.5.3.2 Comprobación del resto de obras mayores (cuenca C-36.4 (puente Vereda Tablón alto) y Cuenca C-38.7 (Puente Vereda El Porvenir)).

Tal y como se ha indicado, para las quebradas de pequeña entidad, la modelización se ha llevado a cabo mediante el cálculo en régimen uniforme.

En estas quebradas el viaducto se ha implantado por motivos topográficos y de trazado, no por motivos hidráulicos.

Los caudales aferentes de las cuencas de dichas quebradas son caudales pequeños para los que se podría implantar simplemente una alcantarilla.

Por lo tanto, debido a la baja entidad de las citadas quebradas, su comprobación se lleva a cabo mediante el régimen uniforme para el caudal de cálculo de periodo de retorno de 100 años.

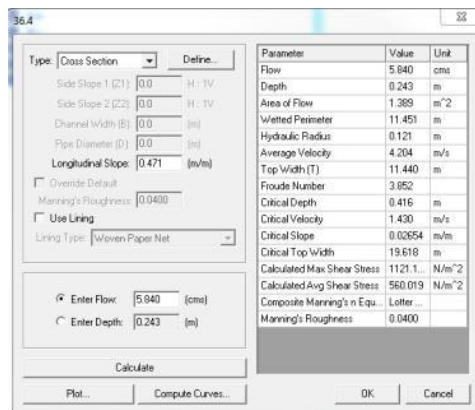
Para ello, se ha calculado mediante la fórmula de Manning el calado y el ancho de la lámina de agua en la sección de implantación del viaducto.

Para realizar el cálculo se ha utilizado el software Hydraulic Toolbox, desarrollado por la FHWA (Federal Highway Administration de EE.UU.). Dicho software permite aplicar la fórmula de Manning a una sección variable, definida por el usuario. A continuación se presentan los resultados de cálculo.

- **Comprobación de la cuenca C-36.4 (puente Vereda Tablón Alto).**

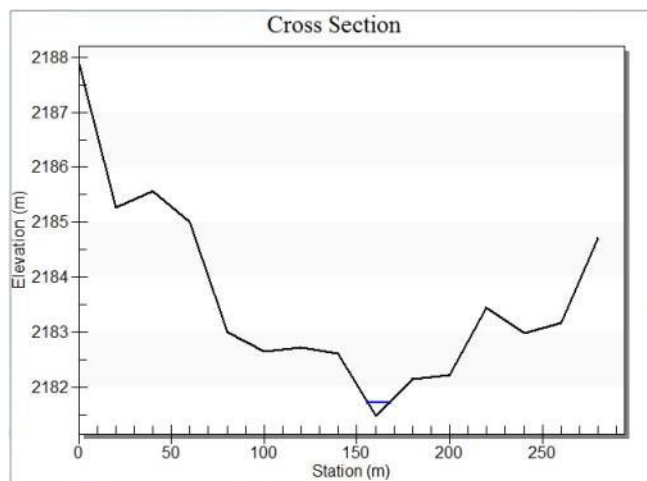
A la vista de los resultados de observa que tanto el ancho de la lámina de agua como el calado, toman valores muy pequeños, por lo que se concluye que en ningún caso, la lámina de agua llega a afectar la estructura del viaducto (ni pilas ni estribos) (ver **Figura 7.93** y **Figura 7.94**).

Figura 7.93 Comprobación Vereda Tablón Alto (C-36.4).



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.94 Sección analizada en el Puente Vereda Tablón Alto.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

- **Comprobación de la cuenca C-38.7 (Puente Vereda El Porvenir)**

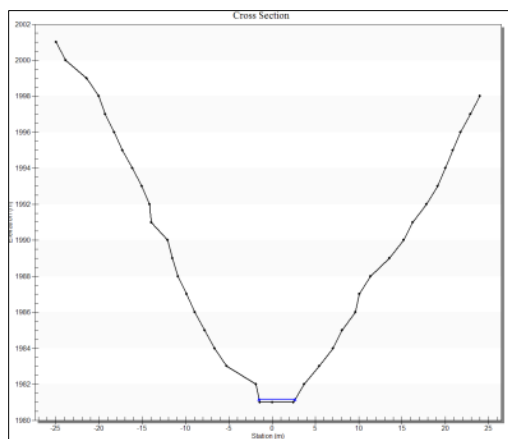
A la vista de los resultados de observa que tanto el ancho de la lámina de agua como el calado, toman valores muy pequeños, 4.166 y 0.164 metros respectivamente. Por lo que se concluye que en ninguno de los citados viaductos, la lámina de agua llega a afectar la estructura del viaducto (ni pilas ni estribos) (ver **Figura 7.95**).

Figura 7.95 Comprobación Vereda El Porvenir(C-38.47).

Type: Cross Section Define... Side Slope 1 (Z1): 0.0 H : 1V Side Slope 2 (Z2): 0.0 H : 1V Channel Width (B): 0.0 (m) Pipe Diameter (D): 0.0 (m) Longitudinal Slope: 0.3 (m/m) ☐ Override Default Manning's Roughness: 0.0400 ☐ Use Lining Lining Type: Woven Paper Net ☒ Enter Flow: 2.594 (cms) ☐ Enter Depth: 0.164 (m) Calculate Plot... Compute Curves...	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>Value</th> <th>Unit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Flow</td><td>2.594</td><td>cms</td></tr> <tr><td>Depth</td><td>0.164</td><td>m</td></tr> <tr><td>Area of Flow</td><td>0.663</td><td>m²</td></tr> <tr><td>Wetted Perimeter</td><td>4.334</td><td>m</td></tr> <tr><td>Hydraulic Radius</td><td>0.153</td><td>m</td></tr> <tr><td>Average Velocity</td><td>3.915</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Top Width (T)</td><td>4.166</td><td>m</td></tr> <tr><td>Froude Number</td><td>3.134</td><td></td></tr> <tr><td>Critical Depth</td><td>0.347</td><td>m</td></tr> <tr><td>Critical Velocity</td><td>1.786</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Critical Slope</td><td>0.02529</td><td>m/m</td></tr> <tr><td>Critical Top Width</td><td>4.468</td><td>m</td></tr> <tr><td>Calculated Max Shear Stress</td><td>483.468</td><td>N/m²</td></tr> <tr><td>Calculated Avg Shear Stress</td><td>449.577</td><td>N/m²</td></tr> <tr><td>Composite Manning's n Equ...</td><td>Lotter ...</td><td></td></tr> <tr><td>Manning's Roughness</td><td>0.0400</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Parameter	Value	Unit	Flow	2.594	cms	Depth	0.164	m	Area of Flow	0.663	m ²	Wetted Perimeter	4.334	m	Hydraulic Radius	0.153	m	Average Velocity	3.915	m/s	Top Width (T)	4.166	m	Froude Number	3.134		Critical Depth	0.347	m	Critical Velocity	1.786	m/s	Critical Slope	0.02529	m/m	Critical Top Width	4.468	m	Calculated Max Shear Stress	483.468	N/m ²	Calculated Avg Shear Stress	449.577	N/m ²	Composite Manning's n Equ...	Lotter ...		Manning's Roughness	0.0400	
Parameter	Value	Unit																																																		
Flow	2.594	cms																																																		
Depth	0.164	m																																																		
Area of Flow	0.663	m ²																																																		
Wetted Perimeter	4.334	m																																																		
Hydraulic Radius	0.153	m																																																		
Average Velocity	3.915	m/s																																																		
Top Width (T)	4.166	m																																																		
Froude Number	3.134																																																			
Critical Depth	0.347	m																																																		
Critical Velocity	1.786	m/s																																																		
Critical Slope	0.02529	m/m																																																		
Critical Top Width	4.468	m																																																		
Calculated Max Shear Stress	483.468	N/m ²																																																		
Calculated Avg Shear Stress	449.577	N/m ²																																																		
Composite Manning's n Equ...	Lotter ...																																																			
Manning's Roughness	0.0400																																																			

Fuente: Consorcio SH, 2017.

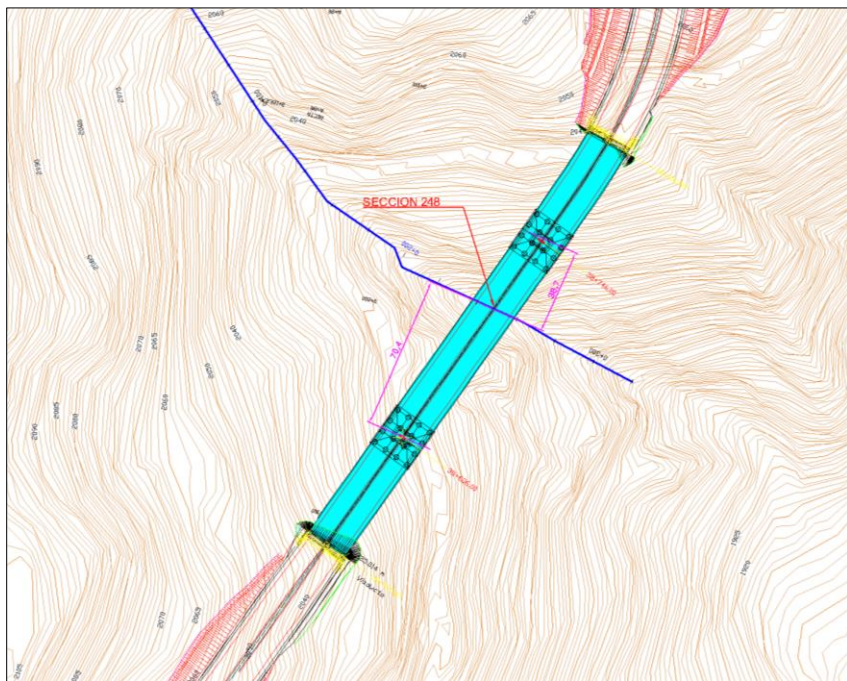
Figura 7.96 Sección analizada en el Puente El Porvenir.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

La **Figura 7.97** muestra la posición del cauce respecto a las pilas del puente Porvenir, la cuales quedan alejadas unas distancias aproximadas de 70 y 38 metros del fondo del curso de agua.

Figura 7.97 Cauce (C-38.7) bajo puente El Porvenir.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

De lo anterior, se desprende que para un periodo de retorno $T=100$ años la lámina de agua (con anchura de 4,2 metros en la sección analizada) **en ningún caso afecta a los estribos o el tablero del mismo y que las pilas tampoco se ven afectadas.**

La situación actual coincide íntegramente la modelización futura pues no se ve afectado el cauce, por lo que no se produciría una sobreelevación de la lámina de agua debido a la implantación del viaducto.

Por otra parte se comprueba el gálibo para el caudal de periodo de retorno de 100 años, sabiendo que la altura de la lámina de agua para 100 años de periodo de retorno son 17 cm, mientras que el tablero se sitúa a una altura de más de 50 m desde el fondo del cauce.

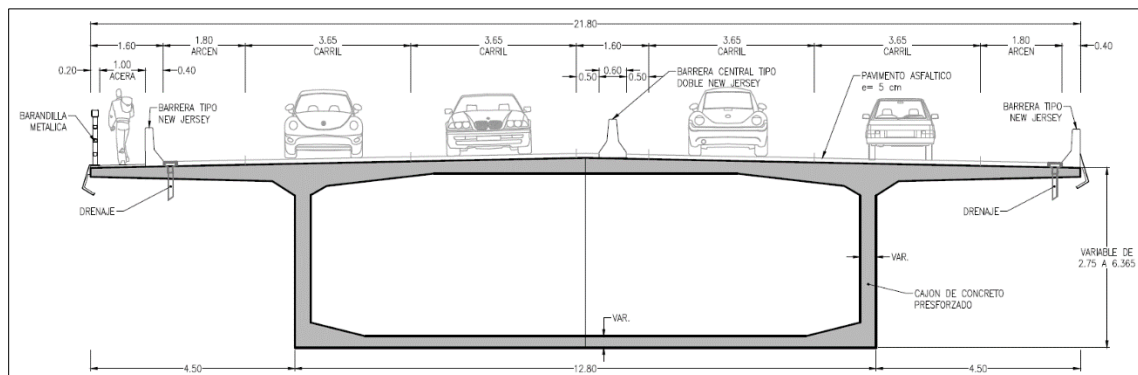
7.4.6 Descripción de los puentes.

Para el Proyecto Vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan Pedregal, serán construidos cinco (5) puentes, a continuación, se presenta la descripción general de cada una de estas estructuras; el diseño específico se presenta en el **Anexo 2. Civil. 8. VOL VIII - Estructuras:**

7.4.6.1 Puente Boquerón.

Se ubicará entre las abscisas PK18+700 y PK18+960, con una longitud de 260 m, con el fin de cruzar el río encañonado con el mismo nombre. El tablero contará con una pendiente longitudinal constante de 4.17%, un ancho total de 21.80 m, en el cual se incluyen dos calzadas vehiculares, una por sentido,, berma externa de 1.80 m e interna de 0.50 m, un separador central en New Jersey de 0.60 m de ancho, dos barreras de tráfico en New Jersey de 0.40 m de ancho, un andén peatonal de 1.0 m de ancho junto con su baranda respectiva, método constructivo de voladizos sucesivos, con dovelas de concreto de una única celda con alturas variables entre 2.75 m y 6.37 m y almas verticales (ver **Figura 7.98**).

Figura 7.98 Sección transversal tipo del Puente Boquerón.

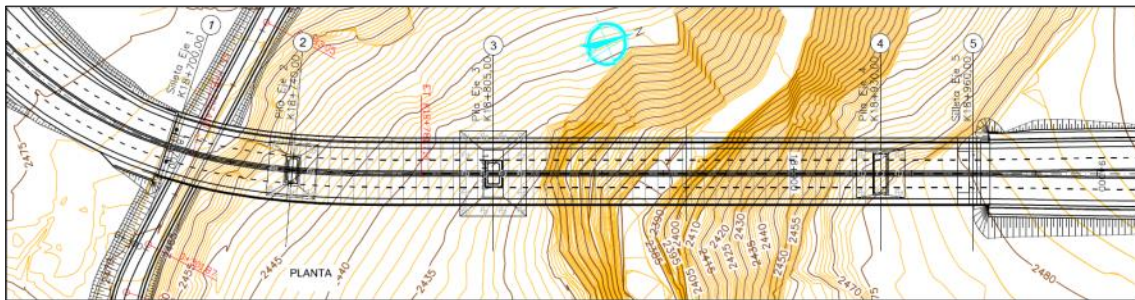


Fuente: Consorcio SH, 2017.

El puente tendrá cinco (5) apoyos, dos de ellos correspondientes a los ejes extremos No. 1 y No. 5 (estribos) y tres ejes intermedios en los que se colocarán pilas, también de concreto reforzado, todos por fuera del cauce del río.

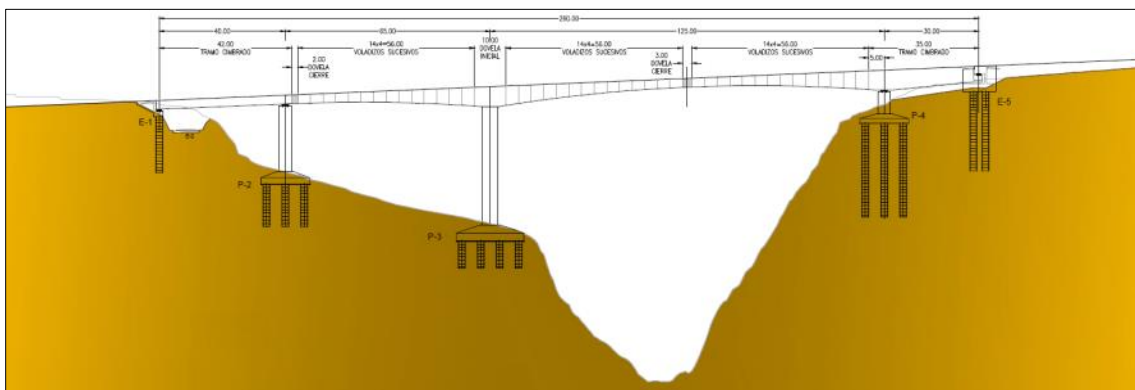
El tramo principal, entre los ejes No. 2 y No. 5, a construirse en voladizos sucesivos, contará con una longitud total de 220 m; de estos, 125 m corresponderán a la luz principal (ejes No. 3 a No. 4), mientras que las luces laterales presentarán asimetría, midiendo 65 m el voladizo de la margen derecha (sur) y 35 m el de la margen izquierda (norte), como se muestra en la **Figura 7.99** y en la **Figura 7.100**.

Figura 7.99 Planta Puente Boquerón.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Figura 7.100 Alzado Puente Boquerón.

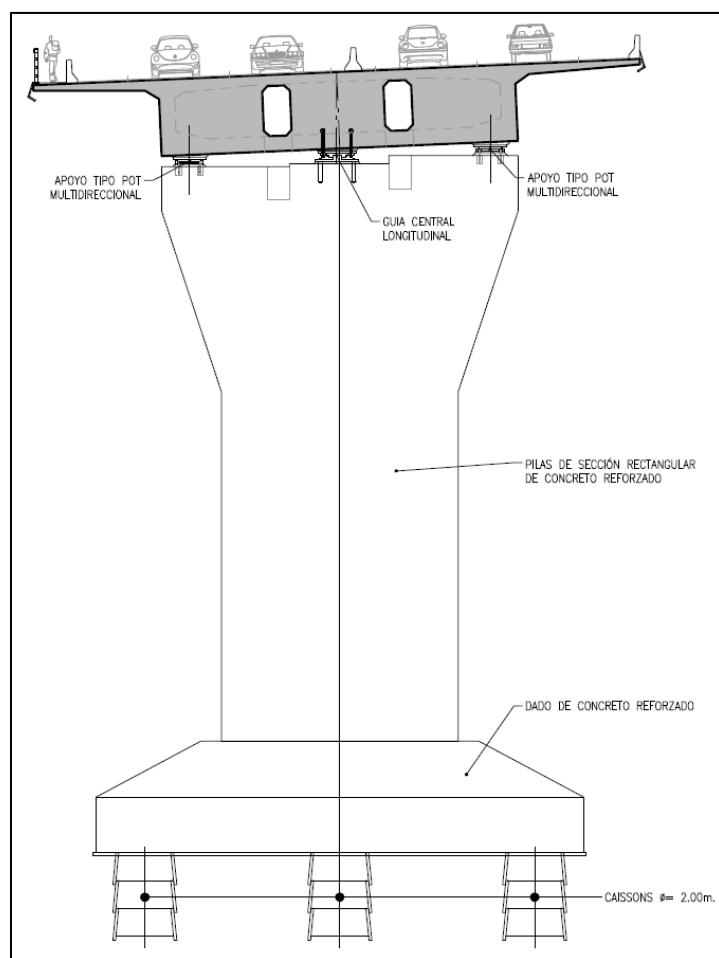


Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.6.1.1 Pilas

En los apoyos No. 2, No. 3 y No. 4 del puente se ha previsto la construcción de pilas de concreto reforzado con sección hueca, sobre las cuales se apoyará la superestructura por medio de dispositivos tipo POT, tal como se muestra en la **Figura 7.101**. En el caso de las pilas de los apoyos No. 2 y No. 3, comenzarán con un ancho de 8.50 m para luego ampliarse hasta los 12.80 m, que es el mismo ancho inferior con el que contarán las dovelas del tablero.

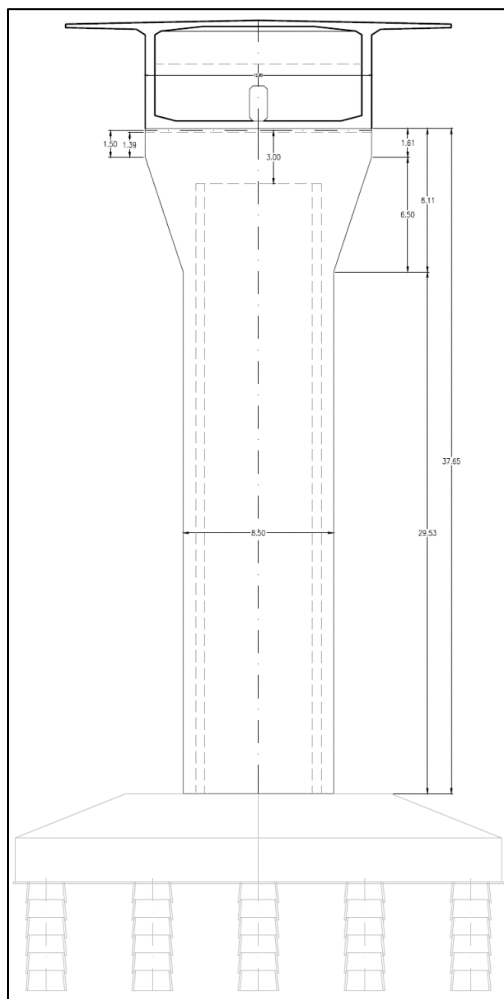
Figura 7.101 Configuración general de la subestructura del apoyo 2 Puente Boquerón.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Las paredes de la sección presentarán 50 cm de espesor en el caso de la columna del eje No. 2, y 80 cm en el caso de la columna del eje No. 3, como se presenta en la **Figura 7.102**.

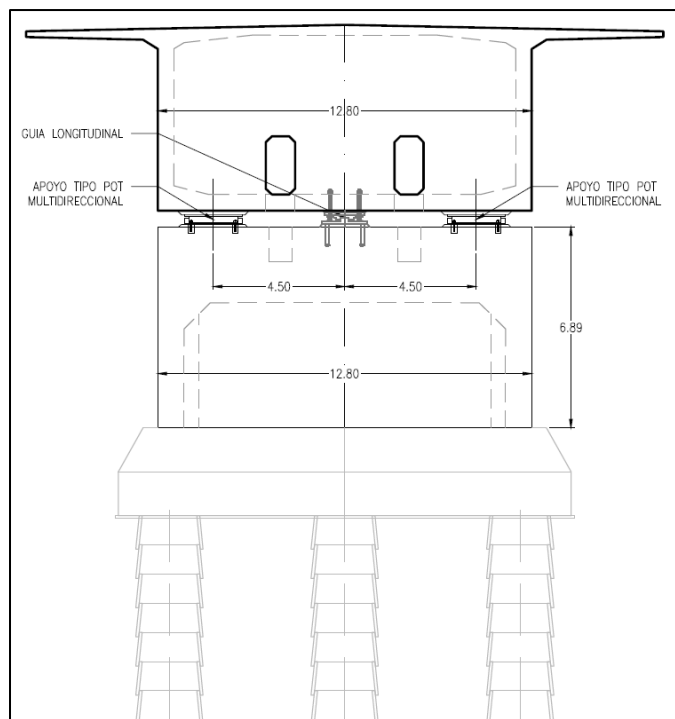
Figura 7.102 Configuración general de la subestructura del apoyo 3 Puente Boquerón.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

El apoyo del eje No. 4, por su reducida altura, presentará una pila de sección rectangular hueca constante de 12.80 m, como se muestra en la **Figura 7.103**. Las paredes de la sección serán de 50 cm de espesor.

Figura 7.103 Configuración general de la subestructura del apoyo 4 Puente Boquerón.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

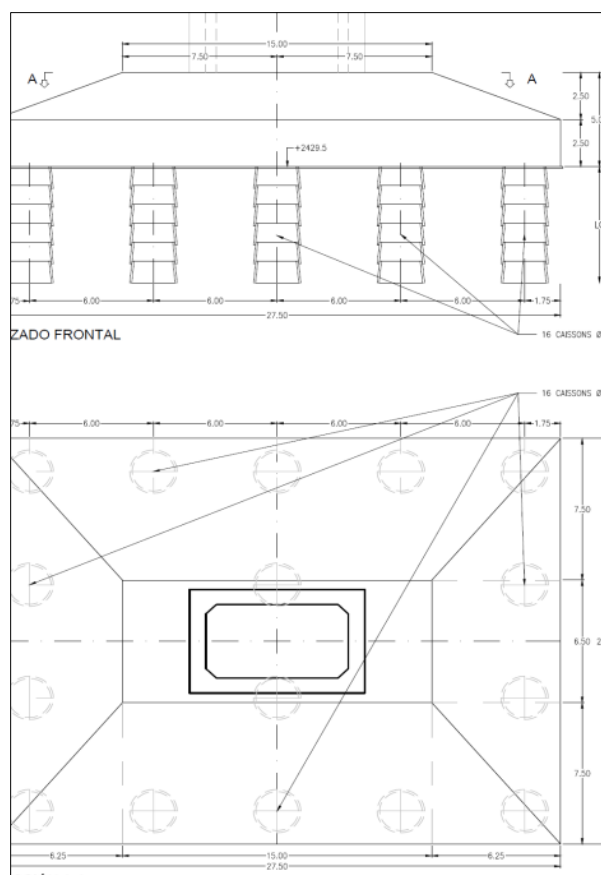
7.4.6.1.2 Cimentación.

La cimentación de los apoyos intermedios del puente Boquerón corresponderán a zarpas de concreto reforzado apoyadas sobre *caissons* (pozos de cimentación excavados) de 2.0 m de diámetro, también de concreto. De esta manera, se tendrá para los apoyos del puente:

- **Pila eje No. 2:** zarpa de 15.50 x 17.50 x 4.00 m, soportada en 8 caissons.
- **Pila eje No. 3:** zarpa de 21.50 x 27.50 x 5.00 m, soportada en 16 caissons.
- **Pila eje No. 4:** zarpa de 15.50 x 15.50 x 3.00 m, soportada en 9 caissons.

A continuación, en la **Figura 7.104** se presenta como ejemplo de los detalles de cimentación del eje tres (3) del Puente Boquerón; los diseños específicos son presentados en el **Anexo 2. Civil. 8. VOL VIII – ESTRUCTURAS y 4. VOL IV. CIMENTACIONES**.

Figura 7.104 Alzado y vista en planta de la cimentación de apoyo de la pila tres (3) del Puente Boquerón.



Fuente: Consorcio SH, 2017

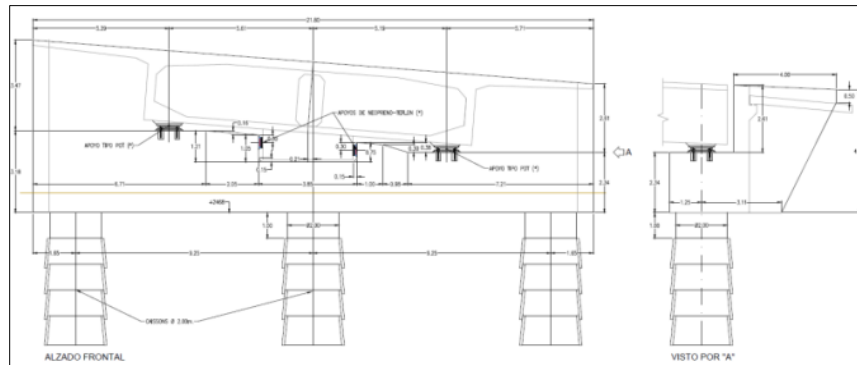
Los apoyos extremos consistirán en silletas de concreto reforzado, apoyadas en el terreno por medio de caissons, también de 2.00 m de diámetro:

Estribo eje No. 1: tres (3) caissons.

Estribo eje No. 5: tres (3) caissons.

En la **Figura 7.105** se presenta la geometría del estribo del eje No. 1, en el **Anexo 2. Civil. 4. VOL IV. CIMENTACIONES y 8. VOL VIII – ESTRUCTURAS**, son presentados los diseños específicos.

Figura 7.105 Geometría estribo del eje 1 de Puente Boquerón.

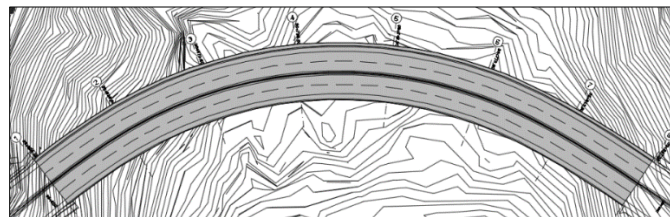


Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.6.2 Puente El Tablón Alto.

Se ubicará entre las abscisas PK36+604.35 y PK36+847.85 y contará con una longitud de 243.50 m (ver **Figura 7.106**).

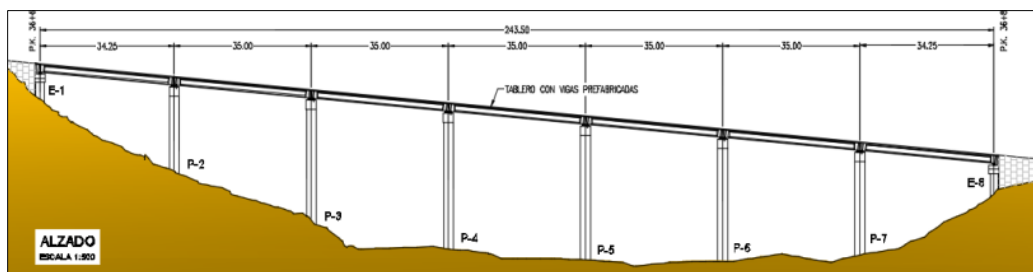
Figura 7.106 Planta del Puente El Tablón Alto.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Teniéndose en cuenta la topografía del terreno y la longitud del tramo a salvar, se consideró que la opción más favorable para el diseño del puente es por medio de vigas pre-esforzadas de altura 1.75 m. La estructura contará con siete luces, dos externas de 34.25 m y cinco intermedias de 35 m como se muestra en la **Figura 7.107**.

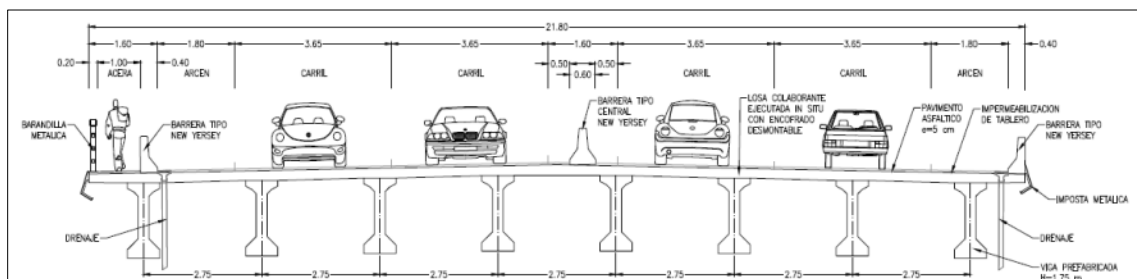
Figura 7.107 Alzado Puente El Tablón Alto.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Estará conformado por un único tablero con un ancho total de 21.80 m, en el cual se incluirán cuatro carriles vehiculares, bermas de 1.80 m y de 0.50 m en los costados de cada una de las calzadas, un separador central en New Jersey de 0.60 m de ancho, dos barreras de tráfico en New Jersey de 0.40 m de ancho y un andén peatonal de 1.00 m de ancho junto con su baranda respectiva (ver **Figura 7.108**).

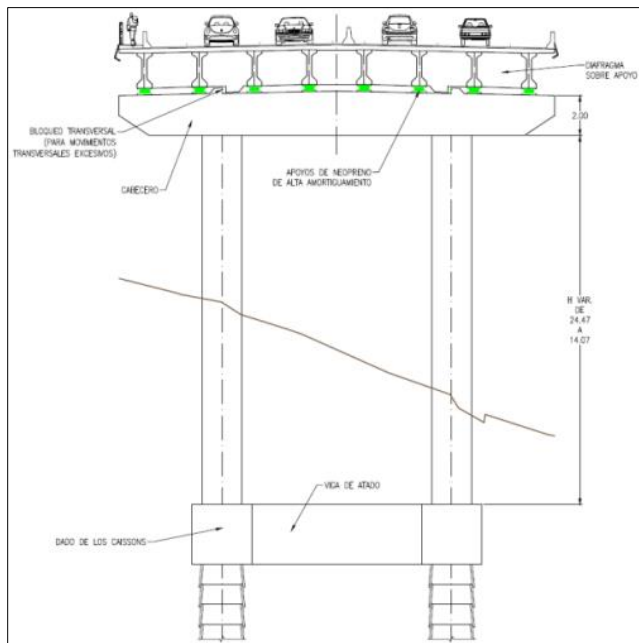
Figura 7.108 Sección transversal tipo del Puente El Tablón Alto.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Las pilas estarán formadas por dos fustes de sección hueca rectangular 2.50 m x 2.00 m, y un espesor de paredes 0.40 m. Los fustes estarán separados 11.50 m y sobre ellos descansará un cabecero rectangular de 2.60 m x 2.10 m (ver **Figura 7.109**).

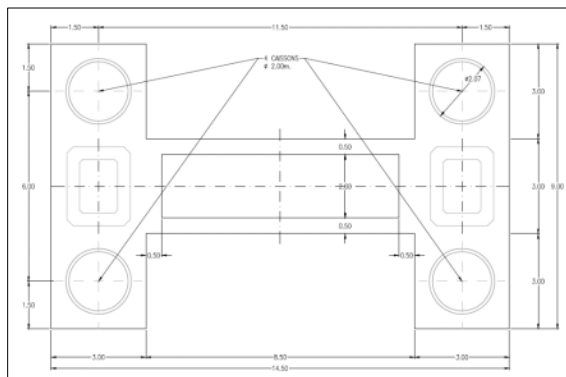
Figura 7.109 Sección transversal por pila del Puente El Tablón Alto.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Cada fuste estará cimentado sobre un encepado 3.00 m de canto con dos (2) caissons de 2.00 m de diámetro separados 6.00 m entre sí en sentido longitudinal del puente. Los encepados de ambos fustes estarán unidos entre sí por una viga hueca de 3.00 m x 3.00 m y paredes de 0.50 m de espesor (ver **Figura 7.110**).

Figura 7.110 Sección en planta de la cimentación del Puente El Tablón Alto.

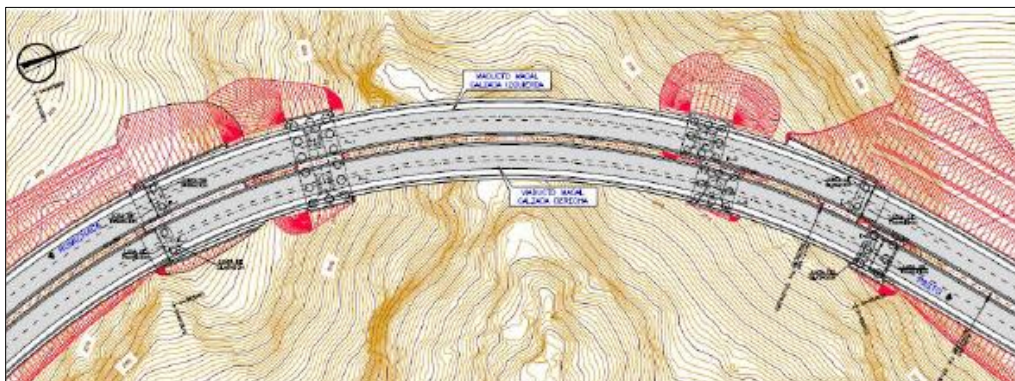


Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.6.3 Puente Quebrada Macal.

Se ubicará entre las abscisas PK37+070 y PK 37+290 y contará con una longitud de 220 m (ver **Figura 7.111**).

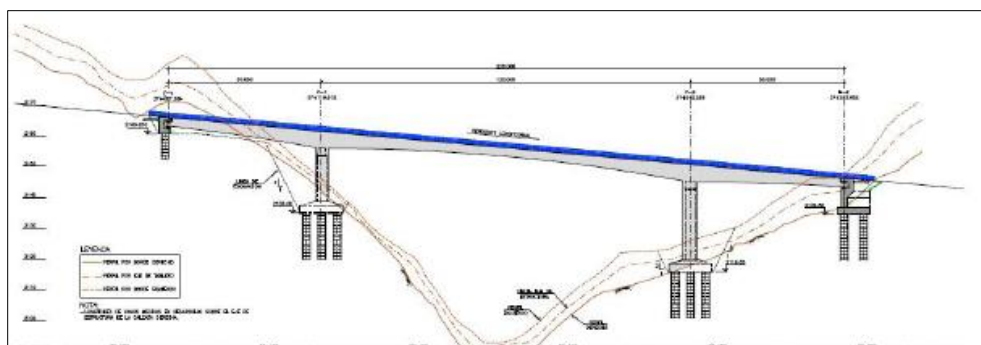
Figura 7.111 Planta Puente Quebrada Macal.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

La calzada izquierda y derecha del Puente Quebrada Macal, tiene una longitud de 220 metros entre ejes de estribos, con un total de 3 vanos de 50 -120 – 50 m, medidos sobre el eje de estructura (ver **Figura 7.112**).

Figura 7.112 Alzado Puente Quebrada Macal.



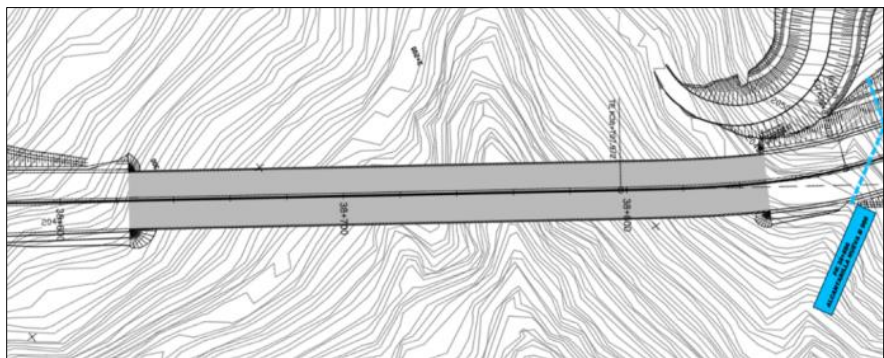
Fuente: Consorcio SH, 2017.

Ambas calzadas se encuentran en una alineación curva en planta de radio 231,3 m para la calzada derecha y de 244,70 m para la calzada izquierda. En total el ancho del tablero es de 11,40 metros. Debido a las luces que presenta el viaducto dada la presencia del río, la solución estructural elegida para el puente es la de dinteles continuos contruidos por avance en voladizos sucesivos.

7.4.6.4 Puente Vereda El Porvenir

Se ubicará entre las abscisas PK38+576 y PK38+801 y tendrá una longitud 225 m, fue concebido para salvar el cañón de una corriente de agua menor con cauce encañonado. El tablero contará con una pendiente longitudinal constante de 1.0%. El puente tendrá una orientación preferente SW-NE. En la **Figura 7.113** se muestra la implantación de la estructura en planta. En dicha figura puede observarse que el puente es prácticamente recto en toda su longitud.

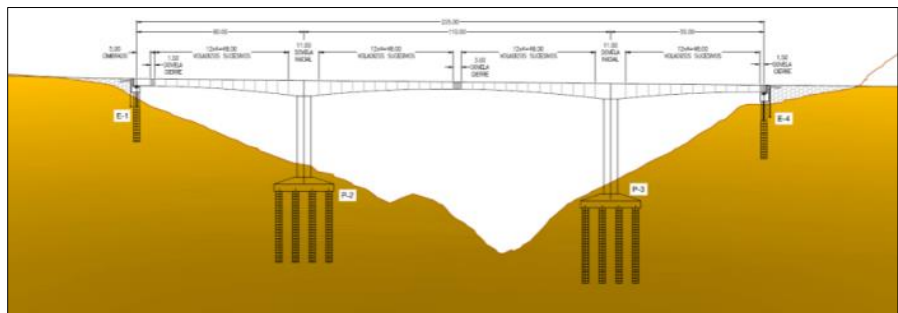
Figura 7.113 Planta Puente Vereda El Porvenir.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Teniéndose en cuenta la topografía del terreno y la longitud del tramo a salvar, se consideró que la opción más favorable es el diseño de un puente en sección cajón de concreto reforzado, a construirse según el método de los voladizos sucesivos, con dovelas de concreto de una única celda con alturas variables entre 2.50 y 5.50 m y almas verticales. La estructura contará con tres luces (60 m – 110 m – 55 m) como se muestra en la **Figura 7.114**.

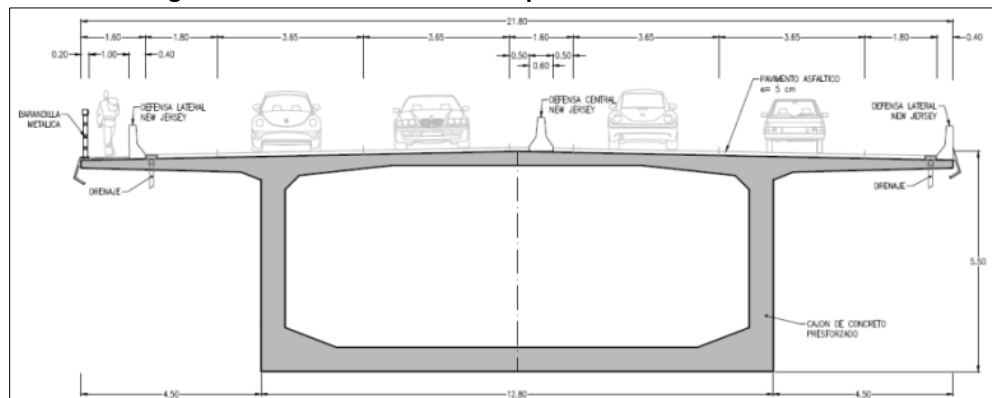
Figura 7.114 Alzado Puente Vereda El Porvenir.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Estará conformado por un único tablero con un ancho total de 21.80 m, en el cual se incluirán dos calzadas vehiculares en cada uno de los sentidos, bermas de 1.80 m y de 0.50 m en los costados de cada una de las calzadas, un separador central en New Jersey de 0.60 m de ancho, dos barreras de tráfico en New Jersey de 0.40 m de ancho y un andén peatonal de 1.00 m de ancho junto con su baranda respectiva (ver **Figura 7.115**).

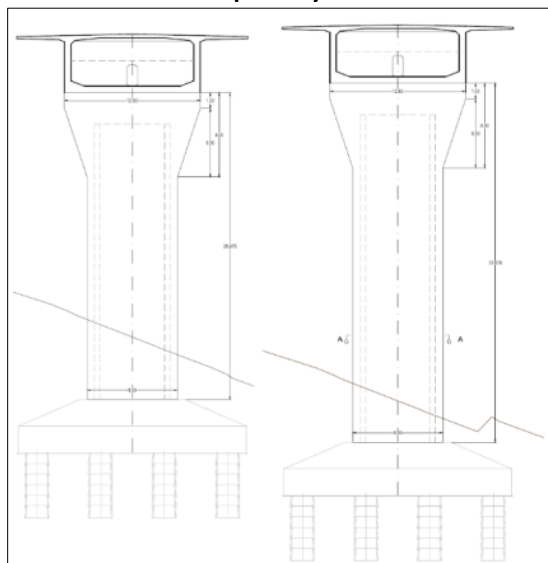
Figura 7.115 Sección transversal tipo Puente Vereda El Porvenir.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Las pilas de los apoyos P1 y P2 están formadas por un elemento de sección hueca rectangular variable, desde 5.00 m x 8.50 m en la base, hasta 5.00 m x 12.80 m en la cabeza superior, y almas de 0.70 m (ver **Figura 7.116**).

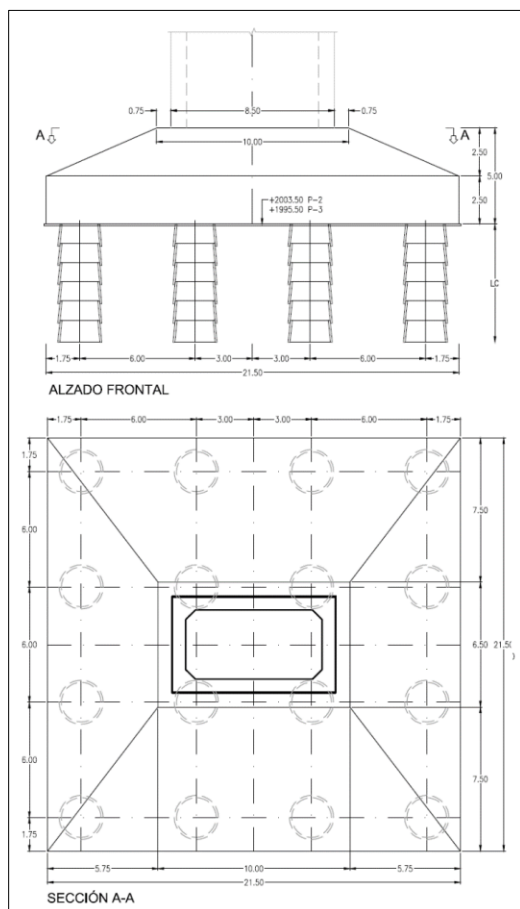
Figura 7.116 Sección transversal pilas 2 y 3 del Puente Vereda El Porvenir.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

Cada columna estará cimentada sobre una zarpa cuadrada de 21.50 m y 5.00 m de espesor para las pilas P1 y P2 con 16 caissons de 2.00 m de diámetro separados 6.00m entre sí en sentido longitudinal del puente (ver **Figura 7.117**).

Figura 7.117 Cimentación de las Pilas 2 y 3 del Puente Vereda El Porvenir.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

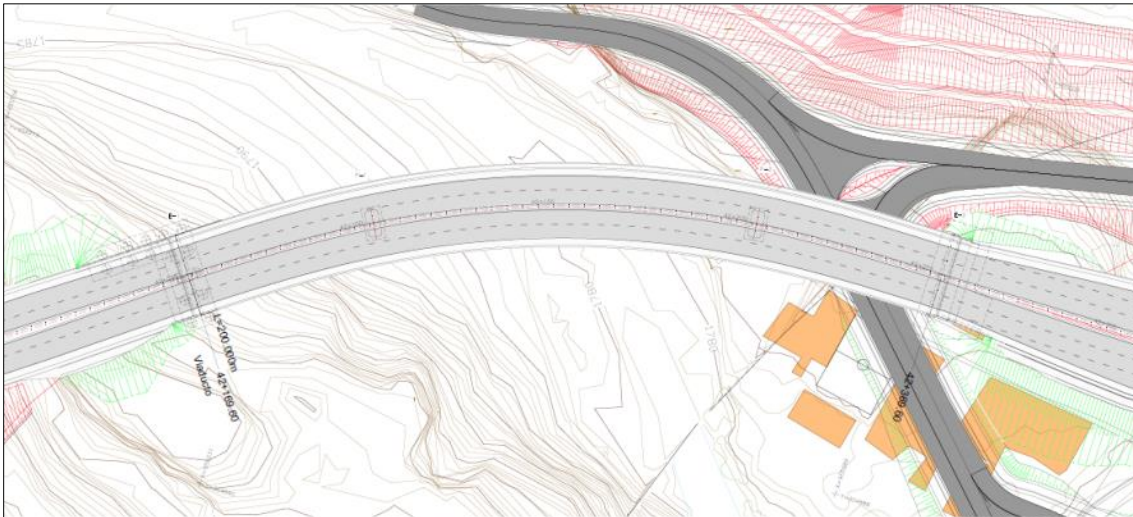
Se dispondrán los dos estribos con apoyos tipo POT y neoprenos para resistir los esfuerzos transversales y apoyos tipo POT en la pila P1, mientras que en la pila P2 el tablero estará empotrado en la pila.

7.4.6.5 Puente Río Sapuyes.

El puente Río Sapuyes, a ubicarse entre las abscisas PK41+560 y PK41+760 y contará con una longitud de 200 m, fue concebido para salvar el cauce de dicha corriente. El puente tendrá una orientación preferente W-E y

en toda su longitud, el puente exhibe curva horizontal. En la **Figura 7.118** se muestra la implantación de la estructura en planta.

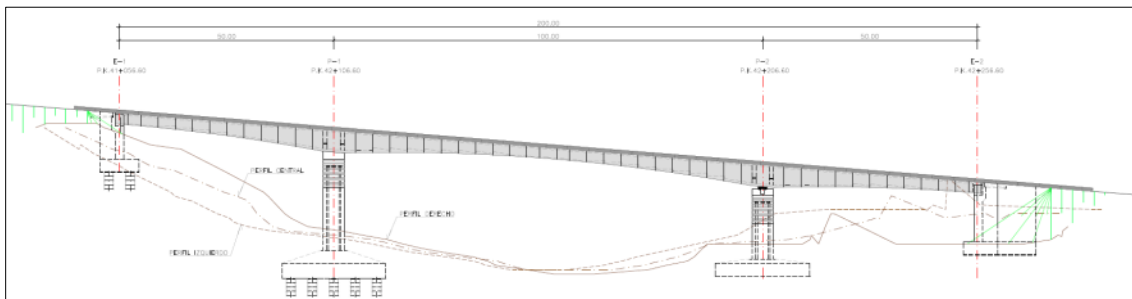
Figura 7.118 Planta del Puente Río Sapuyes.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

El tablero contará con una pendiente longitudinal constante de 7.50%, adaptándose a la topografía del terreno, se consideró la alternativa de un puente en sección hueca de concreto a construirse según el método de los voladizos sucesivos. Se han previsto tres luces, una central de 100 m y dos luces laterales de 50 m, como se muestra en la **Figura 7.119**.

Figura 7.119 Alzado Puente Río Sapuyes.

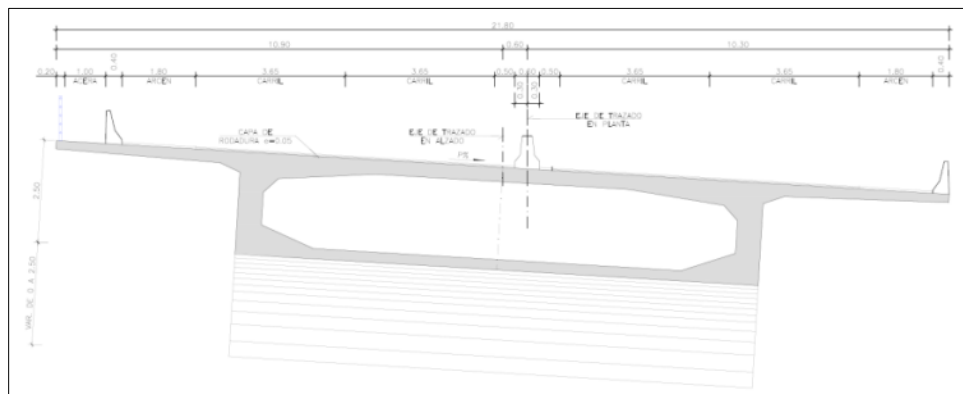


Fuente: Consorcio SH, 2017.

Estará conformado por único tablero con un ancho total de 21.80 m, en el cual se incluirán dos calzadas vehiculares en cada uno de los sentidos, bermas de 1.80 m y de 0.50 m en los costados de cada una de las

calzadas, un separador central en New Jersey de 0.60 m de ancho, dos barreras de tráfico en New Jersey de 0.40 m de ancho y un andén peatonal de 1.00 m de ancho junto con su baranda respectiva (ver **Figura 7.120**).

Figura 7.120 Sección transversal tipo del Puente Río Sapuyes.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

El tablero presentará una sección cajón de canto variable teniendo un máximo de 5.00 m en las pilas P-1 y P-2 Y un canto mínimo de 2.50 m en el centro del vano y sobre los apoyos de los estribos. De esta manera, con dos T ejecutadas por voladizos desde las pilas 1 y 2 se completarán los tres vanos que constituirán el viaducto.

Cada T ejecutada desde las pilas estará formada por una dovela denominada “O”, que se situará sobre pilas, las cuales tendrán una longitud 10 m, y que durante la ejecución del avance en voladizo estará empotrada con un bloqueo provisional en la pila 2. El empotramiento para la pila 1 será definitivo al tratarse del punto fijo de la estructura.

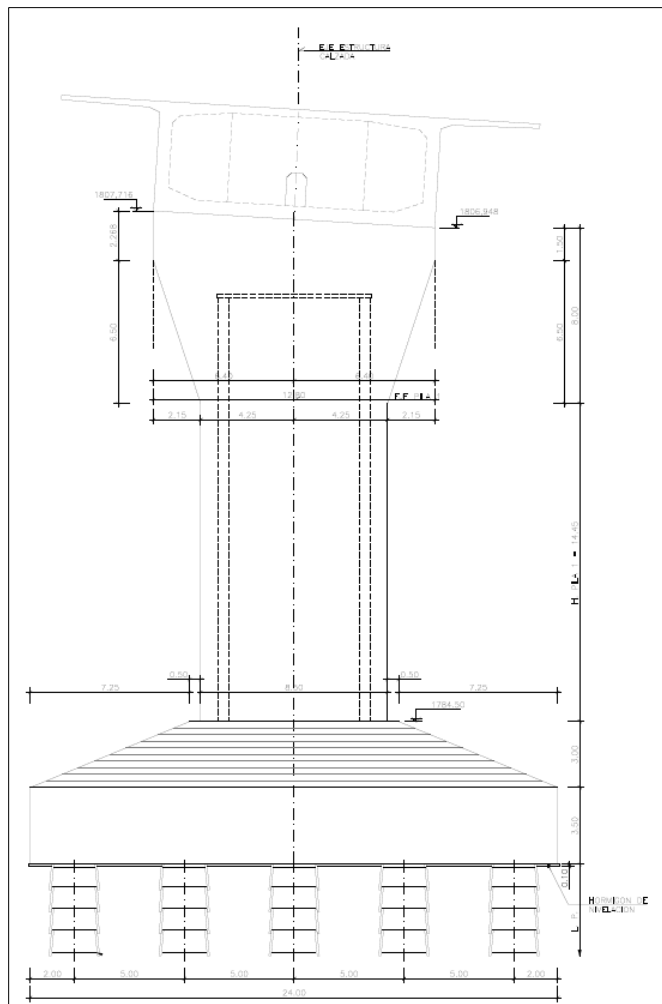
La sección cajón tendrá almas de espesor constante de 0.60 m. La base del núcleo de la sección tendrá un ancho constante de 12.80 m. El espesor de la tabla inferior se ha proyectado de 0.6 m sobre pilas variando linealmente hasta 0.25 m. La intersección de las almas con la losa superior del tablero presentará unas cartelas de cierto espesor, necesarias para el adecuado anclaje de los tendones de las dovelas.

El pretensado de las dovelas, pretensado tipo A, estará formado por 12 tendones de 29 T15 por alma. Todos los tendones se anclarán en cada frente de dovela. El pretensado de continuidad, pretensado tipo B, estará formado por 6 tendones 31T15 por alma. El vano 1 y vano 3 contarán con un pretensado de 2 tendones de 19T15 por alma, pretensado tipo C.

El tablero se apoyará en la Pila 2 y en los estribos sobre aparatos de neopreno-teflón (POT), mientras que la Pila 1 se encontrará empotrada ya que, como ya se dijo, constituirá el punto fijo de la estructura.

Las pilas serán de hormigón armado y tendrán forma rectangular. Ambas pilas serán huecas de dimensiones de 8.5 x 5.0 m y de 0.80 m de espesor (ver **Figura 7.121**).

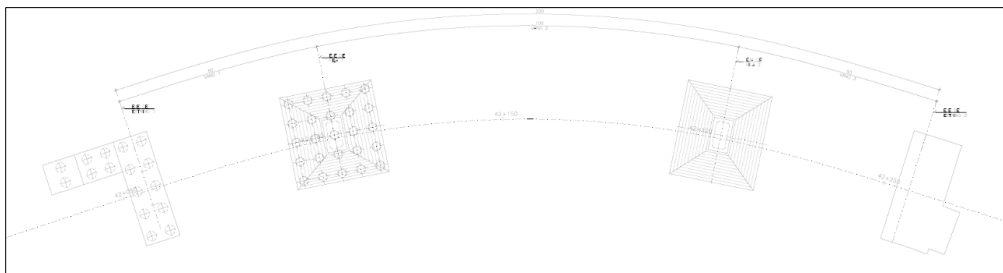
Figura 7.121 Sección transversal de la pila 1 de Puente Río Sapuyes.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

La cimentación de la pila 2 es directa mediante zapata y la cimentación de la pila 1 está formado por pilotes tipo caissons, por otro lado, los estribos serán de hormigón armado, tipo cerrado. La cimentación de los estribos se ha proyectado mediante pilotes tipo caissons. El viaducto contará con una junta de dilatación en ambos estribos. En la **Figura 7.122** se presenta la sección en planta de la cimentación del Puente Río Sapuyes.

Figura 7.122 Sección en planta de la cimentación del Puente Río Sapuyes.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.4.7 Procesos constructivos.

7.4.7.1 Procesos constructivos obras menores (alcantarillas y box culvert).

El proceso constructivo para las alcantarillas y box culvert es presentado en el **Anexo 2. Civil. 8 VIII - Estructuras.**

7.4.7.2 Procedimientos constructivos obras mayores (Puentes y/o viaductos).

El proceso constructivo para los puentes Boquerón, Vereda Tablón Alto, Quebrada Macal, Vereda El Porvenir y río Sapuyes es presentado en el **Anexo 2. Civil, numerales 8.1.3.7 Viaducto Boqueron, 8.2.3.4 Viaducto Tablon Alto, 8.2.3.5 Viaducto el Macal, 8.3.3.4 Viaducto Porvenir y 8.3.3.5 Viaducto Sapuyes.**

7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL

La Concesionaria Vial Unión del Sur para desarrollar el proyecto vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan -Pedregal requiere permiso de aprovechamiento forestal único para las actividades propias del proyecto tales como: Construcción de una segunda calzada paralela a la existente, desde el PK15+750 hasta el PK17+000, construcción de una doble calzada nueva desde el PK17+000 hasta el PK41+943, construcción de una segunda calzada paralela a la existente, desde el PK41+943 hasta el PK44+795, construcción de 5 puentes y/o viaductos. Construcción de cuatro (4) intercambiadores, construcción de tres (3) retornos, construcción Variante de Pilcuán y ejecución de obras geotécnicas para la estabilización de taludes. Todo esto considerando la caracterización del medio biótico, la zonificación ambiental y de manejo, como también las actividades planteadas en el Plan de Manejo Ambiental del presente estudio.

Por lo anterior se solicita permiso de aprovechamiento para los ecosistemas de: Bosque de galería y/o ripario en orobioma andino Nudo de los Pastos, Bosque de galería y/o ripario en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos, Bosque denso altoandino en orobioma andino Nudo de los Pastos, Vegetación secundaria alta en hidrobioma Patía, Vegetación secundaria alta en orobioma andino Nudo de los Pastos, Vegetación secundaria alta en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos, Vegetación secundaria alta en orobioma azonal andino Patía, Vegetación secundaria alta en orobioma azonal subandino Patía, y adicionalmente en los ecosistemas

de las coberturas antrópicas con presencia de individuos fustales con DAP mayor a 10 cm, estas coberturas fueron plantaciones forestales (Pf) y para las cercas vivas localizadas en las coberturas mosaico de pastos – cultivos (Mpc), mosaico de cultivos (Mcu) y pastos limpios (Pl).

7.5.1 Localización de las unidades de muestreo forestal

Para estimar el volumen de aprovechamiento en cada una de las coberturas susceptibles de intervención se realizó un levantamiento de información en campo así:

Para los ecosistemas Bosque denso altoandino del Orobioma Andino Nudo de los Pastos, Vegetación secundaria alta del Hidrobioma Nudo de los Pastos, Plantación forestal del Hidrobioma Patía y Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Subandino Patía cuya área máxima a intervenir será de 0,3 ha, 0,20, 0,11 y 0,58 respectivamente; se realizó un inventario al 100% (censo) de los individuos fustales presentes y así determinar con exactitud el volumen máximo a intervenir en esta cobertura. Para los demás ecosistemas identificados en el área de intervención se establecieron parcelas de muestreo forestal las cuales cumplen con lo estipulado en los términos de referencia, un error de muestreo no superior al 15% y una probabilidad del 95%. En la siguiente tabla se presentan los porcentajes de coberturas en el área de estudio.

Tabla 7-93 Coberturas presentes en el área de intervención del proyecto vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan –Pedregal

Ecosistema	ÁREA ha	PORCENTAJE %
Bosque de galería y/o ripario en orobioma andino Nudo de los Pastos	1,38	0,21
Bosque de galería y/o ripario en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos	6,82	1,06
Bosque denso altoandino en orobioma andino Nudo de los Pastos	0,30	0,05
Explotación de materiales de construcción en hidrobioma Nudo de los Pastos	0,13	0,02
Explotación de materiales de construcción en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos	0,84	0,13
Explotación de materiales de construcción en orobioma azonal andino Patía	1,57	0,24
Mosaico de cultivos en hidrobioma Nudo de los Pastos	0,01	0,00
Mosaico de cultivos en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos	4,21	0,65
Mosaico de cultivos en orobioma azonal subandino Patía	0,41	0,06
Mosaico de pastos y cultivos en hidrobioma Nudo de los Pastos	0,90	0,14
Mosaico de pastos y cultivos en hidrobioma Patía	0,39	0,06
Mosaico de pastos y cultivos en orobioma andino Nudo de los Pastos	270,11	42,06
Mosaico de pastos y cultivos en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos	182,26	28,38
Mosaico de pastos y cultivos en orobioma azonal andino Patía	27,03	4,21
Mosaico de pastos y cultivos en orobioma azonal subandino Nudo de los Pastos	0,03	0,00

Ecosistema	ÁREA ha	PORCENTAJE %
Mosaico de pastos y cultivos en orobioma azonal subandino Patía	3,51	0,55
Pastos limpios en hidrobioma Nudo de los Pastos	0,22	0,03
Pastos limpios en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos	6,31	0,98
Pastos limpios en orobioma azonal andino Patía	6,11	0,95
Plantación forestal en hidrobioma Nudo de los Pastos	0,96	0,15
Plantación forestal en hidrobioma Patía	0,11	0,02
Plantación forestal en orobioma andino Nudo de los Pastos	3,08	0,48
Plantación forestal en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos	20,65	3,21
Plantación forestal en orobioma azonal andino Patía	0,42	0,07
Red vial y territorios asociados en hidrobioma Nudo de los Pastos	0,66	0,10
Red vial y territorios asociados en hidrobioma Patía	0,26	0,04
Red vial y territorios asociados en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos	4,08	0,63
Red vial y territorios asociados en orobioma azonal andino Patía	2,69	0,42
Ríos en hidrobioma Nudo de los Pastos	0,25	0,04
Ríos en hidrobioma Patía	0,56	0,09
Ríos en orobioma azonal andino Patía	0,18	0,03
Tejido urbano continuo en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos	3,11	0,48
Tejido urbano discontinuo en hidrobioma Nudo de los Pastos	0,53	0,08
Tejido urbano discontinuo en hidrobioma Patía	4,41	0,69
Tejido urbano discontinuo en orobioma andino Nudo de los Pastos	0,88	0,14
Tejido urbano discontinuo en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos	1,56	0,24
Tejido urbano discontinuo en orobioma azonal andino Patía	13,46	2,10
Vegetación secundaria alta en hidrobioma Nudo de los Pastos	0,20	0,03
Vegetación secundaria alta en hidrobioma Patía	0,30	0,05
Vegetación secundaria alta en orobioma andino Nudo de los Pastos	13,54	2,11
Vegetación secundaria alta en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos	7,85	1,22
Vegetación secundaria alta en orobioma azonal andino Patía	4,14	0,64
Vegetación secundaria alta en orobioma azonal subandino Patía	0,58	0,09
Vegetación secundaria baja en hidrobioma Nudo de los Pastos	0,92	0,14
Vegetación secundaria baja en hidrobioma Patía	2,44	0,38
Vegetación secundaria baja en orobioma andino Nudo de los Pastos	5,08	0,79
Vegetación secundaria baja en orobioma azonal andino Nudo de los Pastos	26,96	4,20
Vegetación secundaria baja en orobioma azonal andino Patía	0,88	0,14
Vegetación secundaria baja en orobioma azonal subandino Patía	9,02	1,41

Ecosistema	ÁREA ha	PORCENTAJE %
Total	642,28	100,00

Fuente: Consorcio SH..

Enseguida se presentan las Unidades de Muestreo Forestal establecidas.

Tabla 7-94 Localización de las unidades de muestreo forestal.

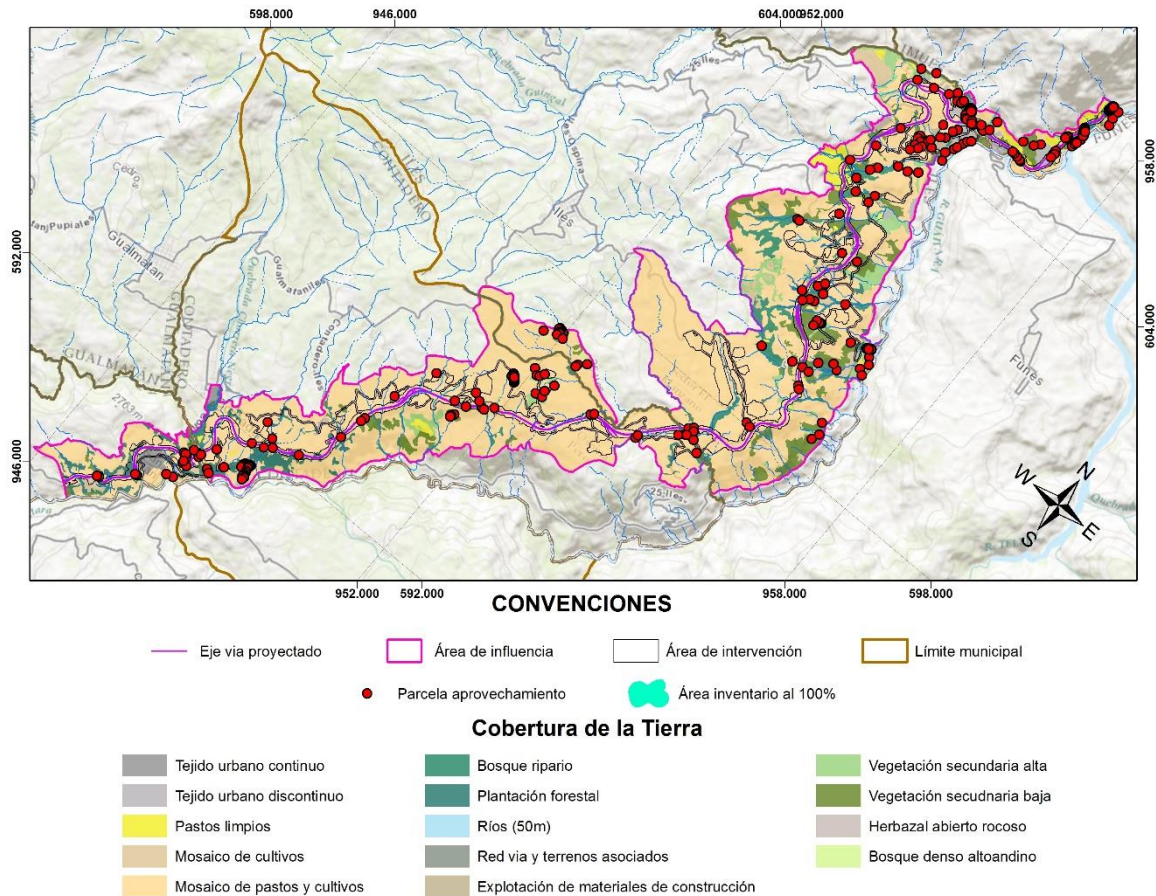
Ecosistema	SÍMBOLO UNIDAD DE MUESTREO FORESTAL	COORDENADAS ORIGEN MAGNA SIRGAS OESTE, COLOMBIA	
		Este	Norte
Bosque Ripario del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	aprovech_BR7	951764	595141
	BR_N1	951711	595141
	BR_N2	951599	595205
	BR_N3	955261	597034
Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	CV_N1	952198	596346
	CV_N2	952398	596109
	CV_N3	952398	596109
	CV_N4	955604	598049
	CV_N5	955700	598022
	CV17	948875	592409
	CV4	950353	594273
	CV7	950669	595085
Plantación Forestal del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	CV19	951449	595279
	PF_N6	949699	592311
	PF_N7	949132	592232
	PF_N8	949250	592111
	PF_N9	949122	592008
	PF_N10	948899	591929
Vegetación secundaria alta del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	PF_N11	950082	593066
	VSA-OaA1	951889	595282
	VSA-OaA2	951473	594964
	VSA-OaA3	951250	594916
	VSA-OaA5	952292	595975

Ecosistema	SÍMBOLO UNIDAD DE MUESTREO FORESTAL	COORDENADAS ORIGEN MAGNA SIRGAS OESTE, COLOMBIA	
		Este	Norte
	Aprovech_VSA-OaA4	952428	595998
	Aprovech_VSA-OaA6	952149	596262
Mosaicos de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos y pastos limpios del Orobioma Azonal Andino Patía	CV12	954856	604548
	CV_N15	954290	604958
	CV_N16	954572	605048
	CV_N17	954964	604095
	CV_N18	954857	604192
Plantación Forestal del Orobioma Azonal Andino Patía	PF_N12	955036	604395
	PF_N14	954867	605133
	PF_N13	954962	604341
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Andino Patía	VSA_N15	955564	605028
	VSA_N17	955119	604654
	VSA_N20	955068	604575
	VSA_N21	955391	604999
	VSA_N18	953960	604880
Vegetación secundaria Alta del Hidrobioma Patía	VSA_N11	955463	604961
	VSA_N10	955400	604972
	VSA_N12	955481	604938
Mosaico de Cultivos, Mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios del Hidrobioma Nudo de los Pastos	CV_N6	948124	590967
	CV_N7	948058	590994
	CV_N9	948641	591000
	CV_N8	948166	591150
Plantación Forestal del Hidrobioma Nudo de los Pastos	PF_N1	948321	591167
	PF_N2	948151	590922
	PF_N3	948095	590994
	Pf6	948151	590880
Bosque Ripario del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	aprovech_BR3	955165	600760
	aprovech_BR2	955594	600876
	BR_N4	954259	602784
	BR_N5	953958	602958
	BR_N6	954736	602747
	BR_N7	954821	600567
	BR_N8	954943	600433

Ecosistema	SÍMBOLO UNIDAD DE MUESTREO FORESTAL	COORDENADAS ORIGEN MAGNA SIRGAS OESTE, COLOMBIA	
		Este	Norte
Mosaico de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos y pastos limpios del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	CV_N10	954898	603476
	CV_N11	954678	603812
	CV_N12	954300	604002
	CV_N13	954444	602077
	CV_N14	954720	602583
Plantación forestal del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	Pf1	947666	590130
	Pf2	947631	590117
	Pf3	947621	590120
	Pf5	948155	590843
	Pf7	948246	590838
	PF_N4	948790	591261
	PF_N5	948476	591426
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	Pf30	954952	601554
	Aprovech_VSA-OmA1	955490	600327
	Aprovech_VSA-OmA2	955479	600323
	Aprovech_VSA-OmA3	955461	600301
	Aprovech_VSA-OmA4	955443	600310
	Aprovech_VSA-OmA5	955394	600308

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.123 Localización de parcelas en los ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal y área inventariada al 100%.



Fuente: CONSORCIO SH.

7.5.2 Tamaño unidades muestrales

Partiendo de la unidad básica de muestreo estandarizada para los estudios de diversidad en bosques naturales del neotrópico de 0,1 ha establecida por Gentry (1982), se adaptó y estableció el tamaño de las parcelas para cada unidad de Ecosistema de acuerdo al tamaño de la vegetación, el tamaño a usado fue de 50m * 10 m o 0,05 ha. Para los Ecosistemas de mosaico pastos y cultivos (Mpc) mosaico de cultivos (Mc) y pastos limpios (PI), específicamente en las cercas vivas se realizaron parcelas de un área de 0,05 ha (50 m *10 m), de la

misma manera se realizaron parcelas de 50 m *10 m (0,05 ha) para calcular el volumen de las plantaciones forestales no registradas.

De acuerdo a esto, los tamaños de las unidades de muestreo para cada cobertura analizada se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7-95 Tamaño de las unidades de muestreo forestal para cada uno de los ecosistemas susceptibles de aprovechamiento

Ecosistema	ÁREA DE MUESTREO FUSTAL
Bosque denso del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	50m*10m
Bosque Ripario del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	50m*10m
Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	50m*10m
Plantación Forestal del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	50m*10m
Vegetación secundaria alta del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	50m*10m
Mosaicos de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos del Orobioma Azonal Andino Patía	50m*10m
Plantación Forestal del Orobioma Azonal Andino Patía	50m*10m
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Andino Patía	50m*10m
Plantación Forestal del Hidrobioma Patía	50m*10m
Vegetación secundaria Alta del Hidrobioma Patía	50m*10m
Vegetación Secundaria Alta del Hidrobioma Nudo de los Pastos	50m*10m
Mosaico de Cultivos, Mosaico de pastos y cultivos del Hidrobioma Nudo de los Pastos	50m*10m
Plantación Forestal del Hidrobioma Nudo de los Pastos	50m*10m
Bosque Ripario del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	50m*10m
Mosaico de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	50m*10m
Plantación forestal del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	50m*10m
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	50m*10m
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Subandino Patía	50m*10m

Fuente: CONSORCIO SH.

7.5.3 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó un inventario forestal con una probabilidad de un 95% y un error de muestreo menor al 15% por unidad de cobertura. El objetivo de calcular el error de muestreo es definir el tamaño del muestreo óptimo para cada cobertura vegetal de acuerdo con la heterogeneidad que presente su biomasa, área basal o volumen, y así con base en ello poder brindar valores aproximados y menos sesgados del volumen a remover por hectárea en cada cobertura en caso que se requiera. De esta forma también es una premisa lógica que en el cálculo de este error de muestreo se utilicen variables medidas para cada uno de los individuos de la población y con una superficie (m²) de muestreo conocida.

El parámetro utilizado para medir la precisión del muestreo en los ecosistemas identificados para el área de intervención del proyecto es el volumen total, donde se utilizó únicamente el valor de volumen de los individuos fustales. El estadístico utilizado fue la distribución de T de student (probabilidad del 95% y grados de libertad (n-1) de acuerdo con el número de unidades de muestreo en cada cobertura).

Teniendo las medias de volumen y área basal respectivas por cada cobertura, se calculó la desviación estándar (DE), el coeficiente de variación (CV), el error de muestreo (EM) y el número de parcelas (n) necesario para cumplir con un error < 15%. De acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$DE = \sqrt{\frac{\text{Suma } X^2 - \frac{(\text{Suma } X)^2}{N}}{n-1}}$$

$$CV \% = (DE / X) \times 100 \%$$

$$EM \% = (t \times CV) / \sqrt{n}$$

$$n = (CV \% \times t)^2 / EM\%^2 :$$

7.5.4 Representatividad del muestreo

Con base en los requerimientos estadísticos para el inventario forestal según los términos de referencia bajo los cuales se trabaja el presente documento (probabilidad del 95 % y error de muestreo inferior a 15%) y utilizando los valores del volumen total aprovechable de las parcelas de los ecosistemas identificados en el área de intervención del proyecto, se concluyó que el número de unidades de muestreo es estadísticamente representativo para las coberturas analizadas (ver **Tabla 7-96**).

Tabla 7-96 Cálculo de error de muestreo basado en el volumen

Ecosistema	Nº de parcelas	error máximo	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	T DE STUDENT	error obtenido
Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	9	15	0,45	19,05	2,31	14,64
Vegetación secundaria alta del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	6	15	0,33	12,99	2,57	13,63

Ecosistema	Nº de parcelas	error máximo	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	T DE STUDENT	error obtenido
Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Azonal Andino Patía	5	15	0,26	10,10	2,78	12,55
Vegetación Secundaria Alta del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	5	15	0,23	11,88	2,78	14,75
Plantación forestal del Hidrobioma Nudo de los Pastos	4	15	0,85	8,73	3,18	13,88
Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos del Hidrobioma Nudo de los Pastos	4	15	0,13	8,73	3,18	13,89
Plantación forestal del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	8	15	1,27	16,54	2,36	13,82
Bosque Ripario del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	4	15	0,14	6,41	3,18	10,19
Plantación forestal del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	6	15	1,26	11,79	2,57	12,38
Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	5	15	0,26	10,62	2,78	13,19
Plantación forestal del Orobioma Azonal Andino Patía	3	15	0,35	5,91	4,3	14,68
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Andino Patía	5	15	0,19	9,94	2,78	12,34
Bosque Ripario del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	7	15	0,36	16,15	2,45	14,94
Vegetación secundaria alta del Hidrobioma Patía	3	15	0,12	4,96	4,3	12,33
Bosque denso altoandino del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	Inventario al 100%					
Vegetación secundaria alta del Hidrobioma Nudo de los Pastos	Inventario al 100%					
Plantación forestal del Hidrobioma Patía	Inventario al 100%					
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Subandino Patía	Inventario al 100%					

Fuente: Consorcio SH..

Como se muestra en la **Tabla 7-96** y Tabla 7-97, para el Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Andino Nudo de los Pastos se realizaron nueve (9) parcelas, cada una con un áreas de 500 m² (10m*50m) para un área total de 0,45 ha, en donde se reportó un volumen 21,410 m³ correspondiente a 47,58m³/ha y un error de muestreo de 14,64%; en Vegetación secundaria alta del Orobioma Andino Nudo de los Pastos se realizaron seis (6) parcelas, cada una con un áreas de 500 m² (10m*50m) para un área total de 0,3 ha, en donde se reportó un volumen total 15,775 m³ correspondiente a 52,58m³/ha y un error de muestreo de 13,63 para Vegetación Secundaria Alta del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos se realizaron cinco (5) parcelas, cada una con un áreas de 500 m² (10m*50m) para un área total de 0,25 ha, en donde se reportó un volumen 9,5 m³ correspondiente a 38m³/ha y un error de muestreo de 14,75%; para Plantación forestal del Hidrobioma Nudo de los Pastos se realizaron cuatro (4) parcelas, para un área total de 0,2 ha, en donde se reportó un volumen 39,244 m³ correspondiente a 196,22m³/ha y un error de muestreo de 13,88%; en Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos del Hidrobioma Nudo de los Pastos se realizaron cuatro (4) parcelas, para un área total de 0,2 ha, en donde se reportó un volumen 6,050m³ correspondiente a 30,25m³/ha y un error de muestreo de 13,89%; en Plantación forestal del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos se realizaron ocho (8) parcelas, para un área total de 0,4 ha, en donde se reportó un volumen 61,299m³ correspondiente a 153,25m³/ha y un error de muestreo de 13,82%; en Bosque Ripario del Orobioma Andino Nudo de los Pastos se realizaron cuatro (4) parcelas, para un área total de 0,2 ha, en donde se reportó un volumen 8,696m³ correspondiente a 43,48m³/ha y un error de muestreo de 10,19%; para Plantación forestal del Orobioma Andino Nudo de los Pastos se realizaron seis (6) parcelas, para un área total de 0,3 ha, en donde se reportó un volumen 64,009m³ correspondiente a 213,36m³/ha y un error de muestreo de 12,38%; en Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos se realizaron cinco (5) parcelas, para un área total de 0,25 ha, en donde se reportó un volumen 11,695m³ correspondiente a 46,78m³/ha y un error de muestreo de 13,19%; para Plantación forestal del Orobioma Azonal Andino Patía se realizaron tres (3) parcelas, para un área total de 0,15 ha, en donde se reportó un volumen 17,810m³ correspondiente a 118,74m³/ha y un error de muestreo de 14,68%; en Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Andino Patía se realizaron cinco (5) parcelas, para un área total de 0,25 ha, en donde se reportó un volumen 16,73m³ correspondiente a 66,92m³/ha y un error de muestreo de 12,34%; en Bosque Ripario del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos se realizaron siete (7) parcelas, para un área total de 0,35 ha, en donde se reportó un volumen 15,647m³ correspondiente a 44,71m³/ha y un error de muestreo de 14,94%; para Vegetación secundaria alta del Hidrobioma Patía se realizaron tres (3) parcelas, para un área total de 0,15 ha, en donde se reportó un volumen 6,534m³ correspondiente a 44,71m³/ha y un error de muestreo de 43,56%; y Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Azonal Andino Patía se realizaron cinco (5) parcelas, para un área total de 0,25 ha, en donde se reportó un volumen 11,695m³ correspondiente a 46,78m³/ha y un error de muestreo de 12,55%.

Tabla 7-97 Estimación volumen por hectárea por ecosistema

Ecosistema	Nº de parcelas	área parcela (m²)	área total muestreada (ha)	volumen total (m³) del área muestreada		volumen por hectárea (m³/ha)	
				VT	VC	VT	VC
Bosque denso del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	100%	-	0,3	31,106	20,968	103,69	69,89
Bosque Ripario del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	4	500	0,2	8,696	4,407	43,48	22,04
Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	9	500	0,45	21,410	12,114	47,58	26,92
Plantación Forestal del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	6	500	0,3	64,009	37,734	213,36	125,78
Vegetación secundaria alta del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	6	500	0,3	15,775	6,620	52,58	22,07
Mosaicos de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos y pastos limpios del Orobioma Azonal Andino Patía	5	500	0,25	11,695	6,184	46,78	24,74
Plantación Forestal del Orobioma Azonal Andino Patía	3	500	0,15	17,810	9,179	118,74	61,20
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Andino Patía	5	500	0,25	13,949	5,533	55,80	22,13
Plantación Forestal del Hidrobioma Patía	100%	-	0,11	152,794	72,596	1389,03	659,97
Vegetación secundaria Alta del Hidrobioma Patía	3	500	0,15	6,534	3,237	43,56	21,58
Vegetación Secundaria Alta del Hidrobioma Nudo de los Pastos	100%	-	0,2	4,211	1,973	21,06	9,87
Mosaico de Cultivos, Mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios del Hidrobioma Nudo de los Pastos	4	500	0,2	6,050	2,776	30,25	13,88
Plantación Forestal del Hidrobioma Nudo de los Pastos	4	500	0,2	39,244	20,480	196,22	102,40
Bosque Ripario del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	7	500	0,35	15,647	6,661	44,71	19,03
Mosaico de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos y pastos limpios del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	5	500	0,25	12,548	6,050	50,19	24,20

Ecosistema	Nº de parcelas	área parcela (m²)	área total muestreada (ha)	volumen total (m³) del área muestreada		volumen por hectárea (m³/ha)	
				VT	VC	VT	VC
Plantación forestal del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	8	500	0,4	61,299	41,047	153,25	102,62
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	5	500	0,25	12,095	5,993	48,38	23,97
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Subandino Patía	100%	-	0,58	0,654	0,378	1,13	0,65

- La capa Aprovechamiento Forestal PT de la GDB muestran los resultados de los ecosistemas que fueron inventariados al 100%, de esta manera se presenta la sumatoria del volumen total equivalente a 188,764 m³

Fuente: Consorcio SH..

7.5.5 Volumen

7.5.5.1 Cálculo de volumen

El volumen total para los individuos de porte fustal se calculó a partir del área basal, la altura total y un factor mórfico (FM) de 0,70 de acuerdo con la forma del cilindro, siendo este factor una constante utilizada para la realización de cálculos de volúmenes según el fenotipo de especies latifoliadas e individuos de bosques tropicales, en este caso se presentan fustes de forma cónica y no son completamente cilíndricos, ya que de ser completamente cilíndricos su coeficiente mórfico correspondería a 1. La ecuación utilizada para el cálculo del volumen de las diferentes coberturas es la siguiente:

$$\text{Volumen total} = 0,7854 \times (D)^2 \times Ht \times FM$$

$$\text{Volumen Comercial} = 0,7854 \times (D)^2 \times Hc \times FM$$

Dónde:

- Constante: 0,7854
- D: Diámetro en metros
- FM: Factor Mórfico (0,70)
- Ht: Altura total en metros
- Hc: Altura comercial

7.5.5.2 Actividades a realizar

Para el desarrollo del proyecto se requiere el aprovechamiento forestal en las coberturas susceptibles de intervención por las actividades:

- Construcción de tramo de vía nueva desde el PK17+000 hasta el PK41+943 (24.94 km).
- Construcción de puentes, intercambiadores, retornos
- Zonas de disposición de material estéril y campamentos.

La longitud total del trazado del proyecto será de 29.045 km, velocidad de diseño de 60 km/h., dos calzadas para cada dirección de 7.30 m de ancho (cada una), en cada calzada dos carriles de 3.65 m de ancho, separador central de 2.0 m de ancho, bermas internas de 0.50 m de ancho, bermas externas de 1.80 m de ancho, en el costado externo de cada calzada se incluirá un ancho adicional como zona de servicio de 2.0 m en la zona de relleno y 1.0 m en la zona de corte, esto para la instalación de señalización vertical, redes, postes S.O.S., etc.; en total 23.20 m de ancho de vía.

Las actividades anteriormente mencionadas se realizarán en un área máxima de intervención de 642,277ha, de las cuales 80,408ha son de cobertura natural, 25,216ha en plantaciones forestales y 488,854ha de las coberturas: mosaico pastos y cultivos, mosaico de cultivos y pastos limpios (ceras vivas), las restantes 47,799ha a intervenir se localizan en coberturas no susceptibles de aprovechamiento como red vial entre otras. Para estas áreas susceptibles de intervención se estimó un volumen total de **7715,858m³**, el cálculo de los volúmenes por cobertura se presenta a continuación.

7.5.5.3 Cálculo de volúmenes máximos de aprovechamiento

Teniendo en cuenta las actividades del proyecto se estimó el volumen máximo de aprovechamiento por cobertura susceptible de intervención, este cálculo se hizo a partir del inventario forestal realizado, de tal manera que el volumen por ha obtenido (m³/ha), fue llevado a las hectáreas requeridas para cada una de las actividades.

Adicional al aprovechamiento forestal en coberturas naturales y la cobertura plantación forestal para el desarrollo del proyecto vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal, es necesario solicitar aprovechamiento forestal en las coberturas antrópicas con presencia de individuos fustales, principalmente en la cobertura mosaico de pastos y cultivos, la cual es susceptible de aprovechamiento forestal al contar con cercas vivas, esta cobertura es la de mayor extensión en el área de intervención con el 75,39% (484,24 ha), también se presentan cercas vivas en las coberturas mosaico de cultivos (Mc) y pastos limpios (Pl), para poder calcular el volumen a aprovechar en los individuos localizados en cercas vivas se realizó un inventario forestal sobre las cercas vivas con una probabilidad de un 95% y un error de muestreo menor al 15% (ver **Anexo.14_Aprovechamiento forestal**), a partir de estos datos se estimó el volumen de aprovechamiento forestal.

El volumen total de las cercas vivas en los ecosistemas antrópicos se proyectó teniendo en cuenta el porcentaje de representatividad de esta área natural en las coberturas de mosaicos de cultivos (Mc) y pastos limpios (Pl); de esta manera según la leyenda de Corine Land Cover “Mezcla de parcelas de cultivos

permanentes, anuales o transitorios, donde ninguno de los cultivos representa más de 70% del área total del mosaico". (IGAC, 2007)

A continuación se presenta los volúmenes de los ecosistemas antrópicos presentes en el área de intervención del proyecto.

Tabla 7-98 Volumen de aprovechamiento por hectárea en los ecosistemas antrópicos a intervenir.

Ecosistema	Nº de parcelas	área parcela (m²)	área total muestreada (ha)	volumen total (m3)		volumen por hectárea (m³/ha)		Volumen (m3/ha) en el 30% área del ecosistemas	
				VT	VC	VT	VC	VT	VC
Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios del Orobioma Andino Nudo de los Pastos	9	500	0,45	21,410	12,114	47,58	26,92	14,27	8,08
Mosaicos de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos y pastos limpios del Orobioma Azonal Andino Patía	5	500	0,25	11,695	6,184	46,78	24,74	14,03	7,42
Mosaico de Cultivos, Mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios del Hidrobioma Nudo de los Pastos	4	500	0,2	6,050	2,776	30,25	13,88	9,08	4,16
Mosaico de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos y pastos limpios del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	5	500	0,25	12,548	6,050	50,19	24,20	15,06	7,26

Fuente: CONSORCIO SH.

7.5.5.4 Volumen consolidado

A continuación, en la **Tabla 7-99** se presenta el volumen máximo de aprovechamiento para cada uno de los Ecosistemas analizados.

Tabla 7-99 Volumen máximo a aprovechar por ecosistema

Ecosistema	Área máxima y Volúmenes	Actividad			Total VC y VT (m3)
		Accesos	Trazado	Zodmes y Campamentos	
Bosque denso del Oroboma Andino Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	0,30	0,000	0	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	103,69	103,69	103,69	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	69,89	69,89	69,89	-
	VT máximo a intervenir (m3)	30,88	0,000	0,000	30,88
	VC Máximo a intervenir (m3)	20,82	0	0	20,82
Bosque Ripario del Oroboma Andino Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	0,37	0,990	0,022	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	43,48	43,48	43,48	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	22,04	22,04	22,04	-
	VT máximo a intervenir (m3)	15,97	43,04	0,95	59,96
	VC máximo a intervenir (m3)	8,09	21,82	0,48	30,39
Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios del Oroboma Andino Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	57,97	118,480	93,660	-
	VT promedio en el 30% de la hectárea (m3/ha)	14,27	14,27	14,27	-
	VC promedio en el 30% de la hectárea (m3/ha)	8,08	8,08	8,08	-
	VT máximo a intervenir (m3)	827,23	1690,71	1336,53	3854,47
	VC máximo a intervenir (m3)	468,40	957,32	756,77	2181,42
Plantacion Forestal del Oroboma Andino Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	0,83	2,23	0,01	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	213,36	213,36	213,36	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	125,78	125,78	125,78	-
	VT máximo a intervenir (m3)	177,98	476,20	2,98	657,16
	VC máximo a intervenir (m3)	104,92	280,72	1,76	387,40
Vegetación secundaria alta del Oroboma Andino Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	1,77	8,34	3,43	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	52,58	52,58	52,58	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	22,07	22,07	22,07	-
	VT máximo a intervenir (m3)	93,27	438,490	180,434	712,13
	VC máximo a intervenir (m3)	39,15	184,04	75,73	298,88
Mosaicos de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos y pastos limpios del Oroboma Azonal Andino Patía	Área máxima a Intervenir (ha)	5,43	12,900	8,700	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	14,03	14,03	14,03	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	7,42	7,42	7,42	-
	VT a intervenir (m3)	76,21	181,04	122,10	381,56
	VC a intervenir (m3)	40,2906	95,718	64,554	200,58
Plantación Forestal del Oroboma Azonal Andino Patía	Área máxima a Intervenir (ha)	0,38	0,000	0,043	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	118,74	118,74	118,74	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	61,20	61,20	61,20	-
	VT máximo a intervenir (m3)	45,15	0,000	5,086	50,24
	VC máximo a intervenir (m3)	23,27	0	2,62	25,90
Vegetación secundaria alta del	Área máxima a Intervenir (ha)	0,14	3,97	0,024	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	55,80	55,80	55,80	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	22,13	22,13	22,13	-

Ecosistema	Área máxima y Volúmenes	Actividad			Total VC y VT (m3)
		Accesos	Trazado	Zodmes y Campamentos	
Orobioma Azonal Andino Patía	VT máximo a intervenir (m3)	8,01	221,47	1,36	230,84
	VC máximo a intervenir (m3)	3,17	87,83	0,54	91,55
Plantación Forestal del Hidrobioma Patía	Área máxima a Intervenir (ha)	0,11	0,000	0,000	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	1389,03	1389,03	1389,03	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	659,97	659,97	659,97	-
	VT máximo a intervenir (m3)	157,34	0,000	0,000	157,34
	VC máximo a intervenir (m3)	74,30	0	0	74,30
Vegetacion secundaria Alta del Hidrobioma Patía	Área máxima a Intervenir (ha)	0,00	0,30	0,000	-
	VT por hectárea (m3/ha)	43,56	43,56	43,56	-
	VC por hectárea (m3/ha)	21,58	21,58	21,58	-
	VT máximo a intervenir (m3)	0,00	12,971	0,000	12,97
	VC máximo a intervenir (m3)	0	6,43	0	6,43
Vegetacion Secundaria Alta del Hidrobioma Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	0,20	0,000	0,000	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	21,06	21,06	21,06	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	9,87	9,87	9,87	-
	VT máximo a intervenir (m3)	4,25	0,000	0,000	4,25
	VC máximo a intervenir (m3)	1,99	0,00	0,00	1,99
Mosaico de Cultivos, Mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios del Hidrobioma Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	0,01	0,600	0,291	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	9,08	9,08	9,08	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	4,16	4,16	4,16	-
	VT máximo a intervenir (m3)	0,09	5,445	2,641	8,20
	VC máximo a intervenir (m3)	0,04	2,50	1,21	3,76
Plantación Forestal del Hidrobioma Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	0,08	0,58	0,295	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	196,22	196,22	196,22	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	102,40	102,40	102,40	-
	VT máximo a intervenir (m3)	15,96	113,661	57,964	187,58
	VC máximo a intervenir (m3)	8,33	59,32	30,25	97,89
Bosque Ripario del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	3,30	3,520	0,000	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	44,71	44,71	44,71	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	19,03	19,03	19,03	-
	VT máximo a intervenir (m3)	147,49	157,363	0,000	304,93
	VC máximo a intervenir (m3)	62,78	66,99	0,00	129,80
Mosaico de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos y pastos limpios del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	39,39	102,01	45,07	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	15,06	15,06	15,06	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	7,26	7,26	7,26	-
	VT máximo a intervenir (m3)	593,14	1536,09	678,67	2808,16
	VC máximo a intervenir (m3)	285,97	740,59	327,21	1353,77
Plantacion forestal del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	4,71	14,47	1,462	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	153,25	153,25	153,25	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	102,62	102,62	102,62	-
	VT máximo a intervenir (m3)	722,14	2217,65	224,01	3163,80

Ecosistema	Área máxima y Volúmenes	Actividad			Total VC y VT (m3)
		Accesos	Trazado	Zodmes y Campamentos	
	VC máximo a intervenir (m3)	483,57	1485,02	150,00	2118,59
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos	Área máxima a Intervenir (ha)	2,02	4,24	1,589	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	48,38	48,38	48,38	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	23,97	23,97	23,97	-
	VT máximo a intervenir (m3)	97,93	205,15	76,89	379,97
	VC máximo a intervenir (m3)	48,52	101,64	38,09	188,27
Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Subandino Patía	Área máxima a Intervenir (ha)	0,00	0,58	0,000	-
	VT promedio por hectárea (m3/ha)	1,13	1,13	1,13	-
	VC promedio por hectárea (m3/ha)	0,65	0,65	0,65	-
	VT máximo a intervenir (m3)	0,00	0,66	0,00	0,66
	VC máximo a intervenir (m3)	0	0,38	0	0,38
Total VT a intervenir (m3)					13005,12
Total VC a intervenir (m3)					7212,06

Fuente: Consorcio SH..

De acuerdo con la **Tabla 7-99** la proyección máxima de volumen total de madera a remover para las actividades del proyecto vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan -Pedregal sería de **13005,12 m³**, y un volumen comercial de **7212,06m³** en **642,28ha**, distribuidos de la siguiente manera:

- **Bosque denso del Orobioma Andino Nudo de los Pastos:** Se proyecta un volumen total a remover de **30,881m³** y un volumen comercial de **20,82 m³** de madera en **0,297ha**.
- **Bosque Ripario del Orobioma Andino Nudo de los Pastos:** Se proyecta un volumen total a remover de **59,96m³** y un volumen comercial de **30,39m³** de madera en **1,379ha**.
- **Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Andino Nudo de los Pastos:** Se proyecta un volumen total a remover de **3854,49 m³** y un volumen comercial de **2181,42m³** en un área de **270,11ha**.
- **Plantación Forestal del Orobioma Andino Nudo de los Pastos:** Se proyecta un volumen total a remover de **657,16m³** y un volumen comercial de **387,40m³** para **3,080ha**.
- **Vegetación secundaria alta del Orobioma Andino Nudo de los Andes:** Se proyecta un volumen total a remover de **712,20m³** y un volumen comercial de **712,13m³** para **298,88ha**.
- **Mosaicos de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos del Orobioma Azonal Andino Patía:** Se proyecta un volumen total a remover de **381,56 m³** y un volumen comercial de **200,583** para **27,03ha**.
- **Plantación Forestal del Orobioma Azonal Andino Patía:** Se proyecta un volumen total a remover de **50,23m³** y un volumen comercial de **25,89m³** para **0,423ha**.
- **Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Andino Patía:** Se proyecta un volumen total a remover de **230,83m³** y un volumen comercial de **91,57m³** para **4,137ha**.
- **Plantación Forestal del Hidrobioma Patía:** Se proyecta un volumen total a remover de **157,34m³** y un volumen comercial **74,30 m³** para **0,113ha**.
- **Vegetación secundaria Alta del Hidrobioma Patía:** Se proyecta un volumen total a remover de **12,971m³** y un volumen comercial de **6,43m³** para **0,30ha**.
- **Vegetación Secundaria Alta del Hidrobioma Nudo de los Pastos:** Se proyecta un volumen total a remover de **4,25m³** y un volumen comercial de **1,99m³** para **0,203ha**.
- **Mosaico de Cultivos, Mosaico de pastos y cultivos del Hidrobioma Nudo de los Pastos:** Se proyecta un volumen total a remover de **8,20m³** y un volumen comercial de **3,76m³** para **1,130ha**.
- **Plantación Forestal del Hidrobioma Nudo de los Pastos:** Se proyecta un volumen total a remover de **187,582m³** y un volumen comercial de **97,89m³** para **0,956ha**.
- **Bosque Ripario del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos:** Se proyecta un volumen total a remover de **304,93m³** y un volumen comercial de **129,80m³** para **6,82ha**.
- **Mosaico de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos:** Se proyecta un volumen total a remover de **2808,16m³** y un volumen comercial de **1353,77m³** para **186,46ha**.
- **Plantación forestal del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos:** Se proyecta un volumen total a remover de **3163,80m³** y un volumen comercial de **2118,52m³** para **20,65ha**.

- **Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Andino Nudo de los Pastos:** Se proyecta un volumen total a remover de **379,97m³** y un volumen comercial de **188,27m³** para **7,854ha**.
- **Vegetación secundaria alta del Orobioma Azonal Subandino Patía:** Se proyecta un volumen total a remover de **0,66m³** y un volumen comercial de **0,38m³** para **0,580ha**.

7.5.6 Sistema de aprovechamiento forestal

La explotación forestal se realizará con anticipación a los trabajos del proyecto, mediante corte total o tala rasa en zonas delimitadas, consistente en la extracción únicamente de los árboles inventariados en las áreas seleccionadas, el aprovechamiento forestal se realizará conforme a las actividades descritas en la **Ficha 15. Manejo del descapote y la cobertura vegetal**.

A continuación se describen las actividades necesarias para desarrollar el apeo de individuos.

7.5.6.1 Pre-tala.

- Los árboles deben ser preparados para la tala observando los siguientes casos:
- Verificar si la dirección de caída recomendada es viable y si existen riesgos de accidentes, por ejemplo, ramas quebradas colgadas en la copa.
- Limpiar el tronco a ser cortado. Cortar las lianas y árboles muy jóvenes, y remover eventuales casas de termitas, ramas quebradas u otros obstáculos ubicados próximos al árbol.
- Realizar la prueba del hueco. Para certificarse que el árbol está hueco, el motosierrista introduce la espada de la motosierra en el tronco en sentido vertical. De acuerdo con la resistencia de entrada, se puede evaluar la presencia y el tamaño del hueco.
- Retirar elementos que hayan sido colocadas en los árboles durante el censo y transferirlos para la base del árbol (abajo de la línea de corte). La remoción de estos es importante, ya que pueden causar daños a la sierra durante el apeo de los árboles.
- Limpiar el área y preparar los caminos de escape, por donde el equipo debe alejarse en el momento de la caída del árbol. Las vías deben ser construidas en sentido opuesto a la tendencia de caída del árbol.

Para árboles con troncos de buena calidad (poco inclinado, sin tabloides) y dirección natural de caída favorable a la operación de arrastre, se utiliza la técnica patrón de corte. Otras técnicas, clasificadas como talas especiales., son utilizadas para los árboles que presentan por lo menos una de las siguientes características: diámetro grande, inclinación excesiva, tendencia a la formación de grietas, presencia de tablones, existencia de huecos grandes y dirección de caída desfavorable al arrastre.

Figura 7.124 Pretala



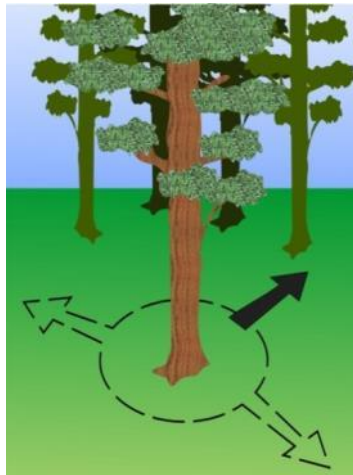
Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.125 Limpieza de área



Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.126 Construcción de caminos de escape



Fuente: CONSORCIO SH.

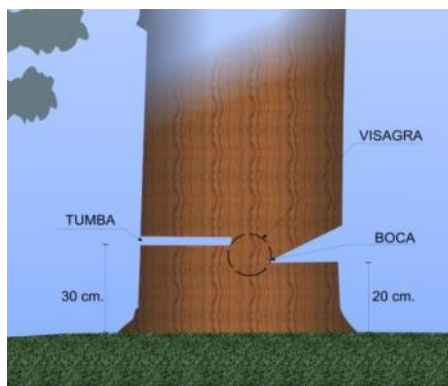
7.5.6.2 Tala

La técnica patrón consiste en una secuencia de tres incisiones: apertura de la boca, corte diagonal y corte de tumba orientado.

- La apertura de la boca es un corte horizontal en el tronco (siempre en el lado de caída del árbol) y a una altura de 20 cm del suelo. Este corte debe penetrar en el tronco, hasta alcanzar aproximadamente un tercio del diámetro del árbol.

- Se hace otro corte en diagonal, hasta alcanzar la línea de corte horizontal, formando con esta un ángulo de 45 grados.
- Por último, se hace el corte de abatimiento de manera horizontal, en el lado opuesto a la boca. La altura de este corte en relación con el suelo es de 30 cm y la profundidad alcanza la mitad del tronco. La parte no cortada del tronco (entre la línea de abatimiento y la boca), denominada bisagra, sirve para apoyar el árbol durante la caída, permitiendo que esta caiga en la dirección de apertura de la boca. El ancho de la bisagra debe acercarse al 10% de diámetro del árbol.

Figura 7.127 Técnica patrón



Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.128 Apertura de la boca



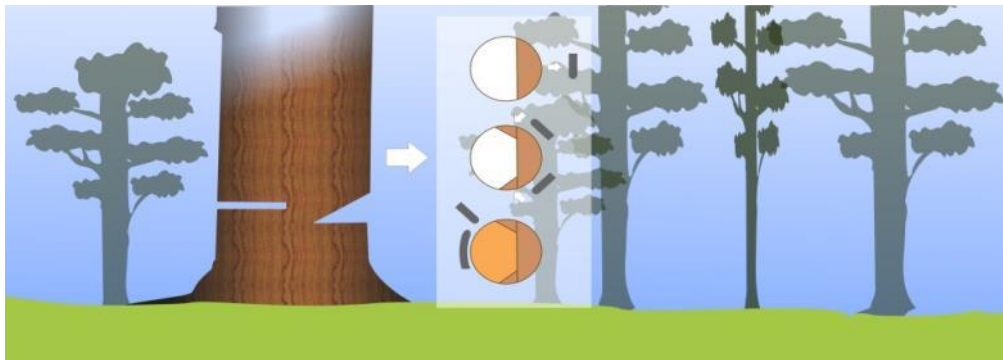
Fuente: CONSORCIO SH.

- **Técnicas especiales de corte.**

Las técnicas especiales de corte tienen como base la técnica patrón, siendo empleadas para las siguientes situaciones:

- Árboles cuya dirección de caída requiere ser alterada. Para facilitar el arrastre y proteger árboles remanentes, en algunas situaciones es necesario orientar la caída del árbol a ser extraído hacia una dirección diferente de su tendencia natural. El ayudante introduce la cuña en el corte de tumba orientando la caída del árbol; funciona como un soporte, dificultando la caída en esta dirección. El control de la dirección de caída puede ser reforzado al dejar la bisagra más estrecha en el lado de caída natural. Esta parte rompe primero, causando una torsión y orientando la caída del árbol para el lado deseado.
- Árboles con tendencia a hendiduras. Para reducir la tensión y consecuentemente, las posibilidades de hendiduras durante la operación de tala, se debe cortar los bordes de la bisagra.

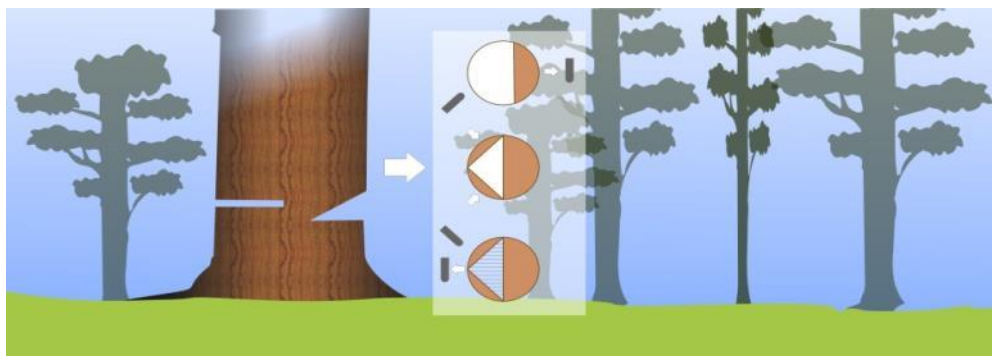
Figura 7.129 Árboles con tendencia a hendiduras



Fuente: CONSORCIO SH.

- Árboles con hueco. La mayor parte de los accidentes graves en la tala son causados por la caída de los árboles huecos, ya que estos tienden a caer rápidamente y en una dirección imprevisible. Si el árbol está hueco solamente en la base del tronco (un metro de altura), la tala arriba del hueco resuelve el problema. No obstante, si el hueco se extiende más de la base del tronco, es necesario adoptar un corte especial.
- Árboles grandes. Los árboles grandes requieren ser talados en etapas, para facilitar el manejo de la motosierra y para evitar que la espada quede presa en el árbol.
- Árboles con troncos muy inclinados. Los árboles con inclinación acentuada ofrecen mayores riesgos de accidentes durante el corte por causa de la rapidez con que ellos tienden a caer. Adicionalmente, las hendiduras causadas por errores en el corte son más comunes en estos árboles.

Figura 7.130 Árboles grandes

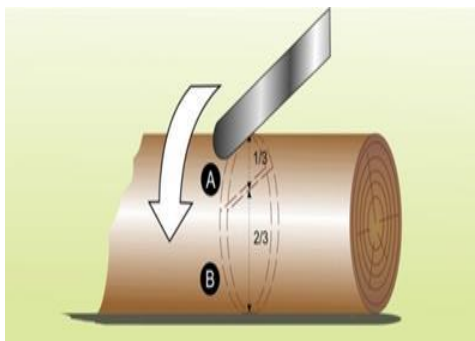


Fuente: CONSORCIO SH.

7.5.6.3 Post-tala.

Las actividades pos tala consisten inicialmente en hacer el despunte (separar la copa del tronco del árbol) y dividir la troza en trozas menores (trozado). El número de trozas depende del largo inicial del tronco, de la densidad de la madera (trozas pesadas son difíciles de transportar) y de la posición de la caída con relación a la ramificación de arrastre. Posteriormente, el operador de la motosierra debe observar si existen obstáculos potenciales en el guinchamento de la troza como, por ejemplo, árboles pequeños o tocones en el camino; en caso de que existan, el operador debe eliminarlos. El equipo de tala debe cortar en pequeñas partes los árboles que han caído naturalmente y que cruzan las trochas de arrastre.

Figura 7.131 Apertura de la boca



Fuente: CONSORCIO SH.

- **Errores comunes en la post-tala.**

- Error en el despunte: corte realizado por debajo del recomendado. Ese tipo de error causa el desperdicio promedio de 0,83 m3 por hectárea.
- Error en la estimación del hueco: La sobrestimación del largo del hueco ocasiona un desperdicio promedio del 0,03 m3 por hectárea.

Figura 7.132 Error en el despunte



Fuente: CONSORCIO SH.

- **Prevención de accidentes en la tala.**

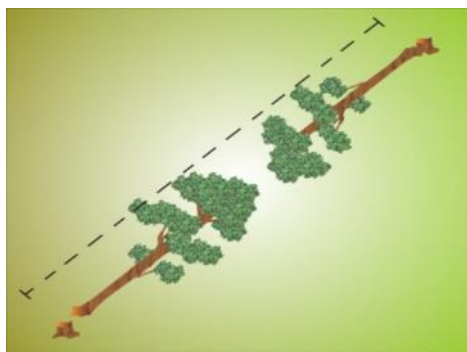
La mayoría de los accidentes en la explotación maderera (algunos fatales) ocurren en la etapa de la tala de los árboles. Para evitar tales accidentes, además de las técnicas adecuadas de tala se debe adoptar las siguientes medidas preventivas:

Corte de lianas: Es común encontrar árboles entrelazados por las lianas. De esta manera, bastaría que un árbol fuera derrumbado para que los demás árboles también cayeran. El corte de lianas reduce significativamente el número de riesgos de accidentes para los equipos de explotación.

Construir camino para escape: El equipo de corte limpia el área alrededor del árbol a ser extraído, removiendo los eventuales obstáculos como árboles pequeños y ramas quebradas. En seguida, se define y abre el camino para escape, fuera del radio probable de caída del árbol.

Mantener una distancia mínima entre los equipos de trabajo: Cuando dos o más equipos están trabajando en una misma área de explotación, es necesario que mantengan una distancia mínima entre sí de 100 metros.

Figura 7.133 Camino de Escape del Despunte



Fuente: CONSORCIO SH.

- Uso de las herramientas de seguridad: El equipo de tala debe utilizar ropas apropiadas para el trabajo forestal como botas antideslizantes con punta de acero, cascos y guantes. En el caso del operador de la motosierra, casco con protección para los ojos y oídos y pantalones de nylon.
- Uso correcto de la motosierra: Las varias situaciones de riesgo durante el corte son causadas por el uso inadecuado de la motosierra.

- **Entre otras medidas de manejo se tiene.**

- Se capacitará al personal de la actividad, respecto al sistema de aprovechamiento descrito anteriormente, para evitar daños innecesarios (cortes excesivos, heridas de árboles, etc.). Esta capacitación estará orientada al correcto manejo de las herramientas, demarcación, seguridad industrial, entre otros. Igualmente se detectará y señalará las actividades no convenientes tales como quemas, disposición de materiales sobre las vías o caminos, remoción de árboles no autorizados, incumplimiento de medidas básicas y vitales de seguridad industrial, o desarrollo de metodologías inadecuadas y riesgosas, etc.

- Se realizarán charlas de inducción al personal sobre el manejo de la cobertura vegetal y la disposición de los suelos.
- Se delimitará el área efectiva de desmonte de las diferentes zonas definidas para las actividades de construcción, con el fin de no afectar la vegetación por sobre estimación.
- Antes de iniciar la actividad de desmonte, se deberá evaluar la conservación de los individuos arbóreos que no obstruyan las labores constructivas en el área a ocupar, de acuerdo con las obras a realizar y la disposición de los equipos a instalar.
- Se debe evitar mezclar el material excavado con la capa vegetal retirada en los trabajos de limpieza y descapote.
- El material vegetal no aprovechable, se depositará en las áreas indicadas en la locación. Este material no debe ser quemado.

7.5.7 Uso de productos maderables.

El volumen maderable obtenido de las actividades de remoción y aprovechamiento forestal será utilizado en las actividades constructivas del proyecto en las que se requiera este tipo de material (Ver **Ficha 15. Manejo del descapote y la cobertura vegetal**).

7.5.8 Especies vedadas, endémicas amenazadas o en peligro crítico reportadas en el estudio

Una vez realizado el muestreo forestal y consolidado el listado de especies encontradas y reportadas para Área de influencia del proyecto, se consultaron los listados de especies de flora amenazada en Colombia, relacionados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural Sostenible, la Resolución 1912 de 15 de septiembre de 2017, y los Libros Rojos de los Institutos Humboldt y SINCHI; entre otros, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 7-100 Especies vegetales amenazadas dentro del área de influencia del proyecto

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	RES.0801 DE 1997	RES. 1912/MADS	LIBROS ROJOS	RED LIST UICN	CITES	ENDEMISMO	VEDAS
<i>Juglans neotropica</i>	nogal		EN	-	EN	-	-	Resolución 316 de 1974
<i>Cedrela odorata</i>	cedro		EN	-	EN	III	-	-
		EN						

Fuente: CONSORCIO SH.

La revisión realizada arrojó dos especies forestales amenazadas las cuales se encuentran en la categoría en peligro (EN); la especie *Cedrela odorata* L. (cedro) ha sido atribuye la clasificación de amenaza a los reportes de las corporaciones, puesto que cerca del 60% de sus poblaciones se localizan en regiones de explotación

intensiva. Este precedente de explotación ha conllevado a que en Colombia se haya incluido en el apéndice II de la convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora –CITES-, a partir del 30 de octubre de 2001.

Con respecto a *Juglans neotropica* Diels., esta fue categorizada como En Peligro (EN), debido a que el 52% de sus poblaciones han enfrentado un proceso intensivo de explotación maderera, y por lo tanto, de disminución poblacional. Por medio de la resolución 0316 de 1974 el INDERENA estableció la veda indefinida para toda clase de uso y aprovechamiento de las poblaciones silvestres de *Juglans neotropica* Diels., en todo el territorio nacional (SINCHI, MADRS, 2006).

Bajo la resolución 0801 de 1977 se declara sobre todo el territorio nacional el Helecho arboreo (*Cyathea* sp1) Veda de manera permanente en todo el territorio nacional, el aprovechamiento, comercialización y movilización de la especie y sus productos, y la declara como planta protegida.

Mediante el auto 2203 del 25 de octubre de 2017, se “levanta de manera parcial la veda de especies de flora silvestre y se toman otras determinaciones” sobre un área de 574,73 has) pertenecientes al orobioma Alto de los Andes (OAA) y Orobioma Medio de los Andes (OMA) (Ver **Anexo 1. Comunicados/Solicitud levantamiento de Veda_MADS/Res 2203_251017_LEV VEDA**).

Por otro lado mediante radicado MADS E1-2018-005801 del 26 de febrero de 2018, se solicita el inicio de evaluación para la solicitud de un nuevo tramite de levantamiento de veda en 120 has.(Ver **Anexo 1. Comunicados/Solicitud levantamiento veda_MADS/Veda2**).

Previo al inicio de las actividades constructivas se realizará el trámite de levantamiento de veda para los individuos de especies que así lo requieran (Ver **Anexo 1. Comunicados_ Solicitud Levantamiento de Veda_MAVDT** y **Anexo 1. Comunicados_ Solicitud Levantamiento de Veda_CORPONARIÑO**), así mismo se tendrá en cuenta el capítulo 11 Plan de Manejo Ambiental **FICHA 17. Protección de Flora** para el manejo de las especies en algún grado de amenaza.

7.6 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

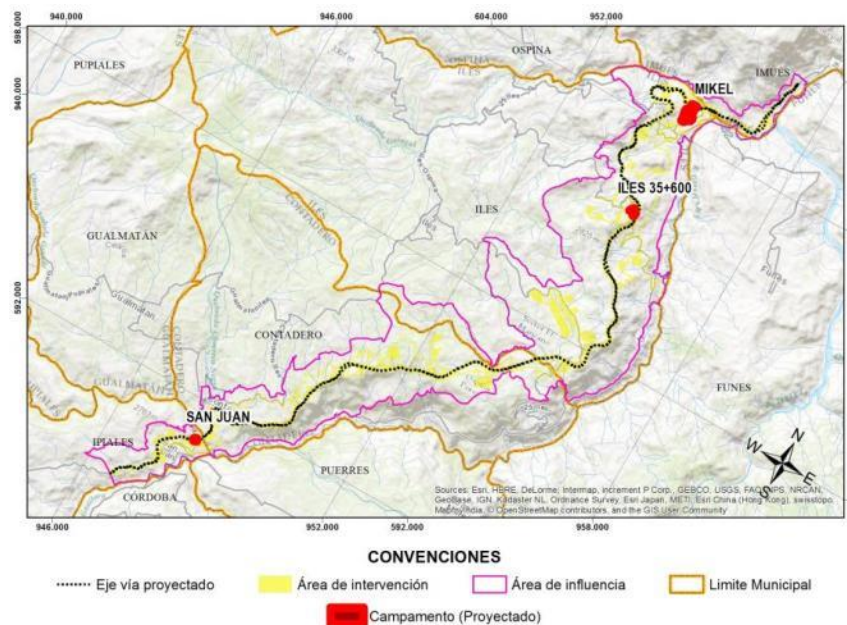
La Concesionaria Vial Unión del Sur solicita permiso de emisiones de fuentes fijas para la operación de plantas de Asfalto, concreto y trituración, la ubicación de dichas plantas se realizará de acuerdo con la **Tabla 7-101**, su ubicación se presenta en la **Figura 7.134** y en la **Cartografía – Mapas de Calidad del Aire**.

Tabla 7-101 Sitios de generación de emisiones atmosféricas en el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal.

NOMBRE	ABSCISAS	MARGEN	OBSERVACIONES	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE	
				ESTE	NORTE
CAMPAMENTO SAN JUAN	18+800	Derecho	Planta de concreto	948159	590955
CAMPAMENTO 35+600	35+600	Izquierdo	Planta trituradora móvil	954891	601759
CAMPAMENTO MINA MIKEL	41+300	Izquierdo	Planta de trituración	954927	604465
			Planta de Asfalto	955000	604467
			Planta de concreto	954936	604379

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.134 sitios de Generación de emisiones atmosféricas en el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal.



Fuente: CONSORCIO SH.

7.6.1 Fuentes de emisión.

Se considera que el aire limpio es un requisito básico de la salud y el bienestar humano, sin embargo, su contaminación sigue representando una amenaza importante para la salud en todo el mundo.

Para establecer la afectación se identifican y tipifican las fuentes de emisión de contaminación atmosférica, para lo cual se tiene en cuenta la legislación colombiana vigente, donde se establecen los siguientes tipos de fuentes contaminantes. Ver **Tabla 7-102**.

Tabla 7-102 Tipos de fuentes de contaminación atmosférica existente.

LEGISLACIÓN APLICABLE	CLASIFICACIÓN DE LA FUENTE		DESCRIPCIÓN
- Resolución 909/2008 - Resolución 910/2008 - Resolución 1309/2010	Fijas	Puntuales	Es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas.
		Dispersas	Es aquella en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como en el caso de las quemaduras abiertas controladas en zonas rurales.
- Resolución 909/2008 - Resolución 910/2008 - Resolución 1309/2010	Fijas	Áreas Fuente: Es una determinada zona o región, urbana suburbana o rural, que por albergar múltiples fuentes fijas de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire.	Clase I – Áreas de contaminación alta
			Clase II – Áreas de contaminación media
			Clase III – Áreas de contaminación moderada
			Clase IV – Áreas de contaminación marginal
- Resolución 909/2008 - Resolución 910/2008 - Resolución 1309/2010	Móviles	Aéreas	Son la fuente de emisión que por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores, aviones o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.
		Terrestres	
		Fluviales	
		Marítimas	

Fuente: CONSORCIO SH.

En el área del proyecto se identificaron tres clases de fuente de emisiones atmosféricas, las cuales son: Fijas puntuales y dispersas; y móviles.

- **Fuentes Fijas dispersas**

Las quemadas controladas a cielo abierto, práctica recurrente en la agricultura y la quema de residuos sólidos como medida de disposición (**Fotografía 7.21**), son fuentes fijas de contaminantes atmosféricos, esta actividad es periódica y extensa, lo que produce que su impacto sea moderado.

A su vez se encontró que las actividades domésticas en el área rural, como la cocción de alimentos, son una fuente fija de emisiones, debido al uso de madera como fuente de calor, sin embargo debido a que su generación es dispersa y la población es baja, el impacto es leve.

Fotografía 7.21 Fuente de emisión producida por quemadas de basura
E: 954388; N 596850.



Fuente: CONSORCIO SH.

- **Fuentes Fijas puntuales**

Otra fuente de emisión fija común en el área de estudio corresponde a las canteras, en la **Tabla 7-103** se encuentra la relación de este tipo de fuentes fijas que están presentes en el área del proyecto. En la **Figura 7.135** y en la **Cartografía – Mapa de Calidad del aire** se presenta la ubicación de las fuentes fijas identificadas. Es preciso señalar que aunque la fuente 1 parezca fuera del área de influencia, en realidad está dentro de ésta y el efecto se debe al tamaño del objeto usado para representarlo.

- **Canteras y planta de trituración**

Las canteras son lugares aprobados por la entidad ambiental para la extracción o explotación de materiales pétreos, de las cuales, el principal contaminante emitido es el material particulado. Los componentes de la planta de trituración y la descripción del proceso productivo son:

- Tolva de recepción: depósito en donde se vierte el material crudo de la zona de explotación.
- Trituración primaria: se realiza la primera fragmentación, reduciendo el tamaño de los trozos de mineral a un tamaño deseado.
- Tamiz: los productos se criban en un tamiz vibrante con objeto de separar aquellas partículas cuyo tamaño ya es lo suficientemente fino, con el consiguiente aumento en la capacidad de la trituradora secundaria.

Generalmente la trituradora primaria se lleva a cabo mediante una trituradora de mandíbulas, la cual consta de dos planchas de acero (mandíbulas) colocadas una en frente de otra, una es fija y la otra es móvil, se puede girar sobre un eje situado en su parte superior o inferior; mediante un dispositivo adecuado hacia adelante y

hacia atrás de corto recorrido. El mineral se carga en el espacio comprendió entre las mandíbulas y en su recorrido hacia adelante, aplasta los trozos contra la placa fija; al retroceder la mandíbula móvil el mineral triturado cae por la abertura que en la parte inferior forman las mandíbulas.

- Trituración secundaria: en la trituración secundaria el tamaño de las partículas provenientes de la trituración primaria se reduce al intervalo entre 3" y 2", dejando en consideraciones aptas para pasar a las operaciones de molturación o concentración preliminar.
- Bandas transportadoras: estas recogen el material ya fragmentado por la trituración primaria o el procedente de procesos posteriores, lo eleva y transporta a los acopios o a nuevas etapas del proceso. El sistema usa bandas de caucho y lona cerradas que giran cíclicamente sobre rodillos con la tracción eléctricos.

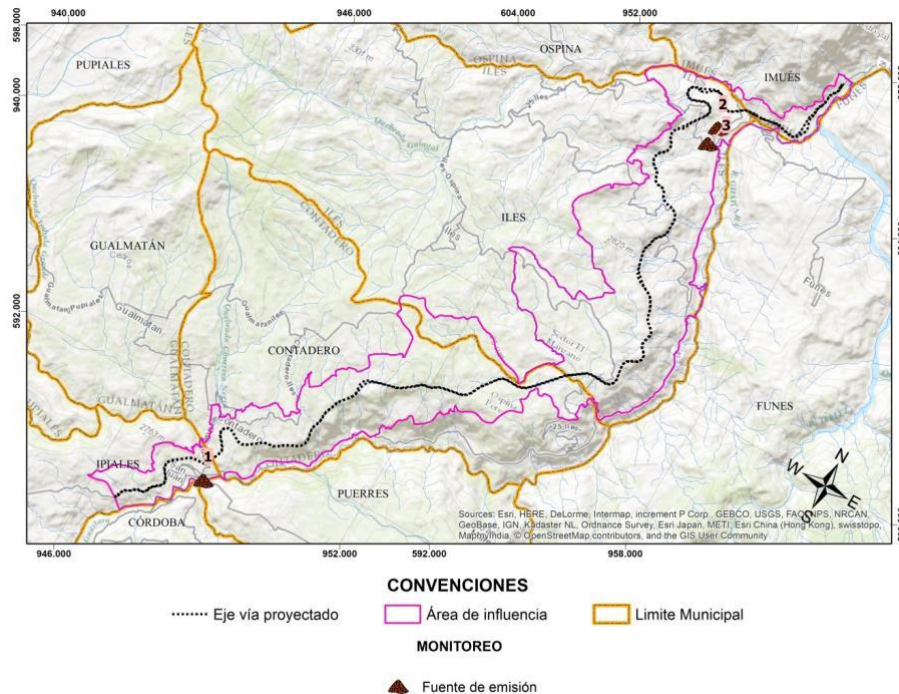
Tabla 7-103 Relación de Fuentes Fijas en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal.

ID	ACTIVIDAD INDUSTRIAL	UBICACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE		REGISTRO FOTOGRÁFICO
			ESTE	NORTE	
1	Cantera	Vereda: San Juan Municipio: Ipiales	948385	590581	
2	Cantera	Vereda: Porvenir Municipio: Iles	954922	604213	

ID	ACTIVIDAD INDUSTRIAL	UBICACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE		REGISTRO FOTOGRÁFICO
			ESTE	NORTE	
3	Cantera	Vereda Porvenir Municipio: Iles	954898	603765	

Fuente: CONSORCIO SH.

Figura 7.135 Fuentes fijas de emisión en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan - Pedregal.



Fuente: CONSORCIO SH.

- **Fuentes Móviles**

Son las que pueden desplazarse en forma autónoma, emitiendo contaminantes en su trayectoria. La principal fuente de emisión en el área de estudio corresponde a los vehículos que transitan en el corredor vial San Juan – Predregal que se componen de automóviles, camiones, tracto - camiones, motocicletas y autobuses diseñados para operar en carreteras públicas, dichos vehículos automotores contribuyen en gran medida fuente de emisiones de CO, CO₂, VOC y material particulado, en menor medida los vehículos que transitan por las vías que llevan a las cabeceras municipales de Contadero e Iles y las vías veredales entre estos dos municipios .

El inventario de fuentes móviles que transitan por el principal corredor vial se extrajo del estudio Volúmenes de tránsito 2010 -2011, del Instituto Nacional de vías – INVIAS (Ver **Tabla 7-104**).

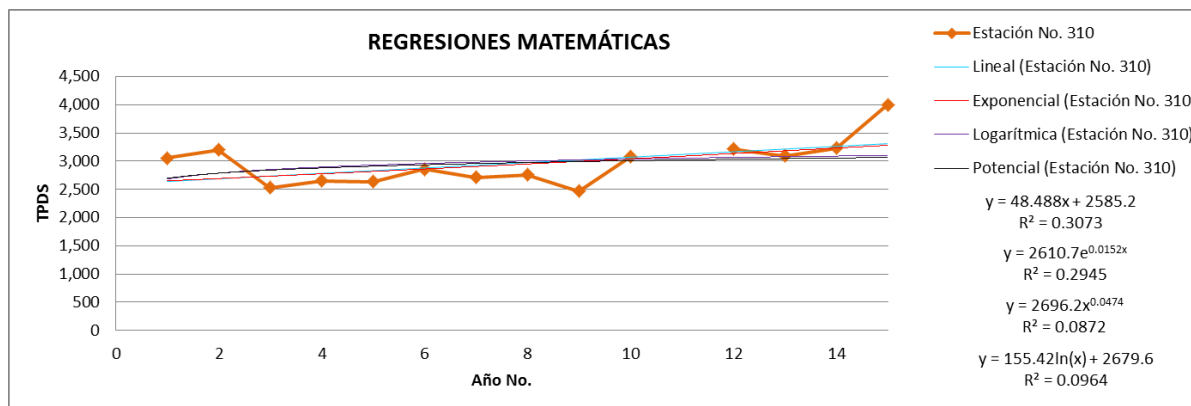
Tabla 7-104 Serie histórica y composición del tránsito promedio diario semanal TPDs.

ESTAC. No.	SECTOR	SERIE HISTÓRICA Y COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL TPDs															
		TERRITORIAL NARIÑO															
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	DESVIA. ESTAND.(σ)
310	SAN JUAN - PEDREGAL	3053	3198	2529	2652	2637	2855	2710	2758	2466	3076	---	3214	3094	3232	4004	399

Fuente: estudio Volúmenes de tránsito, INVIAS, 2010 - 2011.

Al analizar los datos para establecer la proyección del TPDs para el año 2017, se obtuvo que la función lineal es la que se ajusta mejor a los datos históricos de la vía **Figura 7.136**, con la cual se obtuvo un TPDs de 3603 vehículos para el año 2017.

Figura 7.136 Ajuste de distribuciones de probabilidad para la vía San Juan - Pedregal.



Fuente: CONSORCIO SH.

Tabla 7-105 Proyecciones del TPDs en la vía Ipiales San Juan - Pedregal para el año 2017.

AÑO	AÑO No.	TPDS
1997	1	3053
1998	2	3198
1999	3	2529
2000	4	2652
2001	5	2637
2002	6	2855
2003	7	2710
2004	8	2758
2005	9	2466
2006	10	3076
2007	11	---
2008	12	3214
2009	13	3094
2010	14	3232
2011	15	4004
2012	16	3361
2013	17	3409
2014	18	3458
2015	19	3506
2016	20	3555
2017	21	3603

Fuente: CONSORCIO SH.

A partir del modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE) se han establecido unas tasas de emisiones de contaminantes que permiten establecer por kilómetro en base al tipo de vehículo la cantidad de contaminantes generados.

Tabla 7-106 Tasas de emisiones tipo

Tipo de Vehiculó	EF (g/km)			
	CO2	VOC	CO	PM
livianos	165,5	0,086	0,533	0,003
pesados	650,2	0,013	0,087	0,016

Fuente: Modelo internacional de emisiones vehiculares, 2008.

En base a la caracterización del transporte en Colombia desarrollado por el ministerio de transporte en el 2002, el parque automotor colombiano presenta un 88% de vehículos livianos, el restante 12% corresponde a vehículos pesados, de la **Tabla 7-105** se estima que de los 3606 vehículos que transitan semanalmente por el sector Vial San Juan - Pedregal, 3173 corresponde a vehículos livianos y 433 corresponden a vehículos pesados.

En la **Tabla 7-107** se presenta la cantidad de emisiones que se generan por el tránsito vehicular actualmente en el corredor, se hace evidente que la mayor cantidad de emisiones son de dióxido de carbono (806532,4 g),

seguido por el monóxido de carbono (1729,0 g) y en menor medida los compuestos orgánicos volátiles (VOC) (278,5 g) y el material particulado (PM) (16,4 g).

Tabla 7-107 Emisión de contaminantes por kilómetro según el transito semanal actual.

TIPO	EF (g/km)			
	CO ₂	VOC	CO	PM
Livianos (3173 Vehículos)	525177,8	272,9	1691,4	9,5
Pesados (433 Vehículos)	281354,5	5,6	37,6	6,9
TOTAL	806532,4	278,5	1729,0	16,4

Fuente: CONSORCIO SH.

7.6.2 Estimación de contaminantes atmosféricos

Para estimar los posibles contaminantes que se presenten durante la ejecución del proyecto, se tuvo en cuenta el tipo de plantas a utilizar y las emisiones que puedan generar contaminantes a la atmósfera; se tomó en cuenta las plantas de asfalto y de triturado que son las que por sus procesos puedan generar emisiones, es de anotar que la maquinaria con la que se operará tiene aspersores perimetrales, filtros de manga y campanas extractoras que permiten la concentración de PM₁₀. Se estima que las emisiones sean mínimas ya que el uso de las campanas y filtros es permitir la recirculación de dichos materiales en los procesos, adicional a esto para garantizar la efectividad en las medidas tomadas el cambio y mantenimiento de los filtros se hará de forma periódica.

- **Planta de asfalto**

El tipo de plantas que se usaran en el proyecto son de tipo continuo lo que conlleva a generar menos desperdicios y ser más eficiente en sus procesos, con un secado de contraflujo en donde los agregados ingresan al tambor secador por el extremo opuesto a la llama y fluyen en contra sentido de los gases del sistema, esto permite que el secado sea a menor temperatura, usando menos combustible y por ende menos emisiones.

Las emisiones de la planta de asfalto tienen dos fuentes principales:

Fuentes conducidas: Aquellas cuyas emanaciones salen a la atmósfera a través de respiraderos, chimeneas o ductos.

Fuentes Fugitivas: Aquellas que no están encauzadas en ductos ni respiradores pero son emitidas directamente de la fuente a la atmósfera. La principal fuente de emisión conducida presenta en el tambor secador en donde además de la generación de vapor de agua, productos de combustión y MP, se producen pequeñas cantidades de compuestos orgánicos los cuales resultan tanto de la combustión incompleta como del calentamiento y mezcla del cemento asfáltico.

Las principales emisiones generadas por las plantas de asfalto son: Monóxido de carbono (CO), Azufre (S), Óxido de Nitrógeno (NO_x), Hidrocarburos aromáticos policíclicos, Fenol, Tolueno, Xileno, Nafta, Estireno, Formaldehído, Benceno, Arsénico, Cadmio.

La liberación de estos contaminantes hacia la atmósfera resulta de los siguientes procesos

La reacción del nitrógeno y el oxígeno en el secador genera las emisiones de óxido de nitrógeno NO_x en la zona de combustión.

Las emisiones de dióxido de sulfuro SO_2 son producto de la oxidación del sulfuro contenido en los compuestos de combustible. Las emisiones de partículas resultan de la volatilización de materiales que posteriormente son condensados y de la manipulación de los mismos.

Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles COV son el subproducto de una combustión incompleta.

La cantidad de material fino determina la cantidad de polvo que se emite a la atmósfera, así como la cantidad de cemento asfáltico que se consume por unidad de volumen de mezcla asfáltica que se consume por unidad de volumen de mezcla asfáltica producida.

Tabla 7-108 Emisiones Estimadas Plantas de asfalto

EMISIONES ANUALES ESTIMADAS PLANTAS CONTINUAS			
Contaminante	EMISIONES lb/año		
	Secador a Gasolina	Secador a Gas Natural	Emisiones generadas en los procesos
PM-10	4600	4600	104
COV	6400	6400	780
CO	26000	26000	270
SO_2	2200	680	---
NO_x	11000	5200	---

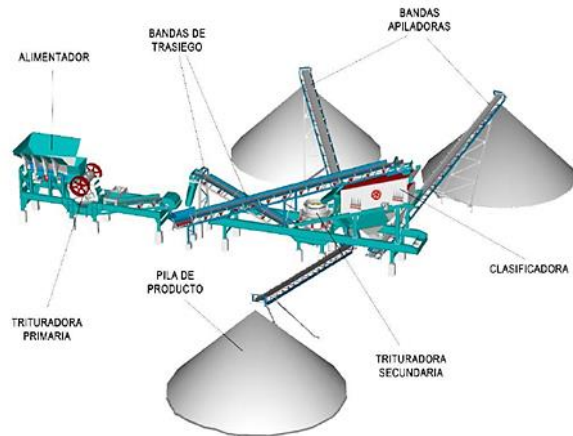
Fuente: States, 2000.

- **Planta de Trituración**

Consta de 4 etapas: alimentador, triturador, clasificador y bandas transportadoras (**Figura 7.137**).

La principal fuente de contaminación de trituradoras es la emisión de material particulado debido al proceso de trituración y el desplazamiento del mismo por las bandas transportadoras, ya que estas se encuentran expuestas al aire libre. También se debe tener en cuenta que durante el transporte y almacenamiento de los materiales previamente triturados en pilas, se presenta una liberación de compuestos orgánicos volátiles y material particulado.

Figura 7.137 Modelo Planta trituradora



Fuente: Ciber, s.f.

Como medidas para mitigar el impacto se tienen:

- Reducir la altura de caída del material durante el movimiento del mismo (cargas y descargas)
- Cubrimiento de la planta trituradora con geotextil. Encapsulamiento de las bandas transportadoras con lo que se tendrá una disminución del 90% el índice de partículas suspendidas totales.
- Uso de irrigadores de agua que se encarguen de mantener húmedo el material con el fin de evitar las emanaciones de polvo. Se debe tener especial cuidado en los tiempos de riego establecidos y en la cantidad de agua a utilizar, evitando el humedecimiento excesivo del material.

- **Planta de concreto**

Las plantas de concreto reciben en las tolvas de dosificación los diferentes agregados necesarios según el uso del hormigón, este es pesado y transportado para la mezcla con el cemento que es almacenado en los silos, esta mezcla es transportada por los rodillos hacia el punto de adición de aditivos y agua, una vez finaliza este proceso se envía a los mixer que llevarán el concreto a los puntos de dosificación.

Figura 7.138 Modelo Planta de Hormigón



Fuente: Ammann, 2016.

Las emisiones principales de este tipo de planta es el material particulado (PM) que se produce por el movimiento de los agregados, el agua usada es almacenada para evitar filtraciones al medio, el cemento se encuentra inmerso en los silos y la producción de emisiones es baja.

7.6.3 Descripción de los equipos emisores

A continuación, se describen las plantas a utilizar para el desarrollo de las actividades del proyecto:

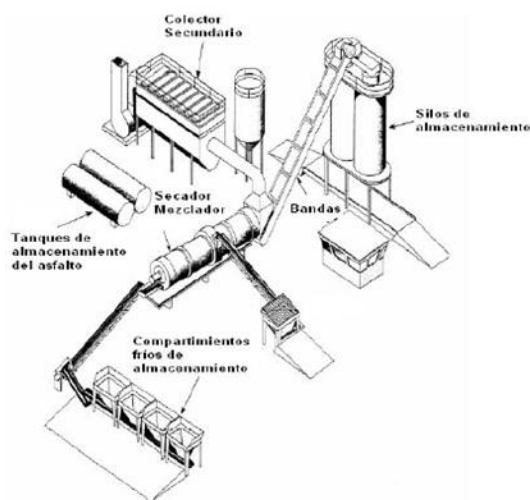
- **Planta de Asfalto**

El proceso se inicia en la predosificación en los silos de alimentación, se transportan los áridos hasta el secador. Después de entrar la humedad, el elevador de cangilones lleva los materiales calientes y secos hasta la parte superior de la torre. La torre de la dosificación, que es el centro principal de una planta, está formada por zarandas (cribas o cedazos) vibratorias de diferentes aperturas para la clasificación granulométrica que clasifican y separan los áridos en diferentes tamaños. El sistema de la planta, totalmente computarizado, permite que la balanza de áridos controle las compuertas para integrar las cantidades necesarias de los materiales almacenados temporalmente en los silos calientes. Los silos tienen un sistema de sellado contra escape de polvo hacia el medio **ambiente** y tapas de acceso para mantenimiento, además de colectores de muestra en cada compartimiento. Descargados en la mezcladora, los áridos reciben la cantidad precisa de ligante, medido por la balanza de betún. El sistema controla el tiempo de mezcla. Terminado el proceso, las compuertas de descarga liberan el material directamente sobre el camión de transporte.

La planta de asfalto está compuesta por el sistema de alimentación de agregados, sistema de sequedad, sistema de quemadura, elevador de agregados calientes, criba vibratoria, almacén de agregados, sistema de medición y de mezcla, sistema de suministro de betún, sistema de filtro de polvo, almacén de productos terminados, sistema de control, entre otros.

El tipo de plantas que se usaran en el proyecto son de tipo continuo con un secado de contraflujo en donde los agregados ingresan al tambor secador por el extremo opuesto a la llama y fluyen en contra sentido de los gases del sistema que conlleva a generar menos desperdicios y ser más eficiente en sus procesos. (Ver **Figura 7.139**).

Figura 7.139 Esquema planta de asfalto de producción continua



Fuente: States, 2000.

○ **Caldera**

Caldera para aceite térmico, con un potencial de 400 KW, dotada de doble serpentín de tubo de acero, aislado con manta de lámina mineral, con quemador que incorpora bomba para inyectar el combustible en estado pulverizado.

Los elementos de seguridad incluyen, dispositivo de paro automático, dispositivo de paro del sistema de aportación calorífica, seguridad de temperatura máxima, seguridad de falta de llama, seguridad de nivel de aceite térmico.

● **Plantas de triturado**

Los componentes de la planta de trituración y la descripción del proceso productivo son:

Tolva de recepción: depósito en donde se vierte el material crudo de la zona de explotación.

Trituración primaria: Se realiza la primera fragmentación, reduciendo el tamaño de los trozos de mineral a un tamaño deseado.

Tamiz: los productos se criban en un tamiz vibrante con objeto de separar aquellas partículas cuyo tamaño ya es lo suficientemente fino, con el consiguiente aumento en la capacidad de la trituradora secundaria.

Generalmente la trituradora primaria se lleva a cabo mediante una trituradora de mandíbulas, la cual consta de dos planchas de acero (mandíbulas), colocadas una en frente de otra, una es fija y la otra es móvil y se puede girar sobre un eje situado en su parte superior o inferior; mediante un dispositivo adecuado hacia adelante y hacia atrás de corto recorrido. El mineral se carga en el espacio comprendido entre las mandíbulas y en su recorrido hacia adelante, aplasta los trozos contra la placa fija; al retroceder la mandíbula móvil el mineral triturado cae por la abertura que en la parte inferior forman las mandíbulas.

Trituración secundaria: en la trituración secundaria el tamaño de las partículas provenientes de la trituración primaria se reduce al intervalo entre 3" y 2", dejando en consideraciones aptas para pasar a las operaciones de molturación o concentración preliminar.

Bandas transportadoras: estas recogen el material ya fragmentado por la trituración primaria o el procedente de procesos posteriores, lo eleva y lo transporte a los acopios o a nuevas etapas del proceso, el sistema usa bandas de caucho y lona cerradas que giran cíclicamente sobre rodillos con la tracción eléctricos.

- **Plantas generadoras de energía**

El tipo de planta eléctrica que necesita el proyecto depende de las exigencias energéticas por parte de las plantas de asfalto, concreto y trituradora; del lugar donde se ubicará y si funcionará de forma continua o bien sólo cuando haya interrupciones de suministro eléctrico. Ver **Figura 7.140**.

Figura 7.140 Modelo tipo planta generadora de energía.



Fuente CATERPILLAR, 2016.

Por lo anterior se propone para la generación de energía una planta KAT de referencia C13 que posee las siguientes especificaciones ver **Tabla 7-109**.

Tabla 7-109: Características técnicas planta generadora de energía.

OBSERVACIÓN	CARACTERÍSTICA
Clasificación mínima	320 ekW (350 kVA)
Clasificación máxima	400 ekW (450 kVA)
Voltaje	380 a 415 voltios
Frecuencia	50 o 60 Hz
Velocidad	1.500 o 1.800 RPM

Fuente CATERPILLAR, 2016.

Algunas de las ventajas que se contemplan en la planta es que tiene un diseño confiable, resistente, duradero, posee un motor diésel de ciclo de cuatro tiempos combina un rendimiento constante y una excelente economía de combustible con un peso mínimo. Adicionalmente está bajo las normas de emisiones Stage IIIA de la Unión Europea para uso fuera de carretera, normas de emisiones para uso fuera de carretera III de China.

Los motores diésel suponen una inestimable contribución a la hora de alcanzar objetivos de protección medioambiental. A diferencia de los motores de gasolina, gracias a su bajo consumo de combustible producen aproximadamente un 20% menos de dióxido de carbono.

Se pueden eliminar los gases de escape de la planta eléctrica usando ventilación local de extracción, esta ventilación debe usar tanto ventiladores de suministro como de extracción para extraer los gases de escape de la planta eléctrica Diesel donde se producen.

7.6.4 Dispositivos o sistemas de control de emisiones

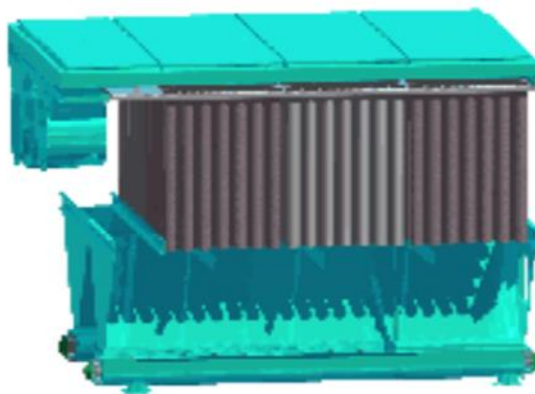
La planta de asfalto posee inmersos en su sistema filtros de manga, los cuales constan de un ducto filtrante en textil por el que ingresa la corriente de aire con material particulado producto del proceso de triturado y de la producción de asfalto. El ducto se encuentra cerrado en la parte superior de modo que el aire atraviesa las paredes del ducto teniendo de esta forma un efecto similar de colador. Las partículas quedan atrapadas en el filtro y el aire limpio sale del sistema.

Los sistemas de filtros de mangas están constituidos por compartimientos (baghouse o cuarto de sacos) en los cuales se ubican una gran cantidad de filtros. Para la limpieza de los filtros se usa un sistema de sacudido o la inyección de aire en contraflujo, procesos en el que se reintegran estos materiales al proceso productivo disminuyendo de esta forma los impactos negativos generados por la generación de material particulado. Debido a que no es posible realizar el mantenimiento mientras el sistema opera, es necesario para sistemas con flujo continuo, contar con compartimientos en paralelo para realizar la recirculación de material particulado.

- **Filtro de mangas lisas**

Utiliza mangas lisas o plegadas de alta capacidad, que permite la producción de asfalto sin riesgos de contaminación ambiental. Las mangas filtran las partículas menores que el separador estático no captó, a través del paso de los gases por un textil filtrante. Ver **Figura 7.141**.

Figura 7.141 Filtro mangas lisas



Fuente: Ciber, s.f.

- **Filtro de mangas plegables**

Las mangas plegadas utilizan el filtrado superficial lo que le garantiza un menor riesgo de impregnación, mejor eficiencia de limpieza y aumento de su vida útil. Ver **Figura 7.142**.

Sus características son: Filtrado superficial, Mangas lavables, Área de filtrado 5 veces superior que en las mangas lisas, Eficiencia total de filtrado, Colector de finos.

Figura 7.142 Filtro de mangas plegables.



Fuente: Ciber, s.f.

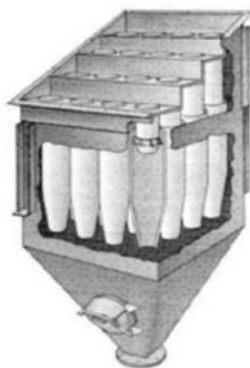
- **Ciclones**

Su buen funcionamiento está asociado a la caída de presión del flujo de gases a través del sistema (Ver **Figura 7.143**). Se clasifican en:

Ciclones de alta capacidad: Son capaces de capturar grandes cantidades de partículas, pero no las más finas.

Ciclones de alta eficiencia: Retienen las partículas muy finas, pero capacidad es bastante reducida

Figura 7.143 Modelo filtro ciclón.



Fuente: Ciber, s.f.

- **Lavadores húmedos:**

Es un sistema en el que los gases, en el momento previo a su salida a la atmósfera, son sometidos a un lavado, de forma tal que el agua atomizada recupera las partículas que flotan en los gases y las transporta hasta una piscina de decantación (piscina de lodos), donde las partículas más pesadas se decantan y el agua y las partículas menos densas fluyen.

- **Proceso de filtrado para gases y recuperación de finos está dividido en dos etapas:**

○ **Precipitadores electrostáticos PES**

Se caracterizan por su alta eficiencia en la remoción de material particulado, especialmente cuando el volumen de los gases de emisión es alto y es necesario recuperar materiales valiosos sin modificaciones físicas. Utiliza un campo eléctrico para mover las partículas fuera de la corriente del gas y sobre las placas del colector.

Las emisiones contaminantes que contienen el material particulado pasa a través de un campo eléctrico donde las partículas son cargadas negativamente y atraídas por un electrodo colector con carga opuesta; por medio un sistema de golpeteo se limpia el electrodo y se recogen las partículas en una tolva localizada en la parte inferior del precipitador.

○ **Precolector de partículas**

El precolector de polvo retiene con alta eficiencia las partículas con tamaño hasta 75 μm y las regresa de forma continua y directa al elevador de áridos calientes.

- Como medidas de control se estableció:
- Plantar cortinas de árboles alrededor de la planta
- Elevar la altura de las chimeneas
- Humectación de materiales a triturar para evitar la emisión de partículas

7.6.5 Modelo de dispersión.

El Consorcio SH con el fin de estimar la calidad del aire a altura respirable (Inmisión), en el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal. Realizó un modelo de dispersión de contaminantes, en dos escenarios; con la finalidad de estimar las emisiones de contaminantes atmosféricos, usando un modelo de dispersión avalado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA), en este caso usando el software Aermod View.

Dicho estudio se presenta al ANLA, evidenciando el compromiso ambiental y requerimiento normativo, a partir de la estimación de emisiones de fuentes fijas, móviles y lineales; para los siguientes escenarios:

Escenario Construcción: contempla la operación de 24 horas de lunes a domingo, para fuentes fijas (planta de asfalto y 4 generadores) y construcción de las vías.

Escenario Actual: Contempla la vía que conduce de Pasto a Rumichaca, de la cual, existe estudio con tres puntos de aforo realizado en 2015; que cuenta con el conteo de vehículos (ligeros, buses y pesados) que conducen en ambos sentidos de la autopista.

Lo anterior a fin de poder evidenciar la mejor opción en materia de calidad de aire.

El Consorcio SH, estimó bajo el cálculo de factores de emisión y balances de masas, las cargas de NO_2 , SO_2 , PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, variables representativas y emisiones comunes en este tipo de proyectos de construcción, las cuales son liberadas a la atmósfera por parte de las actividades en cada uno de los escenarios evaluados; definiendo por medio de un software especializado (Aermod View.), las concentraciones y evaluando las posibles afectaciones en la zona aledaña, no se realizó análisis de Ozono (O_3) ya que no se cuenta con factores de Emisión para esta variable.

Este documento presenta los análisis realizados para estimar las cargas contaminantes de: Material Particulado inferior a 10 micras (PM10), Material Particulado inferior a 2.5 micras (PM2.5), Dióxidos de nitrógeno (NO2) y Dióxidos de azufre (SO2), emitidos a la atmosfera por parte de las fuentes del proyecto. Las cargas contaminantes calculadas para PM10, NO2 y SO2 fueron ingresadas al software Aermod view, que las integra con las condiciones atmosféricas y climáticas, definiendo las concentraciones de calidad del aire para los contaminantes antes mencionados, comparando los resultados con el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente a nivel nacional (Resolución 2254 de 2017 MADS).

- **Características de los procesos**

El Proyecto Vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal; se ubicará desde el PK15+750 hasta el PK44+795; corresponderá a tres tramos; un tramo de construcción de una segunda calzada paralela a la existente desde el PK15+750 hasta el PK17+000 (1.25 km), un tramo de vía nueva desde el PK17+000 hasta el PK41+943 (24.94 km) y la construcción de una segunda calzada paralela a la vía existente, la cual se desarrollará desde el PK41+943 hasta el PK44+795 (2.85 km).

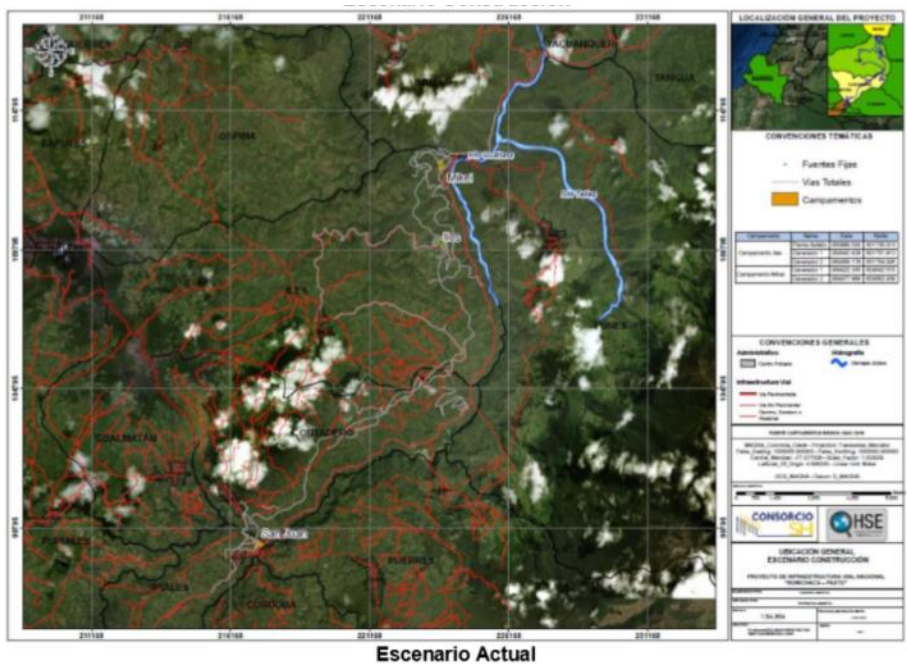
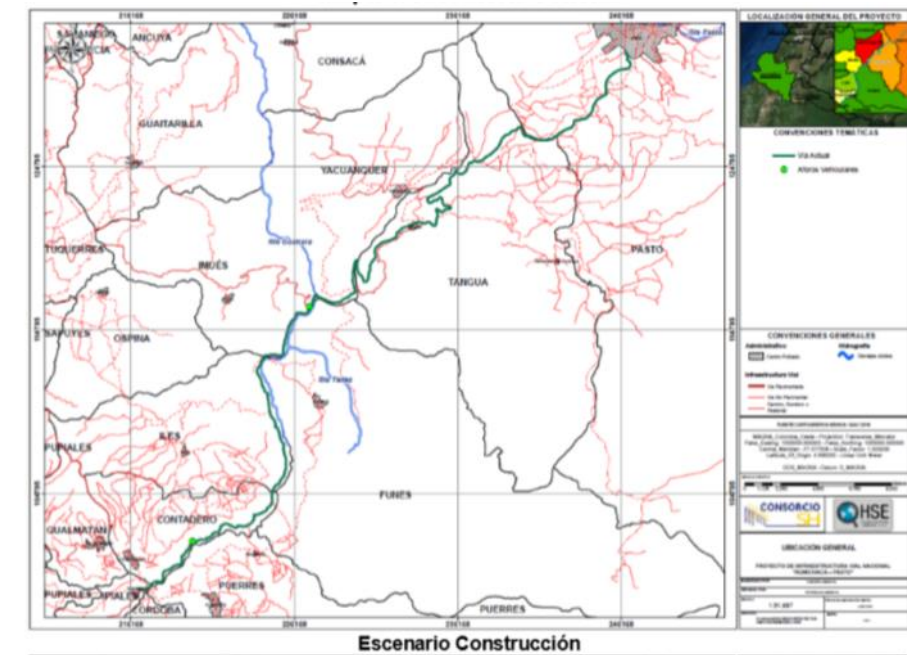
Dicho proyecto contempla dos escenarios de emisión de contaminantes a la atmósfera:

El escenario actual, cuenta con las emisiones de fuentes móviles, el peso y la velocidad promedio de los vehículos que viajan por la vía Pasto - Rumichaca, los cuales influyen en las emisiones de polvo presente en la superficie de la carretera.

El escenario en construcción, emite contaminantes a la atmosfera; debido a actividades que obedecen a la construcción y adecuación de la vía (operaciones de limpieza, perforación y voladura, excavación en tierra, corte, relleno y emisiones resultante del tráfico de equipos en carretera), además de la operación de la planta de asfalto y generadores.

En los siguientes mapas de evidencia la ubicación general de los dos escenarios.

Figura 7.144 Mapa de ubicación general.



De acuerdo al inventario de fuentes realizado en la campaña de monitoreo de calidad de aire se evidencia las coordenadas de las principales fuentes y zonas residenciales.

Figura 7.145 Coordenadas de las fuentes de emisión principales del proyecto.

TIPO DE FUENTE	NOMBRE /ACTIVIDAD	COORDENADAS PLANAS Magna Sirgas Origen Oeste			FOTOGRAFÍA
		ESTE	NORTE	ALTURA (m)	
Fijas	Complejo minero Picuan: Cantera de trituración de material de arrastre.	957298,990	604961,410	1817	
Fijas	Cantera Mickel: Cantera trituración Roca.	955050,836	622371,491	1878	
Fijas	Panavías con planta de asfalto	955921,572	602216,189	1847	
Fijas	Zonas residenciales	953369,061	607154,784	1896	
Fijas	Vías terciarias	955841,477	602081,356	1883	

- Emissiones atmosféricas**

Se incluyen los tiempos de la modelación de acuerdo a la resolución 2254 de 2017 MADS, escogiendo como tipo de fuente “Point” para las fuentes fijas y “Line” para las actividades de las vías.

Los contaminantes a modelar de acuerdo a la información de actividades a realizar en el proyecto vial, para el cálculo de emisiones de las fuentes son: PM10, NO2, SO2; donde, si el modelo arroja valores de PM10 superiores a los límites de la norma de calidad de aire, se procederá a modelar PM2.5.

Escenario Actual: flujo vehicular y re suspensión de material en la vía Pasto a Rumichaca.

Escenario Construcción: Construcción de la vía con operación 24 horas de lunes a domingo y fuentes fijas 12 horas para PM10 y operación de las fuentes fijas 24 horas para NO2, SO2 y PM10.

- **Estimación de emisiones atmosféricas generadas en el escenario construcción**

La determinación de emisiones atmosféricas generadas por las fuentes fijas, así como las variables intermedias necesarias para el presente estudio, se realizan mediante balance de masas y factores de emisión.

– Factores de Emisión Generadores.

Para el caso del generador eléctrico, propio de equipos de combustión interna, se utilizan los factores de emisión proporcionados por la US-EPA, AP 42, Quinta Edición, Volumen I Capítulo 3: “Stationary Internal Combustion Sources” sección 3.3. “Gasoline and Diesel Industrial Engines”, siguiendo la siguiente ecuación:

$$E (\text{contaminante}) = POT \times EF \times \left[1 - \frac{ER}{100} \right] \times \frac{1 \text{ Btu}}{1 \times 10^6 \text{ MMBtu}} \times \frac{1 \text{ kg}}{2,2 \text{ lb}}$$

Dónde:

E = Emisión kg/h

POT = Potencia/Capacidad de la unidad Btu/h

EF = Factor de emisión lb/MMBtu

ER = Eficiencia global de reducción de emisiones, %.

A continuación, se presentan los factores de emisión para equipos de combustión interna:

Figura 7.146 Factores de emisión tomados del compendio AP 42, para equipos de combustión interna

Pollutant	Gasoline Fuel (SCC 2-02-003-01, 2-03-003-01)		Diesel Fuel (SCC 2-02-001-02, 2-03-001-01)		EMISSION FACTOR RATING
	Emission Factor (lb/hp-hr) (power output)	Emission Factor (lb/MMBtu) (fuel input)	Emission Factor (lb/hp-hr) (power output)	Emission Factor (lb/MMBtu) (fuel input)	
NO _x	0.011	1.63	0.031	4.41	D
CO	6.96 E-03 ^d	0.99 ^d	6.68 E-03	0.95	D
SO _x	5.91 E-04	0.084	2.05 E-03	0.29	D
PM-10 ^b	7.21 E-04	0.10	2.20 E-03	0.31	D
CO ₂ ^c	1.08	154	1.15	164	B
Aldehydes	4.85 E-04	0.07	4.63 E-04	0.07	D
TOC					
Exhaust	0.015	2.10	2.47 E-03	0.35	D
Evaporative	6.61 E-04	0.09	0.00	0.00	E
Crankcase	4.85 E-03	0.69	4.41 E-05	0.01	E
Refueling	1.08 E-03	0.15	0.00	0.00	E

FUENTE. (Compendio c03s03 AP 42).

*** b. PM-10 = material particulado menor o igual a 10µm diámetro aerodinámico. Todas las partículas se asumen como ≤ 1 µm de tamaño.²**

Con relación a la anotación anterior descrita en el AP42, se asume el mismo factor, tanto para PM10 como para PM2.5.

– Balance de Materiales.

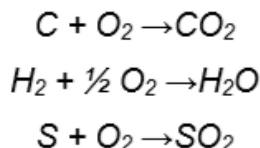
Para establecer las proporciones de contaminantes criterio, se utilizan como relaciones de cálculo los factores de emisión US- EPA antes mencionados para cada uno, en función del gasto másico de combustible por unidad de tiempo. Los factores de emisión se seleccionan en función del tipo de combustible, tipo de equipo y sistemas de control existentes. Una vez establecidas las suposiciones conceptuales que permitan modelar el balance, se establecen las ecuaciones del mismo.

Asimismo, para la determinación de la velocidad de los gases de salida, oxígeno, dióxido de carbono y determinación de humedad, se requiere realizar un balance de materiales, el cual involucra la contabilidad exacta de los materiales que intervienen en el proceso utilizando como base la ley de la conservación de la masa. La ecuación general para el balance de masas es:

$$\Sigma \text{ masas de entrada} = \Sigma \text{ masas de salida} + \Sigma \text{ masas acumuladas}$$

² US EPA AP 42. (2006). AP 42, CHAPTER 3-STATIONARY INTERNAL COMBUSTION SOURCES, 3.3 GASOLINE AND DIESEL INDUSTRIAL ENGINES.

Para esto es necesario considerar todos los fenómenos de cambios de fase y reacción química que ocurren dentro de la operación unitaria. En particular los balances de masa para procesos de combustión se realizan teniendo en cuenta las reacciones básicas de combustión, el análisis último de combustible y la relación de exceso de aire; las cuales permiten determinar las masas de salida de los principales productos de combustión como dióxido de carbono, agua, óxidos de azufre, entre otros.



El uso de relaciones de proceso adecuadas, como los factores de emisión, permiten afinar y dar precisión a los cálculos de balance, hallando parámetros adicionales tales como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y material Particulado.

Durante el desarrollo del balance de masas se tienen en cuenta las siguientes suposiciones:

- Todo el material particulado presente en los gases de combustión se forma a partir de las cenizas presentes en el combustible.
- La fracción volumétrica de material particulado y, en consecuencia, la fracción molar del mismo, son insignificantes frente al volumen total de la mezcla de gases.
- El aire atmosférico y los gases de combustión se comportan como gases ideales.

Conforme a lo señalado en el ítem 3.2.1 y 3.2.2 del presente informe (ver Anexo 14 – Carpeta Modelo de Dispersión) los datos de entrada al modelo de dispersión de contaminantes son: Altura, el diámetro del ducto de escape, los flujos másicos y las velocidades de emisión. En la siguiente tabla se evidencia las características mencionadas para, Generador 1 (Proporciona energía a la planta de asfalto) y generador 2 (mantiene asfalto a altas temperaturas) y dos generadores más operando.

Tabla 7-110 Emisión y características de Fuentes Fijas.

ID	Height [m]	Diam [m]	Exit_Vel [m/s]	Exit_Temp [K]
Generador 1	2.93	0.13	356.00	788.15
Generador 2	4.68	0.25	21.10	787.15
Generador 3	2.93	0.13	356.00	788.15
Generador 4	4.68	0.25	21.10	787.15
PTA	15.28	0.78	31.70	383.15

Las características físicas se toman de un estudio realizado en una planta de asfalto de las mismas características operando en otro proyecto Anexo 6

FUENTE. QHSE S.A.S. 2018.

- Cálculo de emisión planta de asfalto.

$$E_{\left(\frac{kg}{año}\right)} = \left[\left(AE_{\left(\frac{ton}{h}\right)} * OPE_{(h)} \right) * FE \right]$$

Donde:

E = Emisión
A = Cantidad de material.
OP = Horas de Operación
FE = Factor de emisión.

Los factores de emisión para planta de asfalto se tomaron del documento “Hot Mix Asphalt Plants”, con control de emisiones. EPA 11.1-1, dicho documento presenta las siguientes consideraciones:

- PM condensable es el PM, que se recolecta utilizando un Método 202 de la EPA, Método 5 (análisis de "retroceso" o impingers), o al equivalente tren de muestreo.
- PM filtrable es aquel PM recolectado en o antes del filtro de un tren de muestreo del Método 5 de la EPA (o equivalente).
- PM total es la suma de MP filtrable, PM inorgánica condensable y PM orgánica condensable.
- Total PM-10 es la suma de PM-10 filtrable, PM inorgánica condensable y PM orgánica condensable.³

Por lo anterior el factor de emisión para PM2.5, se toma de la tabla Table 11.1-1., documento EPA 11.1-1 registrado para PM condensable orgánico y las características físicas se toman de un estudio realizado en una planta de las mismas características operando para otro proyecto. Anexo 14 – Carpeta Modelo de Dispersión - muestreo isocinético).

Tabla 7-111 Factores de emisión planta de asfalto.

Actividad	DATOS	DATOS	VALOR	PST	PM10	PM2,5
				Emision g/s	Emision g/s	Emision g/s
Planta de asfalto	Produccion mezcla asfaltica	ton/h	160,0	0,847	0,544	0,083
	horas de operación al año	h/año	8760			

FUENTE. QHSE S.A.S. 2018

- Construcciones Pesadas.

³ US EPA AP 42. (2006). AP 42, CHAPTER 11- MINERAL PRODUCTS INDUSTRY, 11.1 HOT MIX ASPHALT PLANTS.

Las emisiones generadas en el escenario de construcción de la vía, en el tramo San Juan, por la construcción de las mismas, contemplan material particulado; calculado por el AP 42 en la sección 13.2.3, el cual proporciona el siguiente factor de emisión, que obedecen a la construcción y adecuación de la vía (operaciones de limpieza, perforación y voladura, excavación en tierra, corte, relleno y emisiones resultante del tráfico de equipos en carretera):

$E = 1.2$ toneladas/acres/meses de actividad

Los cálculos para ingresar al software la emisión en la vía es la siguiente:

Tabla 7-112 Emisión por construcción en la Vía.

E = 1.2 tons/acre/month of activity	area a acre	horas a segundos	toneladas a gramos	horas de operación	g/s	g/s-m2
1.2	258799.60	3600	1000000	720	0.00000179	0.0000000000028

Fuente. AP-42. Capítulo 13.2.3.

- **Estimación de emisiones atmosféricas generadas en el escenario actual**
 - Vía Pavimentada.

$$FE = k(sL)^{0,91} * (w)^{1,02}$$

Donde los términos son:

FE Factor de emisión de material particulado de tamaño específico (g/VKT)

sL Contenido de limos en la superficie del camino (g/m2).

W Peso ponderado del vehículo (ton métricas)

k Constante.

Las constantes mencionadas anteriormente dependen del tamaño de la partícula, según la siguiente tabla:

Tabla 7-113 Constantes para el cálculo de la emisión de material particulado por re-suspensión

VIAS INDUSTRIALES g/VKT		
constante	PM 30	PM10
k	3,23	0,62

Fuente. AP-42. Capítulo 13.2.1.3.

Todas las vías están sujetas a alguna mitigación natural efecto de la precipitación, el AP 42 proporciona la siguiente fórmula para realizar este cálculo de mitigación:

$$E_{ext} = E [1 - (1,2P/365)]$$

Procesamiento e información de vías

- El número de horas fue de 751 (según meteorología proporcionada por Meteocolombia).
- Contenido de limos para la vía pavimentada se toma del AP42 - tabla 13.2.1-2 con un valor de 0,05%.
- El peso de los vehículos se toma del documento “Propuesta de Clasificación de Vehículos, Carrocerías y Configuración del Transporte de Carga y Pasajeros por Carretera”, encontrado en <http://es.scribd.com/doc/35019115/Peso-de-Vehiculos>. Para aplicar las fórmulas consignadas en el Ap.42 capítulo 13.
- El Trafico Promedio Diario fue tomado del documento “Estudio de Demanda de la Autopista Rumichaca – Pasto (memoria), realizado por el grupo consultor TEMA en junio de 2015”.

Tabla 7-114 Datos de Escenario Actual.

TRAMO	VEHICULO	LIMOS	L VIA (Km)	FLUJO VEHI	PESO
	ID	SL (g/m2)	(Km)	TPD	kg
Pasto Tangua	Livianos	0.05	36.80	3166	3880
	Buses	0.05	36.80	690	23000
	>C5	0.05	36.80	1373	48000
Ipiales Josefina	Livianos	0.05	21	5381	3880
	Buses	0.05	21.23	733	23000
	>C5	0.05	21.23	1176	48000
Rumichaca Ipiales	Livianos	0.05	22.83	14761	3880
	Buses	0.05	22.83	427	23000
	>C5	0.05	22.83	1940	48000

FUENTE. QHSE S.A.S. 2018

De acuerdo a la información suministrada y los cálculos de las emisiones a través de factores de Emisión de la European Environmental Agency de junio de 2017, para fuentes móviles se tomó la categoría de vehículos según la norma Euro como Euro III y IV; con base a lo anterior se determinó la emisión para las fuentes lineales descritas en la tabla siguiente

Tabla 7-115 Resultados de Cálculos y Emisiones ingresadas al Aermol Vlew.

VIA PAVIMENTADA					Emision			
Sentido	TRAMO	Longitud Via Transitada (Km)	Ancho Via Transitada (m)	Área Via Transitada (m2)	NO2 g/s-m2	SO2 g/s-m2	PM10 g/s-m2	PM2,5 g/s-m2
Ipiales - Pasto Pasto - Ipiales	Pasto Tangua	36,80	9,3	342240	1,29E-05	2,86E-08	0,0000051	0,0000014
	Ipiales Josefina	21,23		197393	1,23E-05	4,03E-08	5,12E-06	1,17E-06
	Rumichaca Ipiales	22,83		212291	1,40E-05	1,23E-08	8,48E-06	1,01E-06

FUENTE. QHSE S.A.S. 2018

Conforme al documento de la European Environmental Agency para determinar las emisiones a causa de los vehículos, el documento indica lo siguiente:

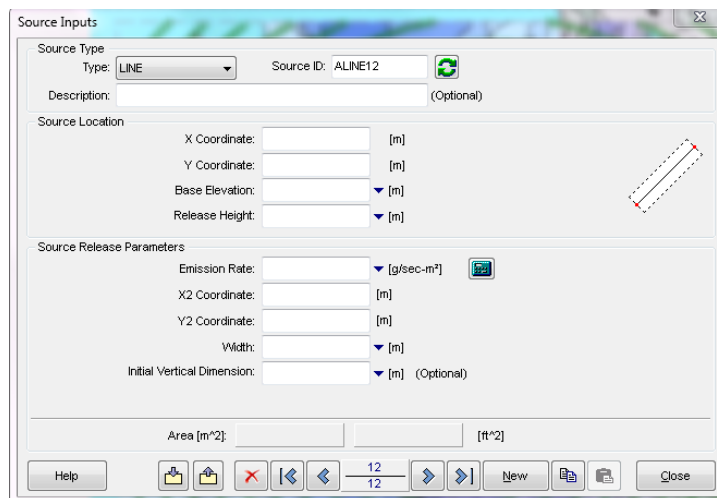
*“Todos los factores de emisión masiva de PM reportados en este capítulo se refieren a PM2.5, ya que la fracción gruesa (PM2.5-10) es despreciable en los escapes de los vehículos. Los factores de emisión para partículas se presentan en términos de número de partículas y área de superficie para diferentes rangos de tamaño. Las emisiones masivas de PM en el escape de los vehículos caen principalmente en el rango de tamaño PM2.5. Por lo tanto, se supone que todos los factores de emisión masiva de PM corresponden a PM2.5.”*⁴

- Ingreso información al Software.

En la siguiente imagen se puede observar cómo se ingresa la emisión reportada en la tabla 5 al Aermod Vie en $g\ seg * m2 /$.

Figura 7.147 Datos de Entrada Fuente Lineal Aermod View

⁴ Leonidas Ntziachristos, Zissis Samaras, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 – Last Update June 2017



Fuente: Aermod View

En la ilustración anterior se puede evidenciar la información “Initial Vertical Dimensión” que según la “División de Calidad de Aire en Carolina del Norte” en el documento publicado vía web (<http://daq.state.nc.us/permits/mets/quarry1.pdf>), aproximadamente es un valor de 5 metros, y se calculó siguiendo los pasos 3 y 5 del documento mencionado: Se determinó la altura de la fuente que se recomienda sea dos veces la altura del vehículo generador de las emisiones, y se optó por una altura de 5 metros para los camiones de 5 ejes dando como resultado una altura de la fuente de 10 metros. Posteriormente se divide esa altura en 2,15 para determinar el parámetro “Initial Vertical Dimensión”. La información de fuentes lineales y fuentes fijas, fue procesada por el Aermod View 8.8.9 y graficada en el Software Argis.

– Límites Normativos

Para el caso de los generadores eléctricos, las emisiones atmosféricas generadas por su operación no se encuentran reglamentadas actualmente, puesto que la normatividad mediante la cual se regulan las emisiones generadas por equipos de combustión interna, establece estándares máximos de contaminantes criterio para equipos con capacidad igual o superior a 1 MW. (Resolución 1309 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)).

La siguiente tabla, muestra los niveles máximos permisibles para cada contaminantes criterio, según la Resolución 2254 del 2017 por el MADS, que deroga la Resolución 610 de 2010 MAVDT y la Resolución 601 del 2006 MAVDT, estableciendo los criterios de medición y los límites permisibles de los contaminantes para indicar los niveles óptimos de calidad del aire y con ello comparar los valores de las concentraciones resultantes de los modelos de dispersión.

Tabla 7-116 Contaminantes evaluados y sus niveles normativos

CONTAMINANTE	Limite Normativo Res.2254/17	
	Nivel Máximo Permisible (µg/m3)	Tiempo de Exposición
PM10 (Material Particulado con diámetro inferior a 10 micras)	50	Anual
	100	24 horas
PM2.5 (Material Particulado con diámetro inferior a 2.5 micras)	25	Anual
	50	24 horas
SO2 (Dióxido de Azufre)	50	24 horas
	100	1 hora
NO2 (Dióxido de Nitrógeno)	60	Anual
	200	1 hora

FUENTE. Resolución 2254/2017 de MADS.

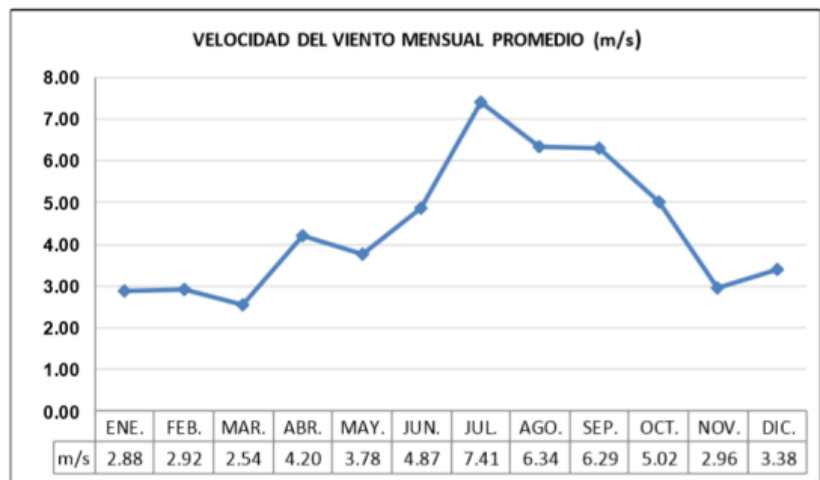
- **Preprocesador Aermet (meteorología)**

Los datos de entrada utilizados, fueron procesados por el Aermet View el cual genera archivos de entrada para el Software de modelación. La obtención de esta data fue a través de Meteocolombia S.A.S, entidad que genera información meteorológica del área de estudio; estos datos son calculados por medio del modelo matemático a meso escala WRF.

- Velocidad del Viento.

La velocidad del viento es un indicador del grado de dispersión del contaminante, el valor máximo mensual se presentó el mes de julio 7,4 m/s y un mínimo de 2,9 m/s en el mes de febrero.

Figura 7.148 Velocidad del Viento Mensual Promedio (m/s)

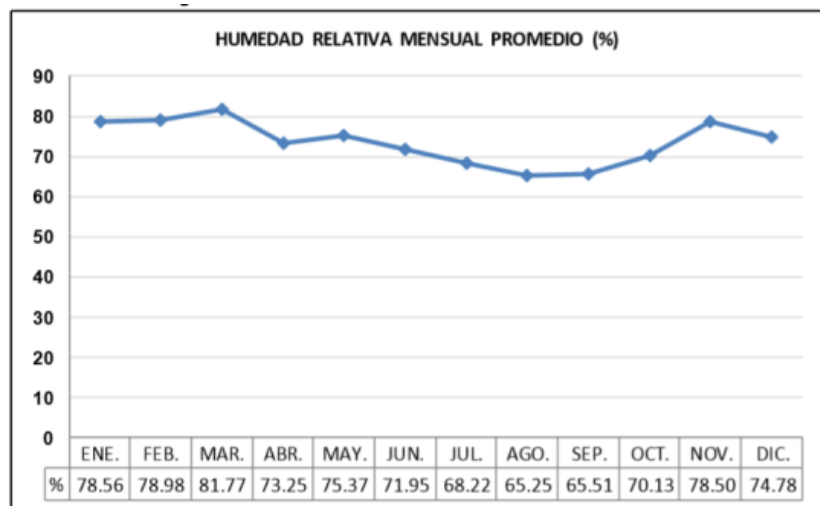


Fuente: Aermet – QHSE S.A.S. 2018.

– Humedad relativa.

La humedad causa un impacto en la transformación de contaminantes emitidos a la atmosfera ya que afecta la transferencia de radiación desde la tierra a la atmosfera y viceversa debido a que cuando este vapor de agua contenido en el aire se calienta, tiende a liberar energía y transferir calor a la masa de aire en la atmosfera. La humedad relativa del área de estudio es presenta un máximo de 78,98% el mes de febrero y un mínimo de 65,25% en agosto.

Figura 7.149 Valores medios mensuales de humedad relativa.

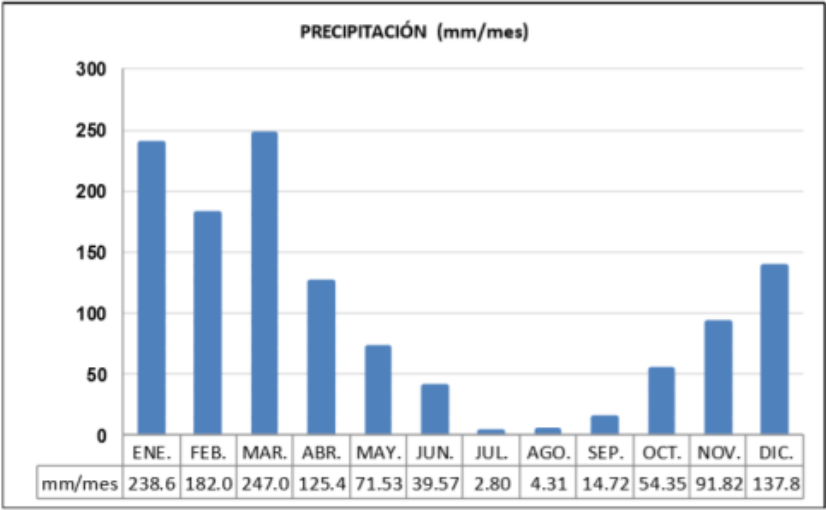


Fuente: Aermet – QHSE S.A.S. 2018.

– Precipitación.

La precipitación afecta el grado de dispersión o transporte de contaminantes como material particulado y dióxidos de azufre. La grafica a continuación muestra los meses evaluados en los que se presentó un comportamiento bimodal típico de Colombia, encontrando el máximo valor de precipitación el mes de marzo con 247mm/mes y un mínimo de 2,8mm/mes evaluando meses del año 2017.

Figura 7.150 Valores de precipitación mensual.

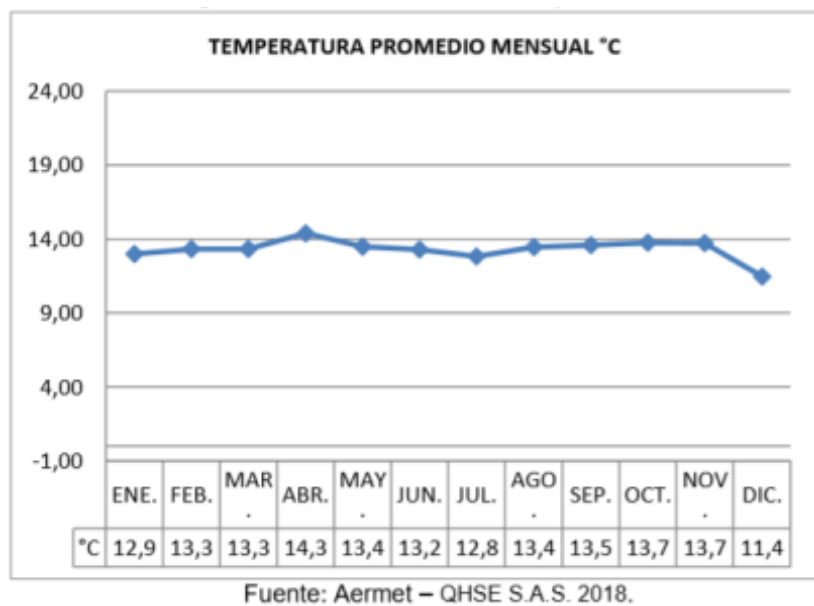


Fuente: Aermet – QHSE S.A.S. 2018.

– Temperatura.

La temperatura es un gran influyente en la transformación de contaminantes primarios en secundarios, el área de estudio no muestra variaciones significativas entre los días evaluados con un valor mínimo el mes de diciembre de 11,48°C y un valor máximo en abril con 14,8°C.

Figura 7.151 Valores mensuales de temperatura



– Estabilidad.

Los valores para describir la estabilidad atmosférica según la escala de longitud MoninObukhov, muestran una atmosfera estable si $L > 0$, atmosfera inestable $L < 0$ y atmosfera neutral $L = 0$; según la predominancia de los días en cada mes, obtenida a través de los resultados de meteorológicos, se evidencian un mayor número de días con valores > 0 que conlleva a determinar la presencia de una atmosfera estable.

Tabla 7-117 Estabilidad –Monin-Obukhov Length

Monin-Obukhov Length (m)	NEUTRO	ESTABLE	INESTABLE
MES	# de días con valores $L = 0$	# de días con valores > 0	# de días con valores < 0
ENERO	0	30	0
FEBRERO	0	28	0
MARZO	0	30	0
ABRIL	0	30	0
MAYO	0	31	0
JUNIO	0	30	0
JULIO	0	31	0
AGOSTO	0	31	0
SEPTIEMBRE	0	30	0
OCTUBRE	0	30	0
NOVIEMBRE	0	28	0
DICIEMBRE	0	30	0

Fuente: QHSE S.A.S. 2018.

– Altura de Mezcla

La altura de la capa límite de mezcla es la capa inferior de la atmosfera en la que los contaminantes tiene mayor dispersión por acción del viento y turbulencia. La siguiente grafica muestra la altura de mezcla en relación con las horas del día, calculada por la siguiente ecuación:

Por ello para las horas diurnas se puede expresar que:

$$H_z = \text{MAX}(h_{\text{conv}}, h_{\text{mec}})$$

Donde:

H_z : altura de mezcla en un período diurno dado

h_{conv} : altura de mezcla convectiva

h_{mec} : altura de mezcla mecánica en el periodo en cuestión.

Teniendo presente que si la altura de la capa limite atmosférica es baja, el volumen de aire para lograr una óptima dispersión será menor, por tanto, la concentración de contaminantes será mayor y viceversa. En la gráfica se evidencia que la máxima altura es de 2364 a las 13 horas; mientras que con una altura de 1387m desde las 2 am a una altura de 2046m a las 6pm, se muestra que es el horario en el que el movimiento convectivo y mecánico de la atmosfera es favorable para la dispersión de contaminantes.

Figura 7.152 Altura de Mezcla

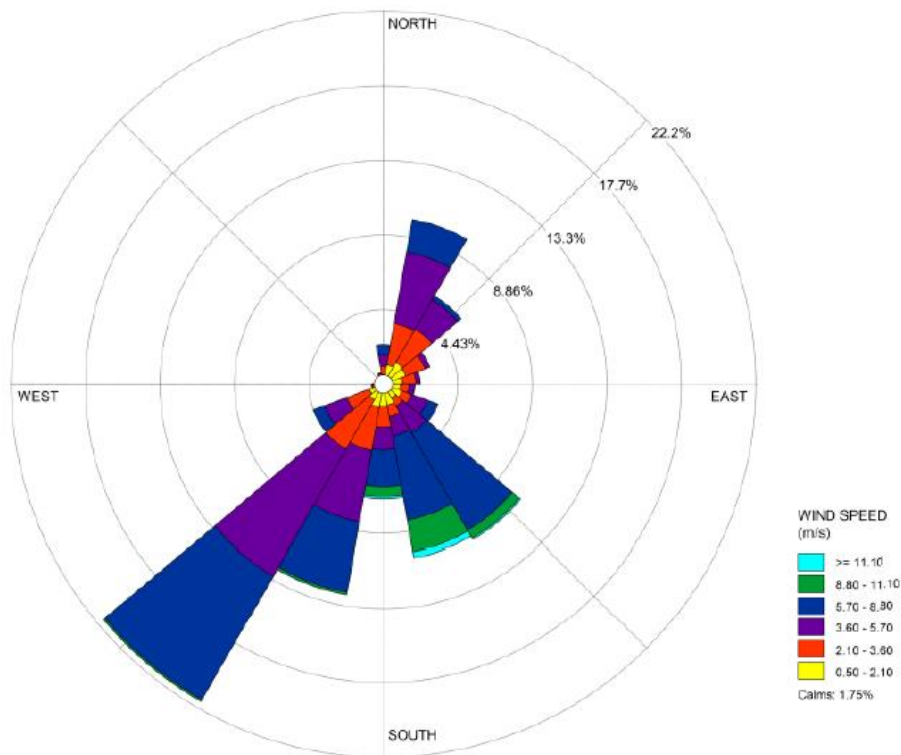


– Rosa de vientos.

La rosa de vientos muestra de donde provienen los vientos y la velocidad en m/s de cada dirección, en rosa de vientos de la figura siguiente, se evidencia que:

Dirección predominante del SureOeste, con un porcentaje direccional del 22.2% y velocidades entre a 8,8 m/s y 11 m/s, que indica un posible arrastre de contaminantes al NorEste.

Figura 7.153 Rosa de vientos.

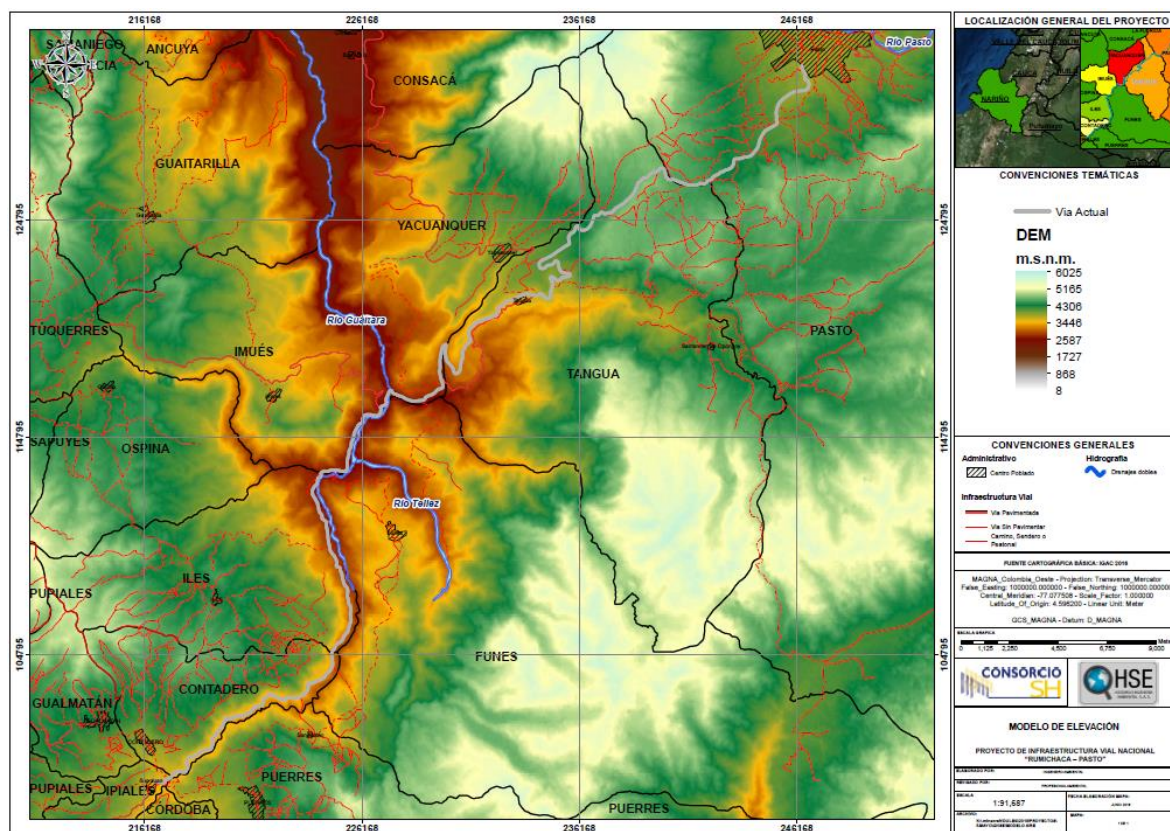


Fuente: Aermet – QHSE S.A.S. 2018.

- **Preprocesador del Terreno Topografía.**

El preprocesador Aermap obtiene a través de STRM90 – archivos de elevación digital por medio del Shuttle Radar Topography Mission que tiene datos a nivel mundial topográficos de la tierra, con una resolución de más o menos 1 km, 30 arc-sec, con proyección geográfica y Datum WGS84. En la siguiente imagen se puede observar la topografía del área de estudio de interés, que tiene un máximo de 6025 msnm en las áreas sombreadas de color blanco; mientras que, sobre la vía, el valor máximo de msnm es de 3182.

Figura 7.154 Modelo de elevación digital.



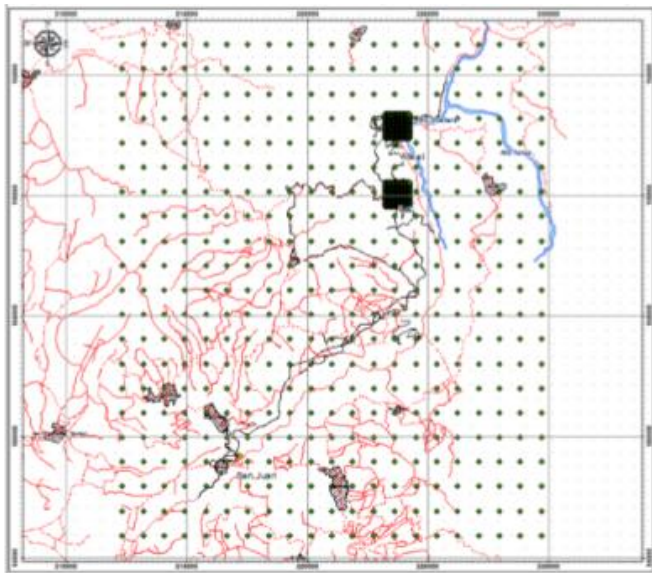
Fuente: QHSE S.A.S. 2018.

Grilla de Receptores

Receptores Fuentes Fijas

Para la modelación de fuentes fijas en el escenario en construcción, se utilizó una grilla de cuadrícula la cual define receptores con una separación uniforme entre sí. La rejilla con el tamaño de malla más pequeño se utiliza cerca de las fuentes que abarca un área de 1 Km con receptores cada 50 metros y una malla que abarca el área de la vía a construir, con receptores separados entre sí cada 800 y 1000 metros. Se crean 1323 receptores aledaños a las fuentes fijas tal como se describió en el párrafo anterior y como lo demuestra la siguiente imagen.

Figura 7.155 Grillas General de Receptores para fuentes fijas.

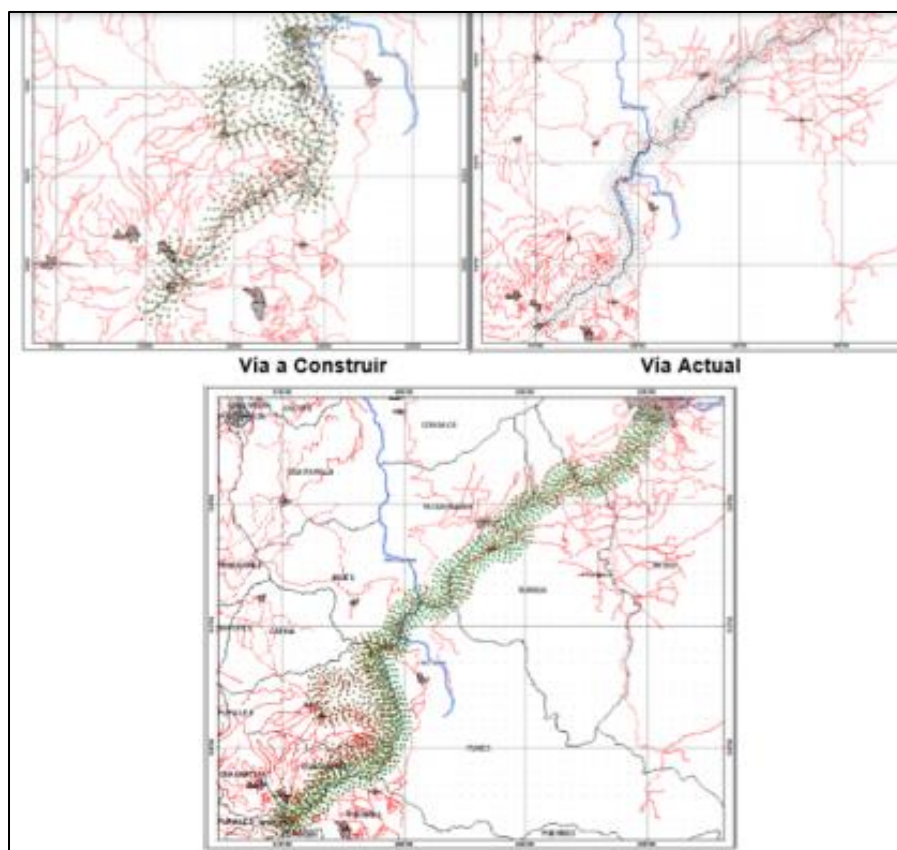


Fuente: QHSE S.A.S. 2018.

Receptores Fuentes Lineales

Se crean 612 receptores discretos distribuidos a lado y lado de la vía que se espera construir y adecuar y 1175 receptores discretos distribuidos a lado y lado de la vía actual; llegando a una extensión alrededor de la vía a modelar de 1 Km aproximadamente. La línea punteada representa los receptores y la línea morada la vía.

Figura 7.156 Grillas General de Receptores para vía.



- **Evaluación de los resultados de la modelación de dispersión de contaminantes**

El modelo estimó las concentraciones de calidad de aire a partir de las emisiones calculadas para las fuentes de lineales y fuentes fijas con el fin de evaluar las inmisiones en el área de interés del proyecto para la construcción de la doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo San Juan – Pedregal. Evaluando dos escenarios en los periodos de tiempo comparables con la Resolución 2254 de 2017 expedida por el MAVDT para los siguientes contaminantes:

- Modelo Dispersión para SO₂ (1 hora y 24 horas).
- Modelo Dispersión para NO₂ (anual y 1 hora).
- Modelo Dispersión para Pm₁₀ (anual y 24 horas).

Escenario Construcción: contempla la operación de 24 horas de lunes a domingo, para fuentes fijas (planta de asfalto y 4 generadores) y construcción de las vías.

Escenario Actual: Contempla la vía que conduce de Pasto a Rumichaca, de la cual, existe estudio con tres puntos de aforo realizado en 2015; que cuenta con el conteo de vehículos (ligeros, buses y pesados) que conducen en ambos sentidos de la autopista.

El comportamiento de dispersión de contaminantes presenta las siguientes características en general:

- La dirección de dispersión se encuentra hacia el NorEste debido a la dirección de vientos predominante en la zona.
- Los valores máximos de concentración se encuentran cerca de las fuentes de emisión, es decir cerca de las vías por la estabilidad atmosférica presente en la zona.

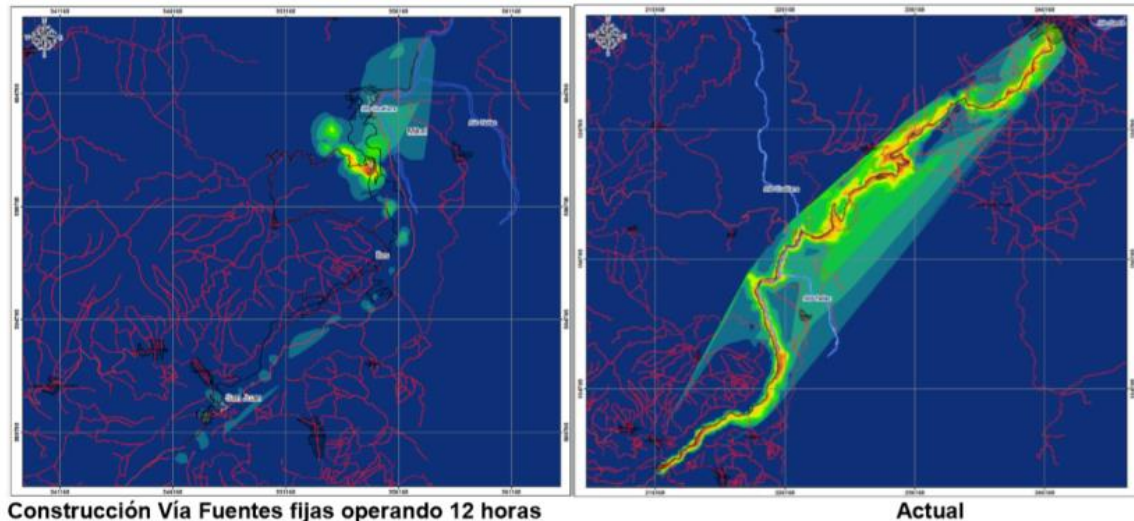
A continuación, se muestran las salidas gráficas y el análisis de los resultados de la modelación.

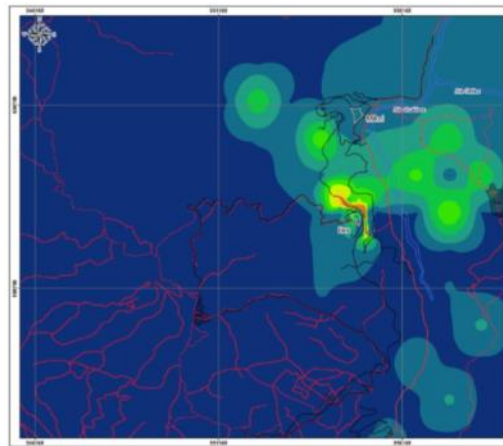
Dispersión de los contaminantes.

- Material Particulado Menor a 10micras.

El modelo de dispersión de contaminantes arroja valores máximos en el área de estudio que obedecen, a la emisión por re-suspensión en la vía por causa del paso de vehículos y “la construcción de carreteras es un ejemplo de actividades con un alto potencial de emisiones que pueden asociarse con operaciones de limpieza, perforación y voladura, excavación en tierra, corte y relleno (es decir, movimiento de tierra).

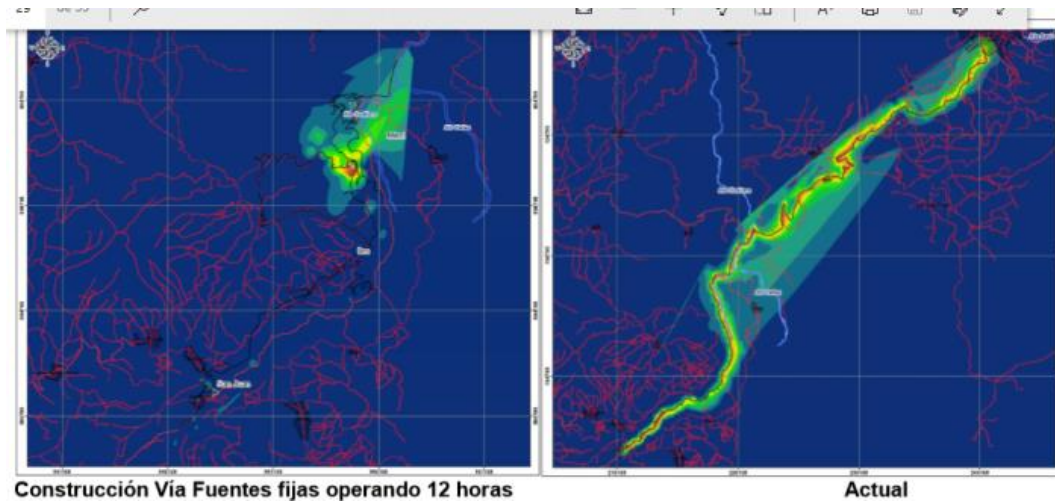
Figura 7.157 Modelo de Dispersión para PM10 24 Horas.





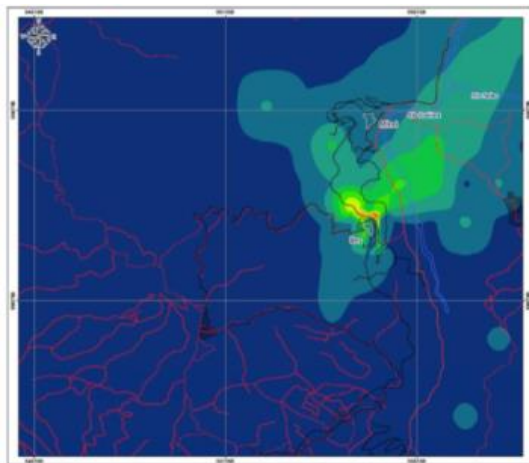
Fuentes fijas operación 24 horas

Figura 7.158 Modelo de Dispersión para PM10 Anual.



Construcción Vía Fuentes fijas operando 12 horas

Actual



Fuentes fijas operación 24 horas

Los mapas anteriores muestran una dispersión de contaminantes marcada, al NorEste conforme a la rosa de vientos y con valores que se encuentran por debajo del límite normativo para cada escenario. Donde la construcción de la vía nueva y adecuaciones, se puede dar con una operación de 24 horas.

Tabla 7-118 Comparación Normativa PM10

Contaminante	Exposición	Res. 2254/2017 ug/m ³	Escenarios (ug/m ³)		
			Actual	Construcción vía 24 horas	Fuentes fijas - fase Const. Operando 24 horas
PM10	Anual	50	4.9	0.09	2.75
	24 horas	100	25	1.15	18.50

Fuente: QHSE S.A.S. 2018.

– Dióxidos de Azufre.

El cálculo de emisiones para SO₂ proviene de las fuentes móviles en el escenario actual y las fuentes fijas en el escenario en construcción. De acuerdo A la EEA Las emisiones de SO₂ por tipo de combustible se estiman suponiendo que todo el azufre en el combustible es transformado completamente en SO₂.

Figura 7.159 Modelo de Dispersión para SO₂ 24 Horas.

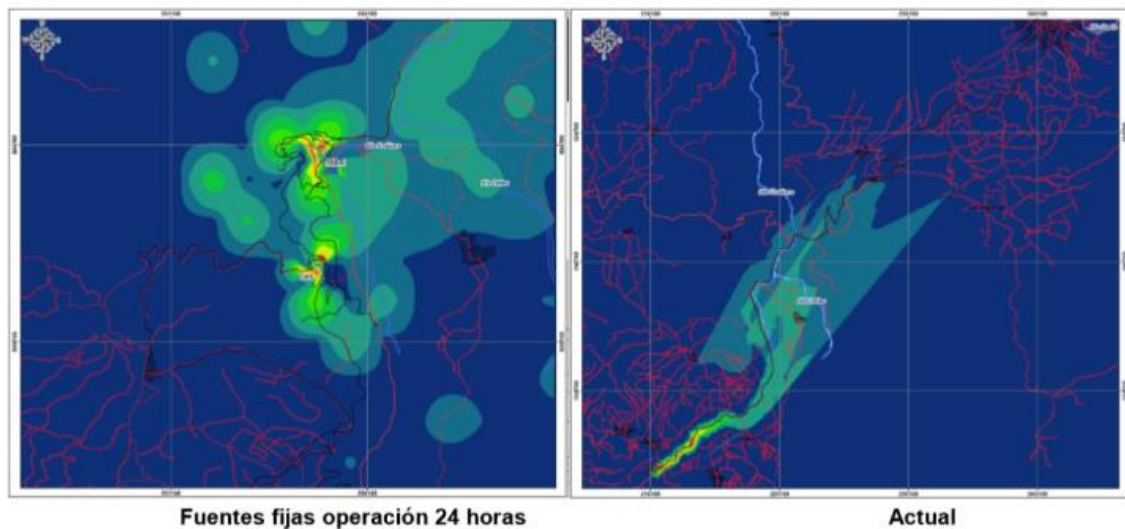
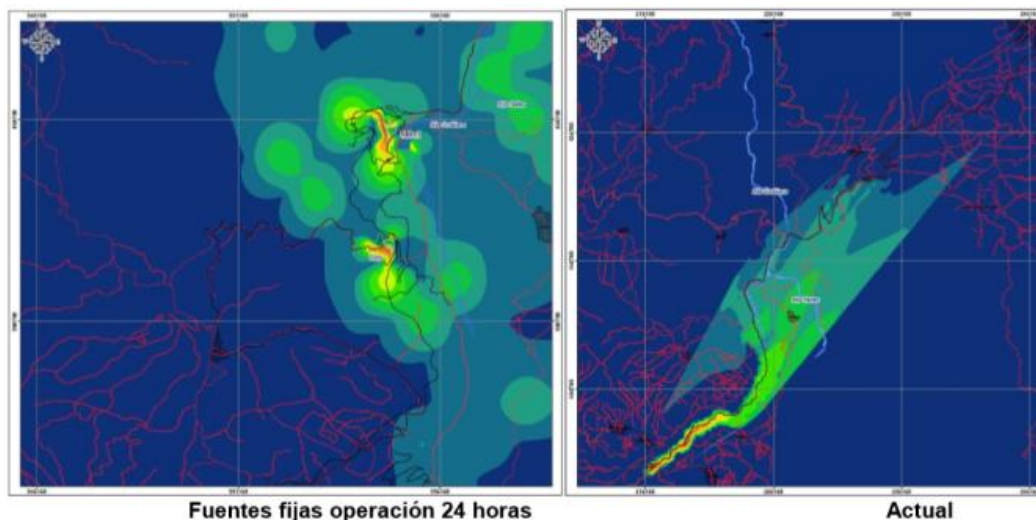


Figura 7.160 Modelo de Dispersión para SO₂ 1 Hora.



Los mapas anteriores arrojaron valores que se encuentran por debajo del límite normativo para cada escenario, excepto para el escenario actual en un periodo de exposición de 1 hora.

Tabla 7-119 Comparación Normativa SO₂

Contaminante	Exposición	Res. 2254/2017 ug/m ³	Escenarios (ug/m ³)	
			Actual	Fuentes fijas - fase Const. Operando 24 horas
SO ₂	24 horas	50	24	0.07
	1 hora	100	220	0.67

– Dióxidos de Nitrógeno.

El cálculo de emisiones para NO₂ proviene de las fuentes móviles en el escenario actual y las fuentes fijas en el escenario en construcción.

Figura 7.161 Modelo de Dispersión para NO₂ 1 Hora

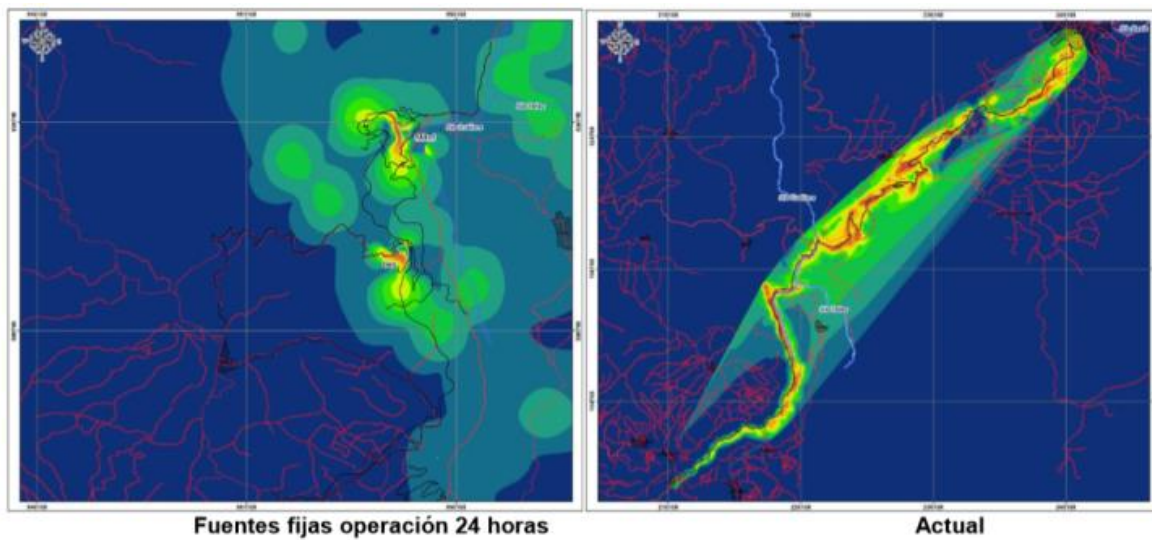
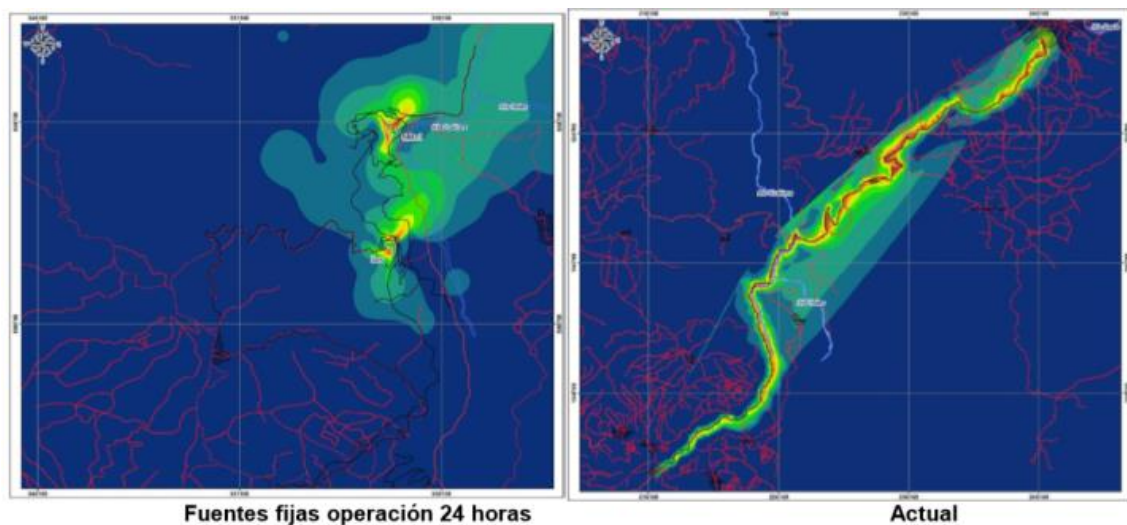


Figura 7.162 Modelo de Dispersión para NO2 anual.



Los mapas anteriores arrojaron valores que se encuentran por debajo del límite normativo para los dos escenarios, excepto para el escenario actual en un periodo de exposición de 1 hora.

Tabla 7-120 Comparación Normativa NO2

Contaminante	Exposición	Res. 2254/2017 ug/m ³	Escenarios (ug/m ³)	
			Actual	Fuentes fijas - fase Const. Operando 24 horas
NO2	Anual	60	8.5	0.12
	1 hora	200	510	8.83

- Comportamiento áreas sensibles.

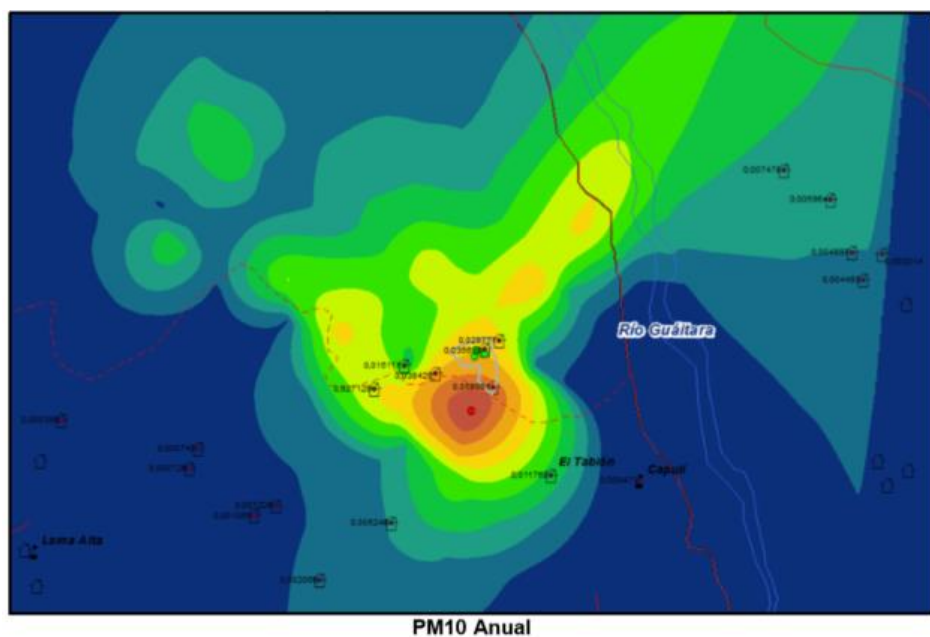
Con la intención de evaluar la afectación en el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal a cargo de Consorcio SH a causa de las emisiones generadas; se estima las concentraciones de los contaminantes dispersos y la ubicación de las máximas concentraciones a nivel del suelo con el software Aermod View.

A continuación, se evidencia la ubicación de concentraciones máximas cerca de receptores sensibles como:

Material Particulado Menor a 10micras.

- Las concentraciones con operación de las fuentes fijas 12 horas y construcción de la vía, demuestra valores 0.0001 y 0.0947 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo Anual, mientras que en un periodo de exposición de 24 horas se evidencia valores 0.000731 y 1.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; donde la máxima concentración se encuentra en la coordenada: 77°28'58,6313"W - 0°59'29,3282"N, cerca de la vía en construcción y la locación en un área aprox. 47.158 m².
- Las concentraciones con operación de las fuentes fijas 24 horas, demuestra valores 0.00012 y 2.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo Anual, donde la máxima concentración se encuentra en la coordenada: 77°28'50,3978"W - 0°59'49,8087"N, cerca de la vía en construcción y la locación al nor-este en un área aprox. 3.275 m²; mientras que en un periodo de exposición de 24 horas se evidencia valores 0.00011 y 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, donde la máxima concentración se encuentra en la coordenada: 77°28'57,0789"W 0°59'49,7123"N, cerca de la vía en construcción y la locación al nor-este en un área aprox. 11.069 m².

Figura 7.163 Receptores sensibles construcción fuentes fijas - vía



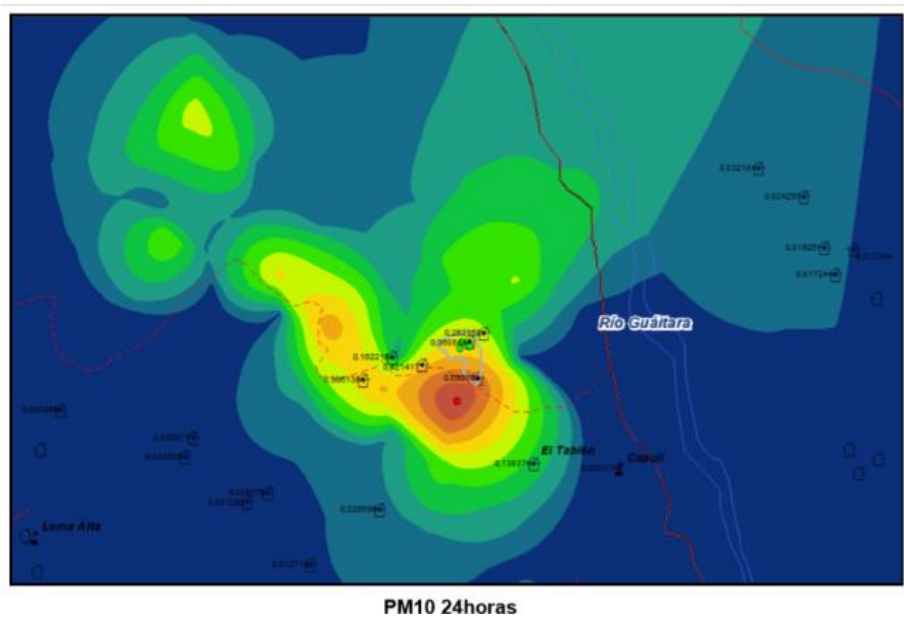
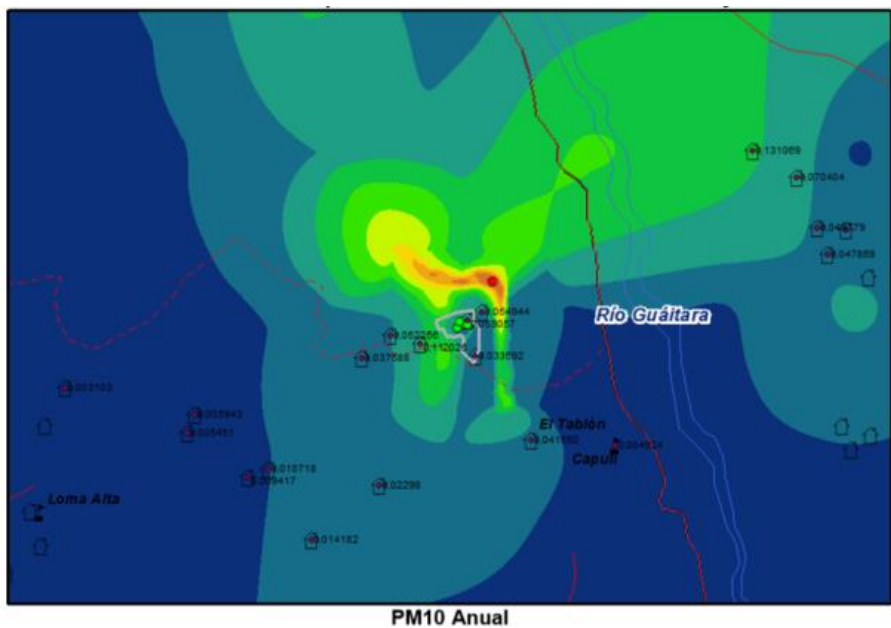
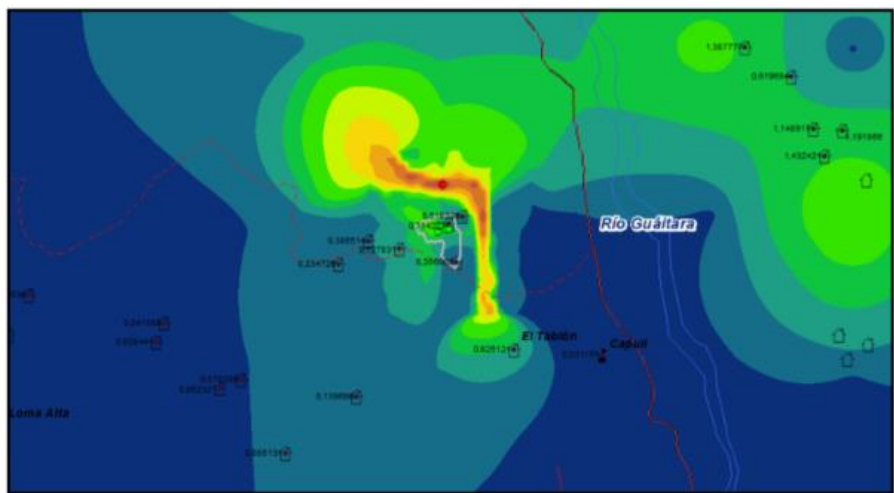


Figura 7.164 Receptores sensibles construcción fuentes fijas.



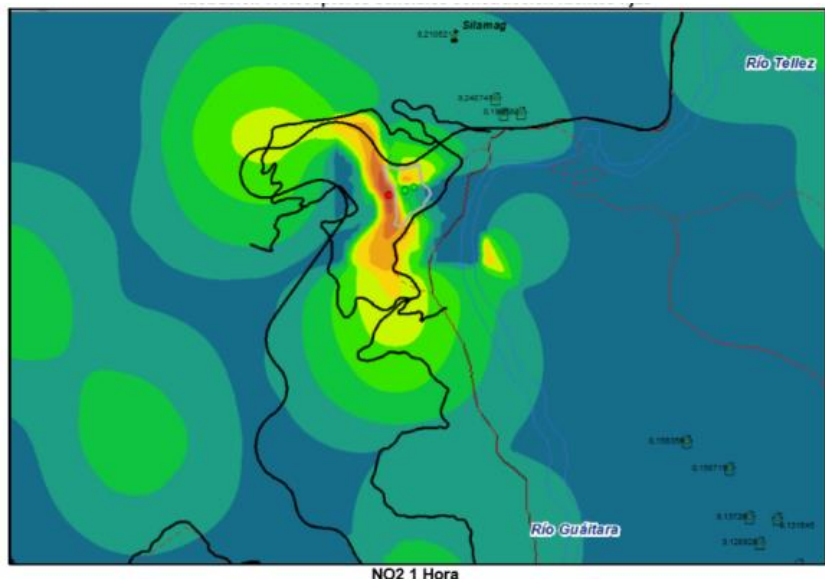


PM10 24horas

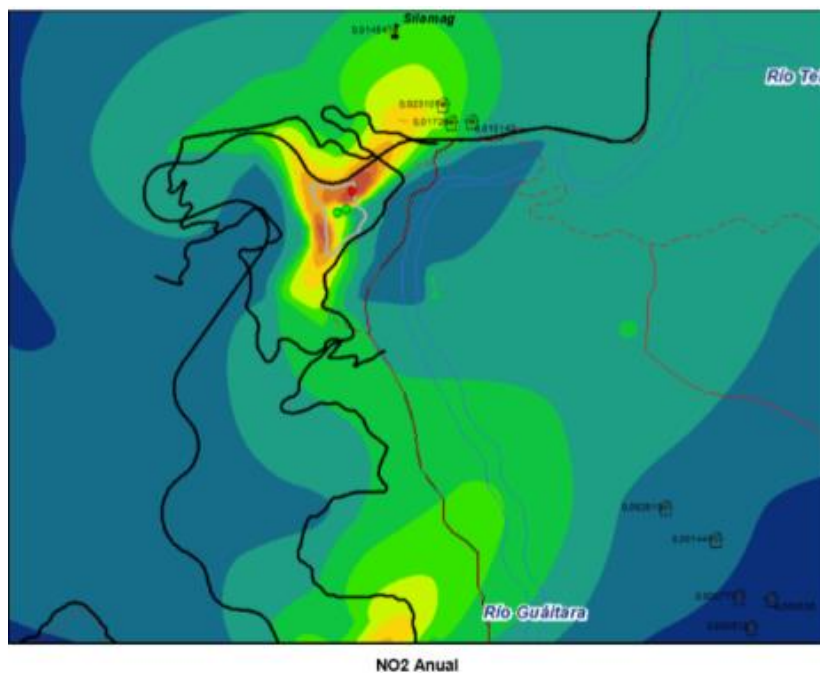
Dióxidos de Nitrógeno.

- Las concentraciones con operación de las fuentes fijas 24horas, demuestra valores 0.001 y 8.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 1 hora, donde la máxima concentración se encuentra en la coordenada: 77°29'0,5032"W - 1°1'10,5323"N, en el costado oeste de la locación Mike con un área aprox. 12.561m²; mientras que en un periodo de exposición Anual se evidencia valores 0.00001 y 0.126 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, donde la máxima concentración se encuentra en la coordenada: 77°28'54,2277"W 1°1'15,7161"N, cerca de la vía en construcción y la locación al nor-este en un área aprox. 19.935 m².

Figura 7.165 Receptores sensibles construcción fuentes fijas



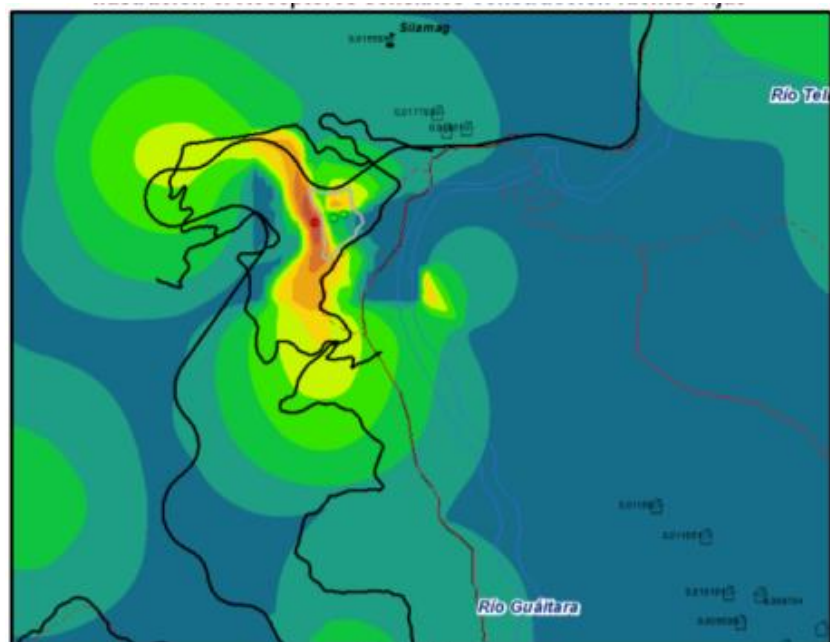
NO2 1 Hora



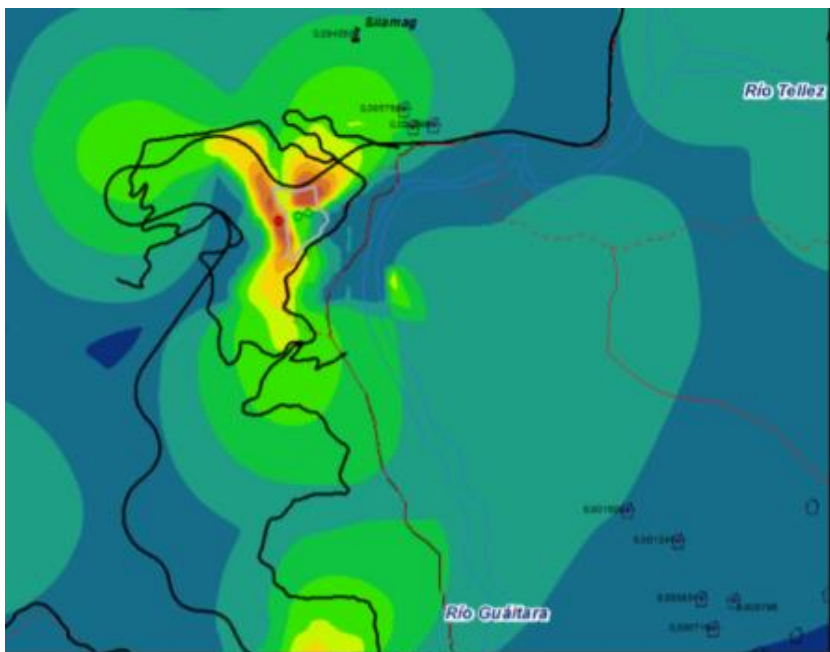
Dióxidos de Azufre.

- Las concentraciones con operación de las fuentes fijas 24 horas, demuestra valores 0.00008 y 0.665 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 1 hora, donde la máxima concentración se encuentra en la coordenada: 77°29'0,4628"W - 1°1'10,5931"N, en el costado oeste de la locación Mike con un área aprox. 12.928 m²; mientras que en un periodo de exposición 24 horas se evidencia valores 0.000000074 y 0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en un área aprox. 24.261 m².

Figura 7.166 Receptores sensibles construcción fuentes fijas



SO2 1 Hora



SO2 24 Horas

- **Conclusiones**

1. El Proyecto Vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal, se evaluó por medio de un modelo de dispersión de contaminantes para NO₂, SO₂ y PM₁₀, conforme a la resolución 2254 de 2017 MADS, bajo dos escenarios:

El escenario actual: con las emisiones de fuentes móviles, el peso y la velocidad promedio de los vehículos que viajan por la vía Pasto - Rumichaca, los cuales influyen en las emisiones de polvo presente en la superficie de la carretera.

El escenario en construcción: emite contaminantes a la atmosfera; debido a actividades que obedecen a la construcción y adecuación de la vía (operaciones de limpieza, perforación y voladura, excavación en tierra, corte, relleno y emisiones resultante del tráfico de equipos en carretera), además de la operación de la planta de asfalto y generadores.

2. Los modelos de dispersión se realizaron teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y topográficas de la zona, alrededor de las fuentes de emisión, tomando como base de entrada para fuentes fijas los datos calculados a través de balance de masa y factores de emisión y fuentes móviles, datos calculados de acuerdo al AP 42 y la guía 2016 de European Environment Agency EEA; con datos proporcionados por el Consorcio HS.
3. De acuerdo a los requerimientos para límites permisibles, que exige la resolución 2254 de 2017 MADS; se determinó que las máximas concentraciones arrojadas por los modelos, registran valores para PM₁₀, NO₂ y SO₂ que no sobrepasan los límites permisibles establecidos en los periodos normativos; con una operación de 24 horas de lunes a domingo en el escenario en construcción. Exceptuando NO₂ con valores de 510ug/m³ y SO₂ con valores de 220ug/m³ en un periodo de exposición de 1 hora, para el escenario Actual.
4. Los valores arrojados por el modelo de dispersión de contaminantes, con las fuentes fijas del proyecto operando las 24 horas, arroja valores bajos a los limites expuestos en la resolución 2254 de 2017 MADS para NO₂, SO₂ y PM₁₀; evidenciando que las concentraciones en general se encuentran con un valor mínimo de 0,0001 µg/m³ (SO₂_24h) y un valor máximo de 2,60718 µg/m³ (NO₂ 1H), en las construcciones aledañas.
5. Debido a que las concentraciones estimadas por el modelo, arrojaron valores de PM₁₀ que no superan el 25% y 19% de los límites anuales de la norma de calidad de aire, tanto para el escenario actual como para el escenario en construcción respectivamente; no se procedió a modelar PM_{2.5}, toda vez que los cálculos por factores de emisión para fuentes fijas y emisiones vehiculares, conforme la bibliografía consultada por tipo de emisión, indican que:

- Emisiones vehiculares: “supone que todos los factores de emisión masiva de PM corresponden a PM_{2.5}” (Ntziachristos, Samaras; 2016).

- Emisiones fuentes fijas (generadores): asume “PM-10 = material particulado menor o igual a 10µm diámetro aerodinámico. Todas las partículas se asumen como $\leq 1 \mu\text{m}$ de tamaño” (US EPA - AP 42; 2006).
 - Además de evidenciar que los cálculos por factores de emisión de PM2.5, para las demás fuentes revelan valores menores a los hallados para PM10.
 - De igual forma seguimos la justificación que da el Protocolo de Calidad del Aire en su Manual de Diseño, donde indica la implementación de PM2.5 en las campañas de monitoreo cuando las concentraciones de PM10 registren valores superiores a la norma anual de calidad del aire, sin embargo en la campaña de monitoreo realizada se ubicaron estaciones de monitoreo para PM 2.5, aunque los valores arrojados en el modelo para PM10 fueron inferiores a la norma (Resolución 2254 de 2017 por el MADS).
6. La característica de una atmósfera estable en la zona de estudio, además de otros factores meteorológicos; influencia la dispersión de contaminantes, es por ello que la concentración de contaminantes tiende a estar cerca al punto de emisión viéndose influenciada por el flujo del viento con un arrastre de contaminantes que se presenta en la dirección comprendida según la rosa de vientos, al NorEste. Partiendo del principio en el que la estabilidad atmosférica se presenta cuando una cámara aire tiende a subir o bajar, pero vuelve al punto de partida, debido a que el aire de su entorno es más frío o más caliente que el aire de la cámara.
7. El contaminante O3 no se avalúo debido a que no se cuenta con factores de emisión, sin embargo en el estudio de calidad del aire realizado, esta variable reportó un valor promedio inferior al 50% en un tiempo de exposición de 8 horas con respecto al valor límite permisible por la resolución 2254 de 2017 del MADS que es de 100µS/m³.

7.7 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

7.7.1 Explotación de material de cantera.

Las actividades del Proyecto Vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal, no contemplan la explotación de material de cantera. Sin embargo, se contempla el reúso de materiales producto de las excavaciones, tal como se expone en el numeral **3.2.4.3 Material Sobrante** del presente estudio, en la **Tabla 7-121** se presenta el balance de masas, el cual indica que será aprovechado un total de 3,357,188.80 m³ de material producto de excavaciones en roca y suelo.

Tabla 7-121 Balance de masas general.

TRAMO	VOLUMEN DE MATERIAL A REUTILIZAR (m³)	VOLUMEN DE MATERIAL A DISPONER EN ZODME Y RELLENOS NO ESTRUCTURALES (m³)
Del PK15+750 al PK25+600	993,158.80	2,589,964.58
Del PK25+600 al PK37+600	1,769,144.00	5,914,297.42
Del PK37+600 al PK44+844	594,886.00	3,670,971.53
TOTAL	3,357,188.80	12,175,233.53

Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.7.2 Explotación de materiales de arrastre de cauces o lechos de corrientes o depósitos de agua.

Las actividades del Proyecto Vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal, no contemplan la explotación de materiales de arrastre de cauces o lechos de corrientes o depósitos de agua.

7.7.3 Adquisición de materiales en fuentes existentes.

7.7.3.1 Titulo minero.

En la **Tabla 7-122** se presenta el listado de títulos mineros de las áreas de las cuales se extraerán los materiales para la ejecución de las actividades construcción del Proyecto Vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal.

Tabla 7-122 Titulo minero de las canteras.

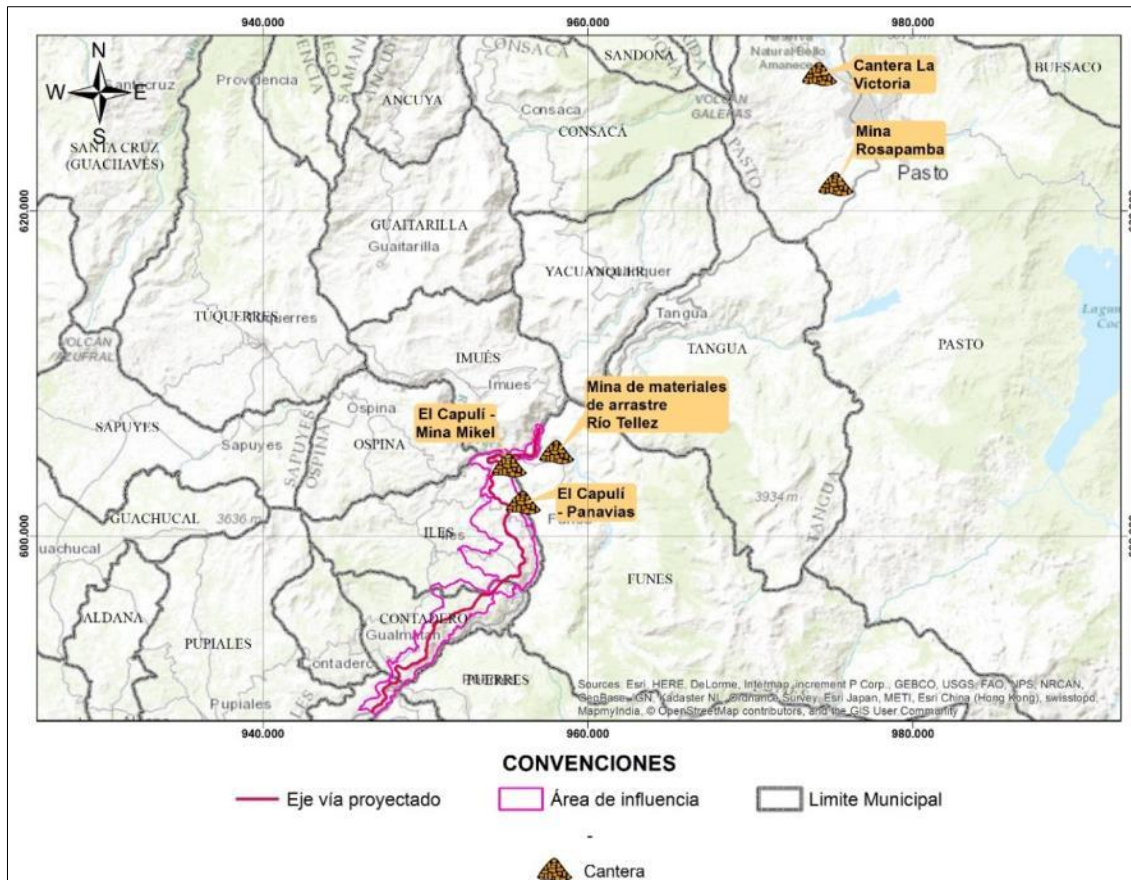
NOMBRE DE LA CANTERA	LOCALIZACIÓN			TITULO MINERO	VIGENCIA MINERA
	PUNTO	ESTE	NORTE		
El Capulí - Panavias	1	956046	602488	342-52	18 de febrero de 2017, según Resolución 004059 del 29 de septiembre de 2014 de la Agencia Nacional de Minería. Mediante Resolución 777 del 18 de mayo de 2017 la Agencia Nacional Minera concede prórroga de explotación por cinco años, hasta el 17 de febrero de 2022.
	2	955742	602403		
	3	955996	601584		
	4	956362	601756		
Mina Rosapamba	PA	974915	621295	JDB-14011	28 de diciembre de 2038 (ver Catastro minero).
	1	975202	621429		
	2	975460	621507		
	3	975363	621822		
	4	975073	621735		

NOMBRE DE LA CANTERA	LOCALIZACIÓN			TITULO MINERO	VIGENCIA MINERA
	PUNTO	ESTE	NORTE		
	5	975132	621551		
	6	975168	621504		
	7	975220	621543		
El Capulí - Mina Mikel	PA	955500	604825	EIM-142	29 de marzo de 2036 (ver Catastro minero).
	1	955255	604568		
	2	955186	604476		
	3	954944	604274		
	4	955146	604153		
	5	955255	604568		
Cantera La Victoria	1	974261	628415	17271	6 de Julio de 2014 (ver Título minero).*
Mina de materiales de arrastre Río Téllez	PA	957092	605368	FG6-161	30 de junio de 2035 (ver licencia ambiental).
	1	957417	605312		
	2	957724	605175		
	3	957724	604975		
	4	958523	604975		
	5	958523	605176		
	6	957923	605175		
	7	957451	605386		

Fuente: Copias de licencias ambientales, títulos mineros y catastros mineros de las diferentes canteras. Ver Anexo 2. Civil. CANTERAS.

Cabe anotar que en la **Tabla 7-122** se presentan canteras cercanas al proyecto, sin embargo, para la ejecución del proyecto se solicita permiso para adquirir materiales de construcción de otras fuentes, a través de terceros que cuenten con las respectivas licencias ambientales y títulos mineros. En la **Figura 7.167** se presenta la localización de las fuentes de materiales con respecto al proyecto.

Figura 7.167 Localización fuentes de materiales cercanas al proyecto.



Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.7.3.2 Autorización ambiental.

En la **Tabla 7-123** se presenta el listado de licencias ambientales, expedidas por la autoridad ambiental competente a través de las cuales se permite la explotación de los materiales que serán adquiridos para la ejecución de las actividades construcción del Proyecto Vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal.

Tabla 7-123 Licencias ambientales de las canteras.

NOMBRE DE LA CANTERA	LOCALIZACIÓN			EXPEDIENTE AMBIENTAL	LICENCIA AMBIENTAL	VIGENCIA AMBIENTAL
	PUNTO	ESTE	NORTE			
El Capulí - Panavias	1	956046	602488	2201	Resolución 273 del 23 de julio de 2002. Corponariño.	Vida útil del proyecto según contrato de concesión minera.
	2	955742	602403			
	3	955996	601584			
	4	956362	601756			
Mina Rosapamba	PA	974915	621295	LSC 014-10	Resolución 737 del 7 de septiembre de 2010. Corponariño.	Vida útil del proyecto según contrato de concesión minera.
	1	975202	621429			
	2	975460	621507			
	3	975363	621822			
	4	975073	621735			
	5	975132	621551			
	6	975168	621504			
El Capulí - Mina Mikel	PA	955500	604825	LSC 007-09	Resolución 964 del 23 de noviembre de 2009. Corponariño.	Vida útil del proyecto según contrato de concesión minera.
	1	955255	604568			
	2	955186	604476			
	3	954944	604274			
	4	955146	604153			
Cantera La Victoria	PA	955255	604568	163	Resolución 226 del 2 de julio de 1996. Corponariño.	Vida útil del proyecto según contrato de concesión minera.
	1	974261	628415			
Mina de materiales de arrastre Río Téllez	PA	957092	605368	2403	Resolución 981 del 28 de diciembre de 2006. Corponariño.	Vida útil del proyecto según contrato de concesión minera.
	1	957417	605312			
	2	957724	605175			
	3	957724	604975			
	4	958523	604975			
	5	958523	605176			
	6	957923	605175			
	7	957451	605386			

Fuente: Consorcio SH, 2017.

7.7.3.3 Relación de materiales.

A continuación, en la **Tabla 7-124** se presenta la relación de materiales disponibles en cada fuente de material.

Tabla 7-124 Volumen de material disponible y requerido en las canteras.

NOMBRE DE LA FUENTE DE MATERIALES	RESERVAS ESTIMADAS (m³)	USOS MATERIALES
Capulí - Panavías	250,000	Bases y subbases granulares
Mina Rosapamba	280,000	Bases y subbases granulares
Mina La Victoria	2,942,730	Bases y subbases granulares y agregados concretos asfaltos
Mina Mikel	225,000	Agregados concretos asfaltos e hidráulicos
Río Tellez	150,000	Base granulares

Fuente: Consorcio SH, 2017.

En el **Anexo 2. Civil. XI Infraestructura del Proyecto**; se presenta la localización general de las fuentes de material a utilizar con las respectivas vías de acceso entre el proyecto y las mismas.

Se aclara que la empresa podrá trabajar con otras empresas de extracción y comercialización de material diferentes a las expuestas anteriormente, siempre y cuando cuenten con los permisos minero-ambientales vigentes. Esta información será anexada en los informes de cumplimiento ambiental- ICA

7.7.4 Extracción de materiales sobre títulos mineros en el derecho de vía.

Las actividades del Proyecto Vial Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan - Pedregal, no contemplan la extracción de materiales sobre títulos mineros en el derecho de vía.