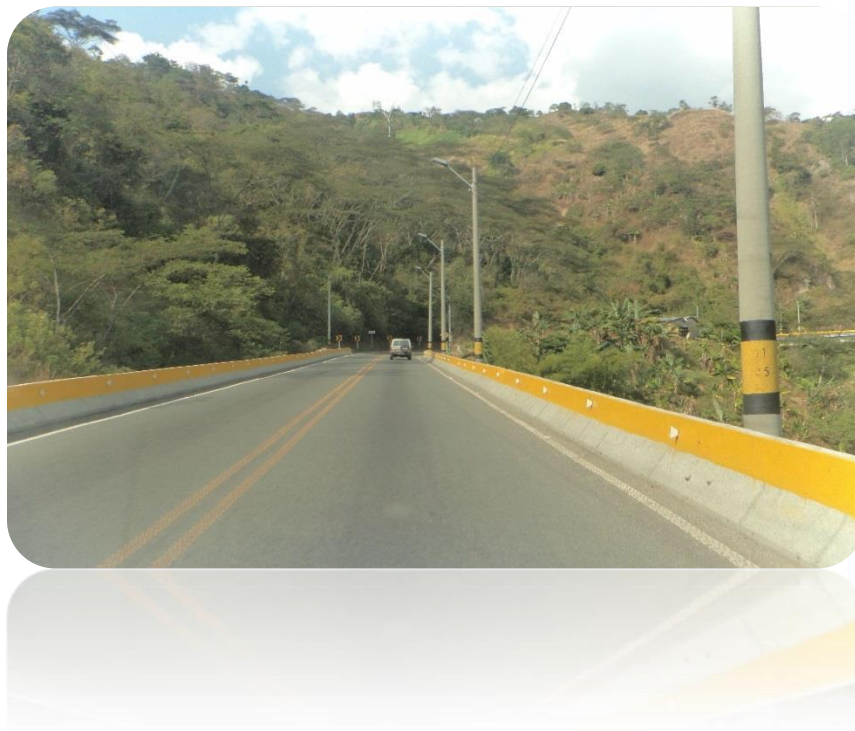


**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA  
SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1  
PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1**



**Elaborado para:**



**Elaborado por:**



Consultoría Colombiana S.A.



**Bogotá D.C.  
Noviembre de 2016**



Agencia Nacional de  
Infraestructura



MinTransporte  
Ministerio de Transporte



	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

## ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones

## REGISTRO DE RESPONSABLES

Número de Revisión		
Responsable por Elaboración	Nombre	
	Firma	
Responsable por Elaboración	Nombre	
	Firma	
Responsable por Revisión Coordinador Ambiental	Nombre	
	Firma	
Responsable por Aprobación Gerente del Proyecto	Nombre	
	Firma	
Fecha		

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1 PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1



### TABLA DE CONTENIDO

	<b>PÁG.</b>
<b>7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES .....</b>	<b>1</b>
<b>7.1 AGUAS SUPERFICIALES.....</b>	<b>1</b>
7.1.1 Demanda de Agua a Utilizar .....	1
7.1.2 Identificación de las fuentes de captación y caudal a solicitar .....	3
7.1.3 Diseño tipo de la infraestructura y sistema de captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes y distribución.....	8
7.1.4 Análisis de Conflictos Actuales o Potenciales sobre la Disponibilidad y Usos	9
<b>7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS .....</b>	<b>28</b>
<b>7.3 VERTIMIENTOS .....</b>	<b>28</b>
7.3.1 Vertimiento en cuerpo de agua.....	28
7.3.2 Vertimiento en suelo.....	106
<b>7.4 OCUPACIONES DE CAUCE.....</b>	<b>106</b>
7.4.1 Cruces con la Vía a Construir.....	106
7.4.2 Métodos constructivos.....	109
<b>7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL .....</b>	<b>111</b>
7.5.1 Censo e Inventario Forestal y datos obtenidos .....	111
7.5.2 Censo forestal para los ecosistemas transformados dentro del área de intervención del proyecto .....	124
7.5.3 Volúmenes del aprovechamiento forestal.....	130
7.5.4 Especies en amenaza, veda y/o endemismo en las áreas de intervención del proyecto	133
7.5.5 Justificación del aprovechamiento forestal.....	134
7.5.6 Sistema de aprovechamiento y extracción (Labores de remoción de la cobertura).....	134
7.5.7 Destinación de los productos forestales .....	138
<b>7.6 EMISIONES ATMOSFÉRICAS .....</b>	<b>139</b>
7.6.1 Identificación de las fuentes de emisión existentes .....	140
7.6.2 Identificación de fuentes de emisión atmosférica proyectadas .....	145
7.6.3 Modelo de Dispersión.....	149
<b>7.7 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>182</b>
7.7.1 Explotación de materiales de arrastre de cauces o lechos de corrientes o depósitos de agua.....	184
7.7.2 Caracterización del área a explotar.....	186

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

7.7.3	Tipos y cantidades de materiales disponibles y reservas probables. Áreas a explotar y lo volúmenes a extraer.....	233
7.7.4	Explotaciones similares o de otro tipo, aprovechamiento de agua, puentes, viaductos y demás obras previas a la explotación. ....	246
7.7.5	Descripción de las obras previas a la explotación: adecuaciones necesarias para la explotación, beneficio y tiempo de ejecución.....	246
7.7.6	Proceso de extracción .....	248
7.7.7	Necesidad de infraestructura .....	251
7.7.8	Sistemas de control: delimitación y aislamiento de las áreas de: .....	255
7.7.9	Manejo de aguas naturales en el drenaje .....	255
7.7.10	Plan minero de cierre, abandono y restauración.....	256





	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p> <p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p> <p align="center"><b>VERSIÓN 0.2</b></p>	
---	---	---

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1 PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1

### ÍNDICE DE TABLAS

PÁG.

Tabla 7-1 Volumen de agua requerido para uso industrial.....	2
Tabla 7-2 Demanda de agua para la planta de trituración de materiales (Uso industrial)...	2
Tabla 7-3 Demanda de agua total en el proyecto .....	3
Tabla 7-4 Identificación de sitios de captación .....	3
Tabla 7-5. Caudal disponible corrientes consideradas para captación .....	4
Tabla 7-6. Caudal a captar en cada corriente.....	4
Tabla 7-7. Vías de acceso a las Captaciones .....	6
Tabla 7-8. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Peñalta .....	11
Tabla 7-9. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Cañafisto.....	12
Tabla 7-10 Estimación de caudales máximos por método de transposición .....	14
Tabla 7-11. Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Peñalta.....	16
Tabla 7-12. Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Cañafisto .....	17
Tabla 7-13 Estimación de caudales mínimos por método de transposición.....	20
Tabla 7-14. Usuarios registrados por CORANTIOQUIA .....	21
Tabla 7-15 Caudales característicos en la cuenca del río Aurrá– Estación Peñalta .....	24
Tabla 7-16 Caudales característicos en la cuenca del río Cauca- Estación Cañafisto.....	26
Tabla 7-17. Caudales medios estimados en cuencas de sitio de captación (m <sup>3</sup> /s).....	27
Tabla 7-18 Sitios propuestos para vertimiento .....	29
Tabla 7-19 Volumen total de agua a verter .....	34
Tabla 7-20 Puntos y caudales de vertimiento solicitados.....	35
Tabla 7-21. Resultados de calidad de agua cuerpos de agua objeto de vertimiento.....	41
Tabla 7-22 Caracterización fisicoquímica de las aguas industriales y domesticas .....	42
Tabla 7-23 Balance de masas río Aurrá.....	44
Tabla 7-24 Balance de masas quebrada Seca .....	44
Tabla 7-25 Factor de dilución en el río Aurrá .....	45
Tabla 7-26 Factor de dilución en la quebrada Seca.....	46
Tabla 7-27 Resultados hidráulicos de la prueba de trazadores en el río Aurrá .....	47
Tabla 7-28 Resultados hidráulicos de la prueba de trazadores en la quebrada Seca.....	47
Tabla 7-29. Ecuaciones de dispersión longitudinal teórico.....	48
Tabla 7-30. Coeficiente de dispersión longitudinal del trazador y teórico del río Aurrá ..	48
Tabla 7-31. Coeficiente de dispersión longitudinal del trazador y teórico de la quebrada Seca.....	48
Tabla 7-32. Coeficientes de dispersión longitudinal teórico del río Aurrá en los escenarios	

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

de caudal mínimo y máximo .....	49
Tabla 7-33. Coeficientes de dispersión longitudinal teórico de la quebrada Seca en los escenarios de caudal mínimo y máximo.....	49
Tabla 7-34. Coeficiente de dispersión lateral teórico y calculado con el trazador .....	49
Tabla 7-35. Coeficiente de dispersión lateral teórico en los diferentes escenarios .....	50
Tabla 7-36 Ecuaciones de longitud de zona de mezcla teórica .....	50
Tabla 7-37 Longitud de zona de mezcla teórica para el río Aurrá comparada con la del análisis de trazadores .....	51
Tabla 7-38 Longitud de zona de mezcla teórica para la quebrada Seca comparada con la del análisis de trazadores .....	51
Tabla 7-39 Longitud de zona de mezcla teórica para el río Aurrá en los escenarios de caudal mínimo y máximo .....	51
Tabla 7-40 Longitud de zona de mezcla teórica para la quebrada Seca en los escenarios de caudal mínimo y máximo .....	52
Tabla 7-41 Constante de reaireación en los escenarios de caudal medido, mínimo y máximo .....	53
Tabla 7-42 Constante de desoxigenación en los escenarios de caudal medido, mínimo y máximo .....	53
Tabla 7-43 Variables a introducir en el modelo de calidad para cada cuerpo de agua .....	55
Tabla 7-44. Escenario Caudal medido con trazadores río Aurrá.....	56
Tabla 7-45. Escenario caudal mínimo río Aurrá .....	57
Tabla 7-46. Escenario caudal máximo río Aurrá.....	57
Tabla 7-47 Escenario Velocidad con caudal medido con trazadores río Aurrá .....	58
Tabla 7-48. Escenario velocidad con caudal mínimo río Aurrá.....	59
Tabla 7-49. Escenario Velocidad con caudal Máximo.....	59
Tabla 7-50. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores río Aurrá .....	60
Tabla 7-51. Escenario profundidad con caudal mínimo río Aurrá.....	61
Tabla 7-52. Escenario profundidad con caudal máximo río Aurrá .....	61
Tabla 7-53 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	63
Tabla 7-54 Escenario temperatura con caudal mínimo río Aurrá .....	63
Tabla 7-55. Escenario Temperatura con caudal máximo río Aurrá .....	64
Tabla 7-56. Escenario DQO con caudal medido con trazadores río Aurrá .....	65
Tabla 7-57 Escenario DQO con caudal mínimo río Aurrá.....	66
Tabla 7-58 Escenario DQO con caudal máximo río Aurrá .....	66
Tabla 7-59 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	68
Tabla 7-60 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal mínimo río Aurrá.....	68
Tabla 7-61 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal máximo río Aurrá .....	69
Tabla 7-62 Escenario pH con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	70
Tabla 7-63 Escenario pH con caudal mínimo río Aurrá.....	71
Tabla 7-64 Escenario pH con caudal máximo río Aurrá .....	72
Tabla 7-65 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	73
Tabla 7-66 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal mínimo río Aurrá.....	74



	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

Tabla 7-67 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo río Aurrá.....	75
Tabla 7-68 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá..	76
Tabla 7-69 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo río Aurrá.....	76
Tabla 7-70 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo río Aurrá.....	77
Tabla 7-71 Escenario Coliformes Fecales con caudal medido con trazadores río Aurrá..	78
Tabla 7-72 Escenario Coliformes Fecales con caudal mínimo río Aurrá.....	79
Tabla 7-73 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo río Aurrá.....	80
Tabla 7-74. Escenario Caudal medido con trazadores quebrada Seca .....	81
Tabla 7-75. Escenario caudal mínimo quebrada Seca.....	82
Tabla 7-76. Escenario caudal máximo quebrada Seca .....	83
Tabla 7-77 Escenario Velocidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	83
Tabla 7-78. Escenario velocidad con caudal mínimo quebrada Seca.....	84
Tabla 7-79. Escenario Velocidad con caudal máxima quebrada Seca .....	85
Tabla 7-80. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca....	85
Tabla 7-81. Escenario profundidad caudal mínimo quebrada Seca .....	86
Tabla 7-82. Escenario profundidad caudal máximo quebrada Seca.....	87
Tabla 7-83 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores quebrada Seca .....	88
Tabla 7-84 Escenario temperatura con caudal mínimo quebrada Seca .....	89
Tabla 7-85. Escenario Temperatura con caudal máximo quebrada Seca .....	89
Tabla 7-86. Escenario DQO con caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	90
Tabla 7-87 Escenario DQO con caudal mínimo quebrada Seca .....	91
Tabla 7-88 Escenario DQO con caudal máximo quebrada Seca.....	92
Tabla 7-89 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	93
Tabla 7-90 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal mínimo quebrada Seca .....	94
Tabla 7-91 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal máximo quebrada Seca.....	94
Tabla 7-92 Escenario pH con caudal medido con trazadores quebrada Seca .....	96
Tabla 7-93 Escenario pH con caudal mínimo quebrada Seca .....	96
Tabla 7-94 Escenario pH con caudal máximo quebrada Seca.....	97
Tabla 7-95 Escenario Solidos Suspendidos Totales medido con trazadores quebrada Seca .....	98
Tabla 7-96 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal mínimo quebrada Seca ..	99
Tabla 7-97 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo quebrada Seca	100
Tabla 7-98 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	102
Tabla 7-99 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo quebrada Seca .....	102
Tabla 7-100 Escenario Coliformes Totales máximo río Aurrá .....	103
Tabla 7-101 Escenario Coliformes Fecales medido con trazadores quebrada Seca.....	104
Tabla 7-102 Escenario Coliformes Fecales mínimo quebrada Seca .....	105
Tabla 7-103 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo quebrada Seca .....	105
Tabla 7-104. Ubicación de puentes Unidad Funcional 2.1.....	106
Tabla 7-105 Ubicación obras de drenajes Unidad Funcional 2.1 .....	107
Tabla 7-106 Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial .....	110
Tabla 7-107 Ecosistemas terrestres presentes en el área .....	111



	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

Tabla 7-108 Ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal .....	112
Tabla 7-109 Distribución del área de influencia en los tipo de ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal.....	113
Tabla 7-110 Ecosistemas naturales presentes en el área de influencia.....	114
Tabla 7-111 Parámetros estadísticos .....	115
Tabla 7-112 Unidades de parcelas de muestreo .....	116
Tabla 7-113 Volumen por parcela para Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes .....	117
Tabla 7-114 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para el Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes.....	118
Tabla 7-115 Volumen por parcela para Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes.....	118
Tabla 7-116 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes.....	119
Tabla 7-117 Volumen por parcela para Bosques de Galería del Orobioma bajo de los Andes.....	119
Tabla 7-118 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Bosque de Galería del Orobioma bajo de los Andes.....	120
Tabla 7-119 Volumen por parcela para Bosque Fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes.....	120
Tabla 7-120 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Bosque Fragmentado del Orobioma bajo de los Andes.....	121
Tabla 7-121 Volumen por parcela para Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes .....	121
Tabla 7-122 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes .....	122
Tabla 7-123 Volumen por parcela para Vegetación Secundaria Alta del Orobioma bajo de los Andes .....	122
Tabla 7-124 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Vegetación Secundaria Alta del Orobioma bajo de los Andes.....	123
Tabla 7-125 Volumen por parcela para Vegetación Secundaria Baja del Orobioma bajo de los Andes .....	123
Tabla 7-126 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Vegetación Secundaria Baja del Orobioma bajo de los Andes .....	124
Tabla 7-127 Resultados del censo forestal en chaflanes .....	124
Tabla 7-128 Identificación del sitio del campamento .....	125
Tabla 7-129 Resultados del censo forestal para campamento.....	125
Tabla 7-130 Identificación de sitios de ZODME .....	126
Tabla 7-131 Resultados del censo forestal para ZODME .....	126
Tabla 7-132 Identificación del sitio para la planta N° 2 .....	127
Tabla 7-133 Resultados del censo forestal para la planta N° 2 .....	127
Tabla 7-134 Identificación del sitio para áreas de servicio .....	127
Tabla 7-135 Resultados del censo forestal para áreas de servicio.....	128



	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

Tabla 7-136	Identificación del sitio para la fuente de material .....	128
Tabla 7-137	Resultados del censo forestal para la Fuente de material.....	128
Tabla 7-138	Identificación del acceso a la fuente de material .....	129
Tabla 7-139	Resultados del censo forestal para el acceso a la fuente de material .....	129
Tabla 7-140	Volúmenes totales por muestreo en ecosistemas naturales.....	130
Tabla 7-141	Censo forestal en ecosistemas naturales presentes en los tipos de actividad .....	131
Tabla 7-142	Volúmenes totales por ecosistema natural (censo y muestreo).....	132
Tabla 7-143	Especies en amenaza, en peligro y/o vulnerables dentro registradas en el censo forestal para el área de intervención del proyecto .....	133
Tabla 7-144	Censo forestal en ecosistemas transformados presentes en los tipos de actividad .....	137
Tabla 7-145	Resultados del censo forestal (Ecosistemas transformados, ZODMES, Campamentos, Áreas de Servicio, Planta, Fuente de material y su acceso).....	138
Tabla 7-146	Potenciales fuentes de contaminación atmosférica asociadas al proyecto..	146
Tabla 7-147	Actividades objeto de permiso de emisiones .....	147
Tabla 7-148.	Características y Criterios .....	147
Tabla 7-149.	Características generales planta de asfalto.....	150
Tabla 7-150.	Datos meteorológicos.....	153
Tabla 7-151.	Valores promedio de altura de mezcla y tipo de estabilidad atmosférica para el área a partir de los datos modelados (datos anuales).....	155
Tabla 7-152.	Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo PST con los resultados de la modelación .....	169
Tabla 7-153	Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo PM10 con los resultados de la modelación .....	172
Tabla 7-154.	Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo NO <sub>2</sub> con los resultados de la modelación .....	175
Tabla 7-155	Comparación de la concentraciones de la campaña de monitoreo de SO <sub>2</sub> con los resultados de la modelación .....	178
Tabla 7-156	Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo CO con los resultados de la modelación.....	181
Tabla 7-157	Fuentes de materiales licenciadas a utilizar .....	183
Tabla 7-158	Coordenadas del área de la fuente de materiales HFDA-05 (Agregados San Nicolás).....	184
Tabla 7-159	Unidades litológicas .....	192
Tabla 7-160	Unidades Geomorfológicas.....	202
Tabla 7-161	Estimación de caudales característicos quebrada La Seca.....	210
Tabla 7-162	Resultados del modelo hidráulico para creciente anual - quebrada la Seca .....	221
Tabla 7-163	Resultados del modelo hidráulico para caudal medio - quebrada la Seca ..	221
Tabla 7-164	Cálculo del transporte sólido total, Método de Engelund & Hansen .....	229
Tabla 7-165	Cálculo del transporte sólido total, Método de Einstein-Brown .....	230
Tabla 7-166	Resultado de laboratorio, préstamo El Gaitero .....	235





	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

Tabla 7-167 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Triturados para concreto .....	236
Tabla 7-168 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Subbase y base granular .....	237
Tabla 7-169 . Resultados de laboratorio. El Gaitero. Subbase y base granular .....	238
Tabla 7-170 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Suelo cemento.....	239
Tabla 7-171 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Suelo cemento.....	239
Tabla 7-172. Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Suelo cemento.....	240
Tabla 7-173 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Mezclas asfálticas en frío .....	241
Tabla 7-174 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Mezclas asfálticas en caliente.....	242
Tabla 7-175 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. ....	243
Tabla 7-176 . Volumen a extraer .....	245



	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1 PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1

### ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG
Figura 7-1. Localización de puntos de captación de agua.....	5
Figura 7-2. Esquema tipo de captación de agua con carro tanque .....	8
Figura 7-3. Sistema portátil de floculación .....	9
Figura 7-4. Caudales máximos mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá).....	10
Figura 7-5. Análisis Caudales Máximos Estación Peñalta .....	11
Figura 7-6. Caudales máximos mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca).....	12
Figura 7-7. Análisis Caudales Máximos Estación Cañafisto .....	13
Figura 7-8. Caudales mínimos mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá) .....	15
Figura 7-9. Análisis Caudales Mínimos Estación Peñalta.....	16
Figura 7-10. Caudales mínimos mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca) .....	17
Figura 7-11. Análisis Caudales Mínimos Estación Cañafisto .....	18
Figura 7-12. Curva de duración de Caudales de corrientes.....	22
Figura 7-13. Caudales medios mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá).....	23
Figura 7-14. Curva de Duración de Caudales (CDC) Río Aurrá – Estación Peñalta.....	24
Figura 7-15. Caudales medios mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca).....	25
Figura 7-16. Curva de Duración de Caudales (CDC) del Río Cauca - Estación Cañafisto .....	25
Figura 7-17. Localización de los puntos de vertimiento propuestos .....	29
Figura 7-18. Planta - Desarenador para Tratamiento Primario .....	31
Figura 7-19. Perfil - Desarenador para Tratamiento Primario.....	32
Figura 7-20. Unidades Sanitarias Portátiles .....	33
Figura 7-21 Esquema básico de un tanque séptico.....	33
Figura 7-22. Superficie del río Aurrá en el programa HEC-RAS .....	39
Figura 7-23 Diagrama esquemático del proceso de calibración del modelo QUAL2KW .....	54
Figura 7-24 Escenario Caudal medido con trazadores río Aurrá .....	56
Figura 7-25. Escenario Caudal Mínimo río Aurrá.....	56
Figura 7-26. Escenario caudal máximo río Aurrá .....	57
Figura 7-27. Escenario velocidad con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	58
Figura 7-28. Escenario velocidad con caudal mínimo río Aurrá.....	58
Figura 7-29. Escenario velocidad con caudal máximo río Aurrá.....	59
Figura 7-30. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	60
Figura 7-31. Escenario profundidad con caudal mínimo río Aurrá.....	60
Figura 7-32. Escenario profundidad con caudal máximo río Aurrá .....	61
Figura 7-33 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores río Aurrá .....	62
Figura 7-34 Escenario temperatura con caudal mínimo río Aurrá .....	63



	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

Figura 7-35 Escenario Temperatura con caudal máximo río Aurrá .....	64
Figura 7-36. Escenario DQO con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	65
Figura 7-37 Escenario DQO con caudal mínimo río Aurrá .....	65
Figura 7-38 Escenario DQO con caudal máximo río Aurrá.....	66
Figura 7-39 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	67
Figura 7-40 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal mínimo río Aurrá .....	68
Figura 7-41 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal máximo río Aurrá.....	69
Figura 7-42 Escenario pH con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	70
Figura 7-43 Escenario pH con caudal mínimo río Aurrá .....	71
Figura 7-44 Escenario pH con caudal máximo río Aurrá.....	71
Figura 7-45 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	73
Figura 7-46 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal mínimo río Aurrá .....	74
Figura 7-47 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo río Aurrá.....	74
Figura 7-48 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	75
Figura 7-49 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo río Aurrá .....	76
Figura 7-50 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo río Aurrá.....	77
Figura 7-51 Escenario Coliformes Fecales con caudal medido con trazadores río Aurrá .....	78
Figura 7-52 Escenario Coliformes Fecales con caudal mínimo río Aurrá .....	79
Figura 7-53 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo río Aurrá.....	79
Figura 7-54 Escenario Caudal medido con trazadores quebrada Seca .....	81
Figura 7-55. Escenario Caudal Mínimo quebrada Seca .....	82
Figura 7-56. Escenario caudal máximo quebrada Seca.....	82
Figura 7-57. Escenario velocidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca .....	83
Figura 7-58. Escenario velocidad con caudal mínimo quebrada Seca .....	84
Figura 7-59. Escenario velocidad con caudal máximo quebrada Seca.....	84
Figura 7-60. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca .....	85
Figura 7-61. Escenario profundidad caudal mínimo quebrada Seca .....	86
Figura 7-62. Escenario profundidad caudal máximo quebrada Seca .....	86
Figura 7-63 Escenario temperatura caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	88
Figura 7-64 Escenario temperatura con caudal mínimo quebrada Seca.....	88
Figura 7-65 Escenario Temperatura con caudal máximo quebrada Seca.....	89
Figura 7-66. Escenario DQO con caudal medido con trazadores quebrada Seca .....	90
Figura 7-67 Escenario DQO con caudal mínimo quebrada Seca .....	91
Figura 7-68 Escenario DQO con caudal máximo quebrada Seca .....	91
Figura 7-69 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal medido con trazadores quebrada Seca .....	93
Figura 7-70 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal mínimo quebrada Seca.....	93
Figura 7-71 Escenario DBO <sub>5</sub> con caudal máximo quebrada Seca .....	94
Figura 7-72 Escenario pH con caudal medido con trazadores quebrada Seca .....	95
Figura 7-73 Escenario pH con caudal mínimo quebrada Seca.....	96
Figura 7-74 Escenario pH con caudal máximo quebrada Seca .....	97
Figura 7-75 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca .....	98





	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

Figura 7-76 Escenario Solidos Suspendedos Totales caudal mínimo quebrada Seca.....	99
Figura 7-77 Escenario Solidos Suspendedos Totales con caudal máximo quebrada Seca	99
Figura 7-78 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	101
Figura 7-79 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo quebrada Seca .....	102
Figura 7-80 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo quebrada Seca .....	103
Figura 7-81 Escenario Coliformes Fecales medido con trazadores quebrada Seca .....	104
Figura 7-82 Escenario Coliformes Fecales mínimo quebrada Seca .....	104
Figura 7-83 Escenario Coliformes Fecales caudal máximo quebrada Seca .....	105
Figura 7-84 Localización de ocupaciones de cauce .....	108
Figura 7-85. Diseño Tipo de Alcantarillas .....	109
Figura 7-86. Diseño Tipo Box Coulvert.....	109
Figura 7-87. Diseño Tipo de Cunetas Triangular .....	110
Figura 7.88 Área de Intervención del proyecto UF 2.1 .....	113
Figura 7.89 Forma y tamaño de las parcelas de muestreo.....	115
Figura 7-90. Localización General de las Instalaciones .....	148
Figura 7-91. Distribución de frecuencias datos de viento .....	153
Figura 7-92. Altura de capa de mezcla a diferentes horas del día (datos anuales).....	154
Figura 7-93. Isopletras partículas suspendidas totales –PST para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2) .....	156
Figura 7-94. Isopletras partículas suspendidas totales –PST para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2) .....	157
Figura 7-95. Isopletras material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2) .....	158
Figura 7-96. Isopletras material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2).....	159
Figura 7-97. Isopletras dióxido de nitrógeno NO <sub>2</sub> ponderación 24 horas (Planta 2).....	160
Figura 7-98. Isopletras dióxido de nitrógeno NO <sub>2</sub> ponderación promedio anual (Planta 2) .....	161
Figura 7-99. Isopletras dióxido de azufre –SO <sub>2</sub> para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2) .....	162
Figura 7-100. Isopletras dióxido de azufre –SO <sub>2</sub> para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2).....	163
Figura 7-101. Isopletras monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación de 8 horas (Planta 2).....	164
Figura 7-102. Isopletras monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación 1 hora (Planta 2) .....	165
Figura 7-103. Isopletras partículas suspendidas totales – PST para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de materiales) .....	167
Figura 7-104 Isopletras partículas suspendidas totales – PST para un tiempo de ponderación promedio anual .....	168
Figura 7-105 Isopletras material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de material).....	170





	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

Figura 7-106 Isopletras material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación promedio anual (fuente de material).....	171
Figura 7-107 Isopletras dióxido de nitrógeno NO <sub>2</sub> ponderación 24 horas (fuente de material).....	173
Figura 7-108 Isopletras dióxido de nitrógeno NO <sub>2</sub> ponderación promedio anual (Fuente de materiales) .....	174
Figura 7-109 Isopletras dióxido de azufre – SO <sub>2</sub> para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de materiales).....	176
Figura 7-110 Isopletras dióxidos de azufre –SO <sub>2</sub> para un tiempo de ponderación promedio anual (Fuente de materiales).....	177
Figura 7-111 Isopletras monóxido de carbono – CO para un tiempo de ponderación 8 horas (Fuente de material) .....	179
Figura 7-112 Isopletras monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación 1 hora (Fuente de material).....	180
Figura 7-113. Localización general de la fuente de materiales HFDA-05 (Agregados San Nicolás).....	185
Figura 7-114 Ubicación fuente de materiales, Título minero HFDA-05 .....	186
Figura 7-115 Sistema de fallas que afectan área de estudio .....	188
Figura 7-116 Pliegues en el área de estudio .....	190
Figura 7-117 Geología Fuente de materiales y acceso .....	191
Figura 7-118 Columna estratigráfica rocas sedimentarias Formación Amagá (Pgam)...	197
Figura 7-119 Mapa geomorfológico área de influencia Título minero HFDA-05 .....	201
Figura 7-120 Panorámica de Montañas denudativas, límite occidental de área de influencia título minero HFDA-05 .....	203
Figura 7-121 Zonificación geotécnica.....	209
Figura 7-122 Amenaza Geotécnica Título Minero HFDA-05.....	210
Figura 7-123 Ubicación de batimetrías sobre el área a explotar .....	214
Figura 7-124 Resultado modelación Sección 1900 – Caudales máximos.....	215
Figura 7-125 Resultado modelación Sección 1300 – Caudales máximos.....	215
Figura 7-126 Resultado modelación Sección 300 – Caudales máximos.....	216
Figura 7-127 Resultado modelación Sección 1900 – Caudales medio y mínimo multianual .....	216
Figura 7-128 Resultado modelación Sección 1300 – Caudales medio y mínimo multianual .....	217
Figura 7-129 Resultado modelación Sección 300 – Caudales medio y mínimo multianual .....	217
Figura 7-130. Sección topográfica transversal en el sitio de aprovechamiento Q. Seca..	220
Figura 7-131. Sección topográfica transversal en el sitio de aprovechamiento Q. La Seca .....	220
Figura 7-132. Diagrama de Lane.....	225
Figura 7-133. Relación de caudal líquido (Ql) y el caudal sólido (Qs) en la quebrada La Seca – Método de Engelund-Hansen.....	231
Figura 7-134. Relación de caudal líquido (Ql) y el caudal sólido (Qs) en la quebrada La	

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

Seca – Método de Einstein-Brown .....	231
Figura 7-135. Localización instalaciones en fuente de materiales .....	247
Figura 7-136. Perfil trituradora primaria y secundaria .....	254
Figura 7-137. Planta primaria, secundaria.....	255

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p> <p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p> <p align="center"><b>VERSIÓN 0.2</b></p>	
---	---	---

## **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1**



### **PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1**

### **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

	PÁG.
Fotografía 7-1 Avance de las plumas de trazador en el río Aurrá.....	37
Fotografía 7-2. Fuentes fijas (Vía San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia).....	141
Fotografía 7-3. Punto de control de vehículos, vereda La Puerta del municipio de Sopetrán.....	141
Fotografía 7-4. Centros urbanos .....	142
Fotografía 7-5. Fuentes Móviles (Vía San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia).....	143
Fotografía 7-6. Vía secundaria .....	144
Fotografía 7-7 Zona de actividades industriales y comerciales.....	145
Fotografía 7-8. Acceso a trituradora Santa Fe, vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán.....	145
Fotografía 7-9 Vía Medellín – Santa Fe de Antioquia .....	185
Fotografía 7-10 Afloramiento de areniscas, formación Amagá (Pgai) .....	194
Fotografía 7-11 Capas gruesas de areniscas de grano grueso, con intercalaciones de arcillolitas grises muy fracturadas, formación Amagá.....	195
Fotografía 7-12 Afloramiento de areniscas interestratificadas con lodolitas grises, Formación Amagá, Pgai .....	195
Fotografía 7-13 Afloramiento de conglomerados polimícticos con intercalaciones de areniscas, Formación Amagá (Pgai).....	196
Fotografía 7-14 Intercalación de areniscas y lodolitas, Formación Amagá (Ngam).....	198
Fotografía 7-15 Cauce activo de quebrada Seca, panorámica aguas arriba, título minero HFDA-05.....	198
Fotografía 7-16 Clastos que conforman lecho de quebrada Seca.....	199
Fotografía 7-17 Depósitos aluviales (Qal) asociados a quebrada Seca.....	200
Fotografía 7-18 Facetas triangulares en montañas denudativas de rocas intrusivas (DI).....	203
Fotografía 7-19 Sobrepastoreo focalizado en laderas denudativas de Diorita de Pueblito (DI) .....	204
Fotografía 7-20 Panorámica de laderas estructurales en lomas y colinas de piedemonte (DSle), acceso a título minero HFDA-05 .....	205
Fotografía 7-21 Sobrepastoreo en grado severo, en lomas y colinas (DSle).....	205
Fotografía 7-22 Valles estrechos aluviales y coluvio aluviales, en acceso a título minero HFDA-05.....	206
Fotografía 7-23 Valles estrechos aluviales y coluvio aluviales, en acceso a título minero	

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

HFDA-05 .....	206
Fotografía 7-24 Sobrevega en margen izquierda (Fsv), título minero HFDA-05 .....	207
Fotografía 7-25 Quebrada Seca, Vega inundable, islas (Fvi) en título minero HFD-05 .....	207
Fotografía 7-26 Quebrada Seca, Vega inundable (Fvi), socavación de orillas en título minero HFD-05 .....	208
Fotografía 7-27 Equipos y maquinaria .....	248
Fotografía 7-28 Retroexcavadora .....	249
Fotografía 7-29 Cargador Tipo .....	250
Fotografía 7-30 Volquetas para transporte interno .....	250

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

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

El presente documento hace parte del Estudio de Impacto Ambiental para la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe De Antioquia; unidad funcional 2.1 del proyecto Autopista al Mar 1 y contiene la caracterización detallada de los recursos naturales que demandará el proyecto durante su etapa constructiva, de tal forma que sirva de soporte a la autoridad ambiental para el otorgamiento de los permisos requeridos.

Dichos permisos corresponden a la concesión de agua para uso industrial y doméstico, ocupaciones de cauce en sitios donde se requiere construir obras de drenaje, viaductos o puentes, vertimientos industriales y domésticos, emisiones atmosféricas, aprovechamiento forestal y explotación de materiales de arrastre en el título minero identificado como HFDA-05, el cual se localiza sobre la quebrada Seca.

Por otro lado, para atender lo establecido en la Ley 373 de 1997, “Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico”, en el numeral 11.2 OTROS PLANES Y PROGRAMAS del presente estudio, se presenta el programa de uso eficiente y ahorro del agua que se implementará durante el desarrollo de las actividades constructivas. En cuanto a los FUN -Formulario Único Nacional de Permiso-, en el Anexo O. Demanda, se presenta la totalidad de formularios requeridos para la solicitud de los permisos que se describen.

A continuación se presenta una caracterización detallada de los recursos naturales que demandará el proyecto y los cuales serán utilizados, aprovechados o afectados durante todas las fases de construcción del mismo, con el fin de solicitar los respectivos permisos.

### **7.1 AGUAS SUPERFICIALES**

Durante la etapa de construcción del tramo correspondiente a la Unidad Funcional 2.1 del proyecto Autopista al Mar I, se requerirá aguas para diferentes usos, de tal forma se prevé la captación de aguas para suplir las necesidades de las instalaciones temporales como lo es la planta de trituración, asfalto y concreto, también para humectación y compactación en los diferentes frentes de obra, además para actividades como hormigones, curado y compactación de terraplenes, limpieza e higiene.

#### **7.1.1 Demanda de Agua a Utilizar**

A continuación se presentan los volúmenes requeridos para consumo industrial y doméstico durante las actividades constructivas del proyecto.

### 7.1.1.1 Consumo Industrial

Con base en la información relacionada previamente en del *Capítulo 3. Descripción del Proyecto* del presente estudio, a continuación se presenta el estimado de requerimiento de agua del proyecto, la cual se empleará en las actividades de elaboración de hormigones y su curado, compactación de terraplenes, operación de la planta de triturado y demás actividades de limpieza e higiene (Ver Tabla 7-1), para el caso particular de la planta de triturado de materiales a localizar en el área de explotación (HFDA-05), el requerimiento de agua se presenta en la Tabla 7-3.

**Tabla 7-1 Volumen de agua requerido para uso industrial**

UNIDAD FUNCIONAL	CAUDAL REQUERIDO (l/s)	USO					
		Hormigones		Compactación terraplenes y capas granulares (m³)		Otras tareas de limpieza e higiene	
		m³	Litros	m³	Litros	m³	Litros
UF 2.1	7,15	20.945	20.945.000	209.452	209.452.000	47.603	47.603.000

La determinación del caudal requerido tiene en cuenta una duración de 5 años de la etapa de construcción y una captación de 10 horas/ día.

Fuente: DEVIMAR. 2016.

**Tabla 7-2 Demanda de agua para la planta de trituración de materiales (Uso industrial)**

UNIDAD FUNCIONAL	USO	
	Planta de trituración	
	m³/s	L/s
UF 2.1	0,02	20

Fuente: DEVIMAR. 2016.

### 7.1.1.2 Consumo Domestico

Para la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia (Unidad Funcional 2.1) los requerimientos de agua para uso doméstico se asocia con el consumo del personal que operará la planta de concreto, asfalto y triturado a localizar en la vereda La Puerta del municipio de Sopetrán, por lo tanto, teniendo en cuenta una población estimada de 15 personas y considerando los módulos de consumo determinados por el RAS (2000) para una población con un nivel de complejidad medio la *Dotación Neta Máxima* es de 175 l/hab/d, por lo anterior se requieren 2.625 l/día, equivalentes a **0,03038 l/s**.

### 7.1.1.3 Demanda de Agua Total

Acorde con lo indicado anteriormente, la demanda total de agua para las actividades de construcción se presentan en la Tabla 7-3.

**Tabla 7-3 Demanda de agua total en el proyecto**

Requerimiento de Agua	Caudal a Utilizar (l/s)
Uso Doméstico	0,030
Uso Industrial	27,15
<b>Demanda Total</b>	<b>27,18</b>

Fuente: Consultoría Colombiana 2.016

### 7.1.2 Identificación de las fuentes de captación y caudal a solicitar

Para la identificación de las fuentes objeto de captación, se tuvo en cuenta la información recopilada durante el trabajo de campo entre los días del 4 a 10 de junio donde se realizó la caracterización de cada uno de los puntos entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia, además de la información de hidrología en la zona. Acorde con lo anterior, se plantea la captación en los puntos y corrientes que se presentan en la Tabla 7-4; se debe tener en cuenta que la coordenada indicada corresponde a un punto de referencia, desde el cual se medirá una franja de 50 metros a su alrededor, en la cual se efectuará finalmente la captación del recurso, lo anterior teniendo en cuenta posibles cambios en el comportamiento del cuerpo de agua y condiciones para la instalación de los equipos requeridos para la captación.



**Tabla 7-4 Identificación de sitios de captación**

ID	Corriente	Vereda/Municipio	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste*		Uso	
			Este	Norte	I	D
CAP 1	Río Aurrá	Los Almendros - Sopetrán	1141310,18	1212041,52	X	
CAP 2	Río Aurrá	Los Almendros - Sopetrán	1141805,67	1211233,01	X	
CAP 3	Río Aurrá	El Rodeo - Sopetrán	1142618,93	1209696,29	X	X
CAP 5	Río Cauca	Los Almendros– Sopetrán	1139135,09	1212010,15	X	
CAP 6	Quebrada Seca	La Puerta - Sopetrán	1142534,12	1205982,59	X	

*\*Coordenadas de referencia desde las cuales se definirá el punto definitivo de captación en una franja de 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo, de acuerdo a las condiciones de la zona al momento de la construcción.*

Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Para determinar el caudal de agua a solicitar en cada punto de captación, se tomó como referencia los caudales medios mensuales estimados en la corriente hasta el punto propuesto para captación. Dicho caudal se calculó a partir del área de la cuenca hasta el sitio de captación y con los datos de rendimientos hídricos calculados en la estación Peñalta sobre el río Aurrá y Cañafisto sobre el río Cauca. A partir del caudal medio mensual más bajo para cada punto, se descontó el caudal ambiental, el cual fue calculado según la metodología sugerida por el IDEAM (MAVDT, 2004), equivalente a un porcentaje de descuento de 25% sobre el caudal medio mensual más bajo de la corriente, acorde con lo anterior se tienen los caudales que se presentan en la Tabla 7-5.

**Tabla 7-5. Caudal disponible corrientes consideradas para captación**

ID	Corriente	Mínimo caudal medio mensual (m <sup>3</sup> /s)	Caudal ambiental (m <sup>3</sup> /s)	Caudal disponible	
				m <sup>3</sup> /s	l/s
CAP 1	Río Aurrá	2,87	0,72	2,15	2152,5
CAP 2	Río Aurrá	2,85	0,71	2,14	2137,5
CAP 3	Río Aurrá	2,77	0,69	2,08	2077,5
CAP 5	Río Cauca	625,64	156,41	469,23	469230
CAP 6	Quebrada Seca	2,75	0,69	2,07	2066,15

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Teniendo en cuenta además del caudal disponible, la demanda total de agua del proyecto y la localización de los puntos propuestos para obtener el recurso, se consideran los siguientes caudales de captación en cada caso. (Tabla 7-6).

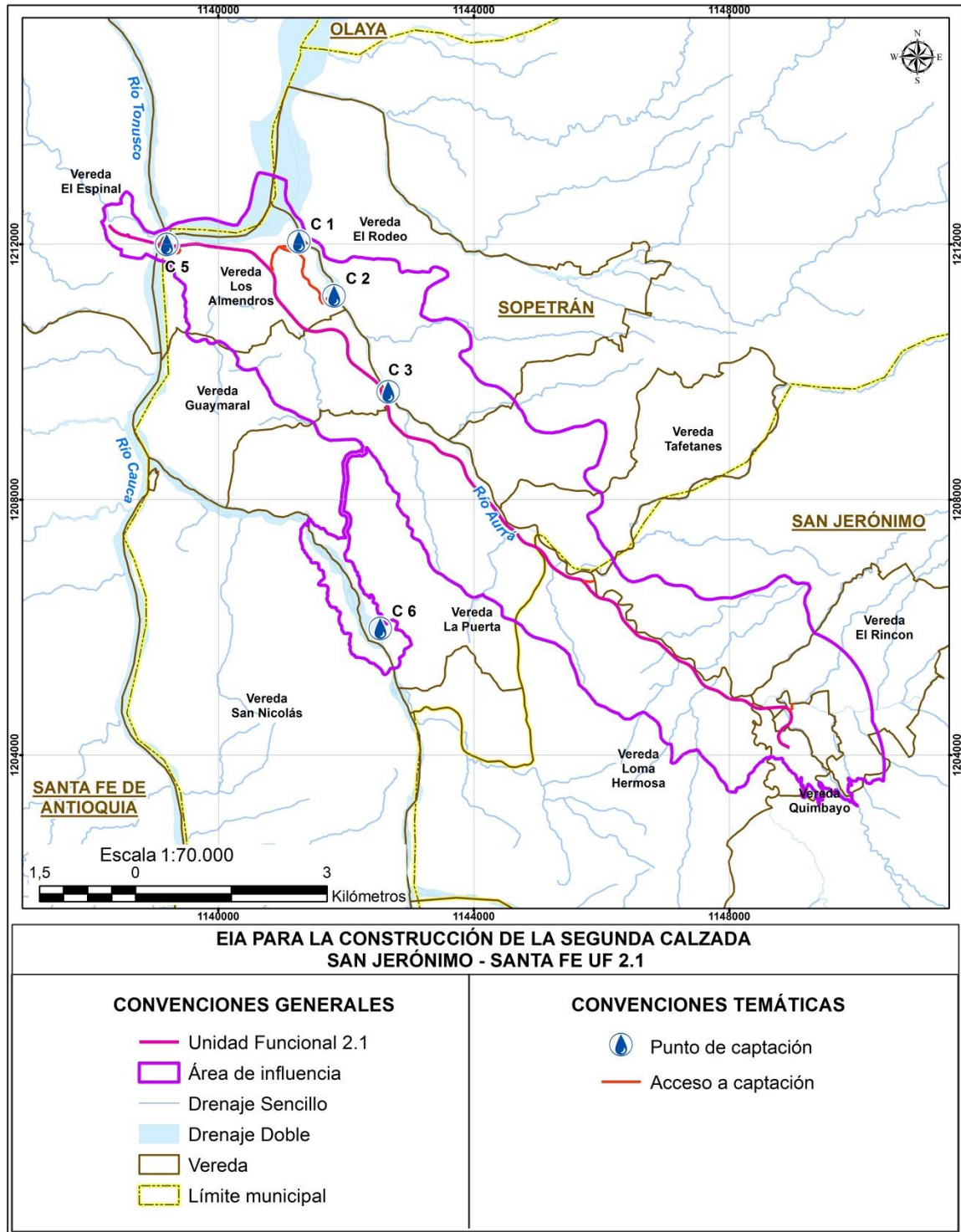
**Tabla 7-6. Caudal a captar en cada corriente**

ID	Corriente prevista para captación	Caudal disponible (l/s)	Caudal a captar (l/s)	Uso	
				Industrial (l/s)	Doméstico (l/s)
CAP 1	Rio Aurrá	2152,5	1,5	1,5	
CAP 2	Rio Aurrá	2137,5	1,5	1,5	
CAP 3	Rio Aurrá	2077,5	1,48	1,45	0,03
CAP 5	Rio Cauca	469230	2,7	2,7	
CAP 6	Quebrada Seca	2066,15	20	20	
<b>Total Caudal de captación</b>			<b>27,18</b>	<b>27,15</b>	<b>0,03</b>



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

A continuación en la Figura 7-1 se muestra la localización geográfica de cada uno de los puntos de captación para la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia (UF 2.1).

**Figura 7-1. Localización de puntos de captación de agua**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

### 7.1.2.1 Accesos a Captaciones

El acceso a los cinco (5) puntos de captación que se contemplan para el proyecto vial, se efectúa a través de accesos existentes (captaciones 1, 2, 3 y 5) o mediante accesos que se adecuaran para las actividades constructivas del proyecto (captación 6) (Ver Tabla 7-7). A continuación se hace una breve descripción del estado de estos accesos, teniendo en cuenta que información más detallada puede ser consultada en el capítulo 3 del presente estudio.

El acceso a la captación número 3 referida al río Aurrá, se efectúa desviando a la altura de la vereda Guaymaral del municipio de Sopetrán, a través de una vía en recebo con cunetas en tierra, sobre la cual se recorrer aproximadamente 161 metros, presenta un puente sobre el río lo cual facilita el acceso a la franja de captación propuesta, a través de esta vía se llega a la vereda El Rodeo.

Las captaciones número 2 y 1 tienen un acceso en una calzada en recebo con cunetas en tierra las cuales están relacionadas con tránsito de volquetas y equipos pesados por ser tránsito a zonas de explotación de materiales, estas también hacen referencia al Río Aurrá y se localizan en la vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán.



La captación número 5 correspondiente al río Cauca cuenta con un acceso en recebo y cunetas de tierra, la vía está relacionada con el tránsito liviano, localizada a la altura de la vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán.

Para el acceso a la captación número 6 (Quebrada Seca) se efectúa a través de la vía que conduce a la vereda La Puerta, la cual será empleada igualmente para el acceso a la fuente de materiales del proyecto, corresponde a una vía en tierra con obras de arte en algunos sectores que será objeto de adecuación por el proyecto para permitir el tránsito bidireccional, posteriormente, se transita dentro de la franja de explotación de materiales de arrastre.

**Tabla 7-7. Vías de acceso a las Captaciones**



No.	Vía de Acceso	Captación
Captación No. 3 – Río Aurrá		



	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p> <p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p> <p align="center"><b>VERSIÓN 0.2</b></p>	
---	---	---

No.	Vía de Acceso	Captación
Captación No. 2 – Río Aurrá		
Captación No. 1– Río Aurrá		
Captación No. 5 – Río Cauca		
Captación No. 6 – Quebrada Seca		

Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

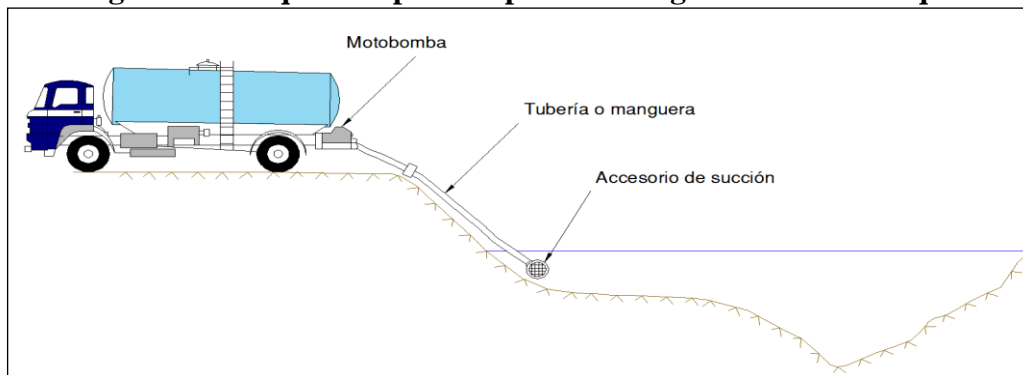
### 7.1.3 Diseño tipo de la infraestructura y sistema de captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes y distribución

A continuación se presenta los aspectos generales que serán considerados para hacer uso del recurso durante las actividades constructivas.

#### 7.1.3.1 Captación con bomba desde carrotanque

La captación de aguas se propone realizarla mediante motobomba acoplada a carro tanque, la cual se unirá a una manguera de agua o tubería proveniente de la corriente de agua; esta alternativa, evita la intervención de la corriente con la construcción de infraestructura o con el ingreso de los vehículos en las corrientes superficiales en las cuales se solicita concesión. En el caso de requerirse la captación del recurso a través de una alternativa diferente a la señalada, se asegurará el cumplimiento de las obligaciones que sean establecidas por la autoridad al momento de otorgar la autorización. (Figura 7-2).

**Figura 7-2. Esquema tipo de captación de agua con carro tanque**





Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

#### 7.1.3.2 Conducción

El transporte podrá realizarse a través de carro tanques o líneas de conducción, siempre considerando la medición del caudal captado mediante el uso de medidores de flujo o flujómetros, de tal forma que no se sobrepasen los caudales aprobados en cada corriente. Para la instalación de las líneas de conducción, se considerará su localización a un costado de las vías existentes, de tal forma que no se requiera la intervención de áreas.

#### 7.1.3.3 Tratamiento

Los sistemas de conducción o transporte llevarán los caudales captados a una unidad de tratamiento de aguas según sea la necesidad (doméstica o industrial); en las cuales se asegurarán las condiciones requeridas para su uso. De modo preliminar, no se considera

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

el tratamiento de agua para uso industrial, sin embargo, en el caso de ser necesario se utilizarán floculadores portátiles o equipos similares, que entreguen el agua con bajo contenidos de sólidos; estos equipos se localizaran de acuerdo a la actividad que demande el recurso (Figura 7-3).

**Figura 7-3. Sistema portátil de floculación**



Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

Para el caso del agua destinada al uso doméstico se prevé el uso de una planta de tratamiento compacta convencional, que cuente con unidades independientes de filtración y clarificación, de fácil operación y mantenimiento, la cual se ubicará en el área denominada Planta 2 en la que se incluye la de asfalto, concreto y triturado.

El sistema de captación–conducción–almacenamiento–tratamiento y distribución del agua contará con el adecuado mantenimiento para garantizar el suministro permanente del recurso a las zonas industriales, y demás instalaciones que lo requieran, en la cantidad y calidad requerida para las actividades industriales y domésticas (sanitarios).

#### **7.1.4 Análisis de Conflictos Actuales o Potenciales sobre la Disponibilidad y Usos**

En el área de estudio se localizarán cinco captaciones, a saber, Captación 1, 2 y 3 situadas sobre el río Aurrá, la Captación 5 sobre el río Cauca y finalmente la captación 6 en la Quebrada La Seca; las corrientes ya mencionadas se encuentran instrumentadas, por lo que los caudales característicos se obtienen a partir de los registros históricos.

##### **7.1.4.1 Caudales Máximos**

Los caudales de un río son completamente aleatorios, dependen de ciertos factores tales como precipitación, geología, vegetación, topografía, temperatura, entre otros. Sin embargo los factores que tienen una mayor influencia son las precipitaciones y las condiciones geológicas.

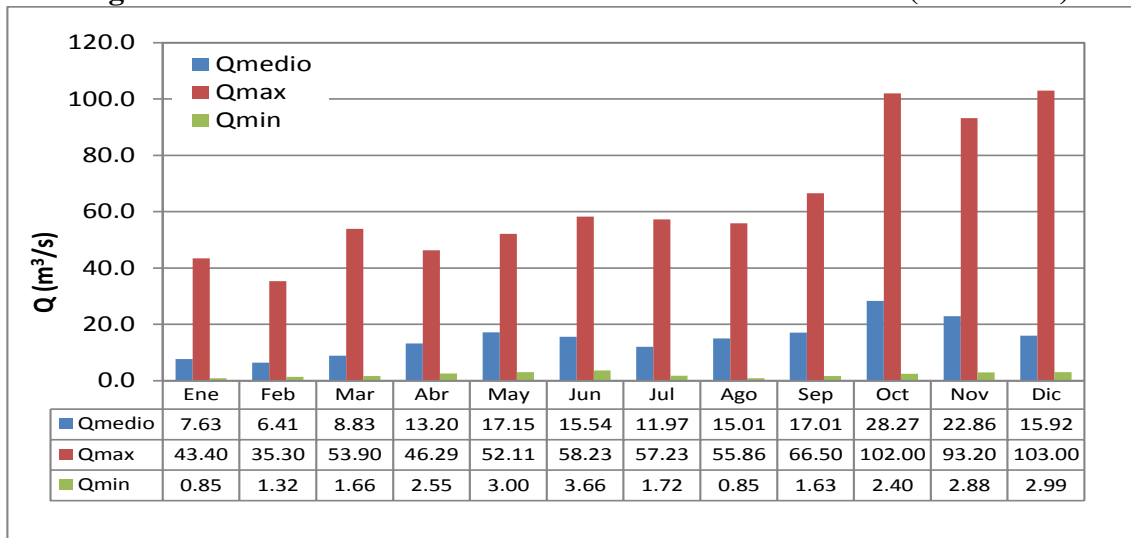
Los valores de caudales máximos de una estación, así como los de precipitación siguen una distribución de probabilidades. En una serie de datos estadísticos de una estación hidrológica, es indispensable resumir esta multitud de cifras en elementos sintéticos que caractericen la estación desde el punto de vista considerado. Una serie de datos de precipitación o de caudales máximos puede ser ajustada a una distribución probabilística.

La información de caudales máximos anuales de cada estación fue procesada y ajustada mediante software a funciones probabilísticas.

#### 7.1.4.1.1 Estación Peñalta (Río Aurrá)

La Estación Peñalta registra un caudal máximo medio anual de  $14.98 \text{ m}^3/\text{s}$ , en un registro de 32 años. La serie de máximos muestra un caudal mínimo de  $0.85 \text{ m}^3/\text{s}$  en los meses de enero y agosto y máximo de  $103 \text{ m}^3/\text{s}$  en el mes de diciembre (Ver Figura 7-4).

**Figura 7-4. Caudales máximos mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

#### ➤ Análisis de Frecuencia

El análisis de frecuencia de los registros máximos anuales de caudal reportados de la estación Peñalta en el río Aurrá indica  $21.06 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de retorno de 1.33 años, y  $55.59 \text{ m}^3/\text{s}$  para 5 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 7-8 y en la Figura 7-5.

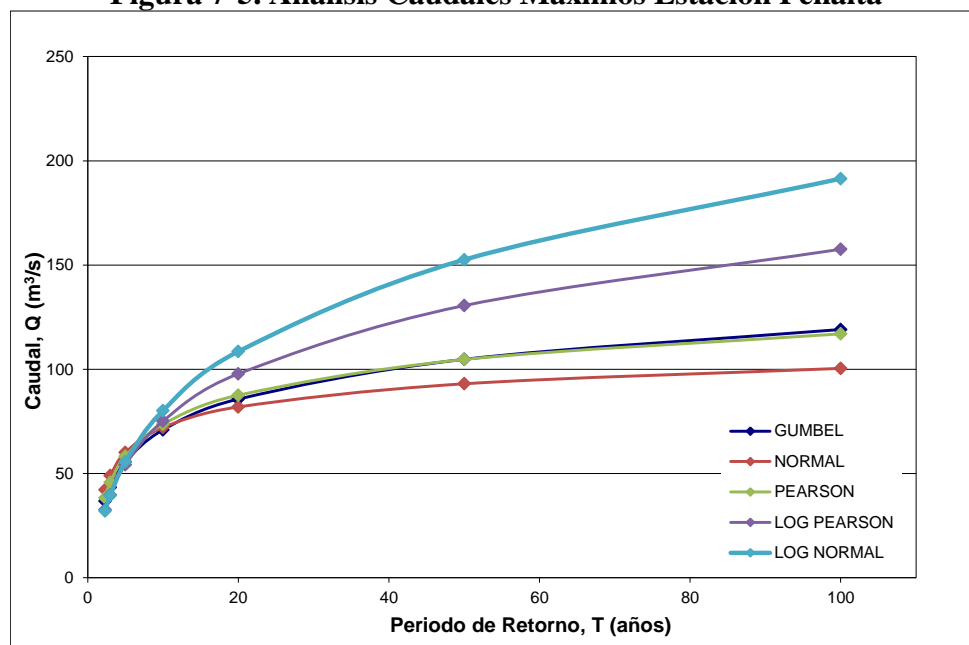


**Tabla 7-8. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Peñaíta**

PERIODO RETORNO	VALOR ESPERADO PARA CADA DISTRIBUCIÓN PARA CADA Tr					CAUDAL SELECCIONADO
	GUMBEL	NORMAL	PEARSON	LOG PEARSON	LOG NORMAL	
(años)	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1.33	21.06	23.07	20.75	18.51	17.83	21.06
2	32.37	37.29	33.41	28.26	27.58	32.37
5	55.59	60.13	58.26	54.19	55.57	55.59
10	70.95	72.08	73.61	75.16	80.18	70.95
20	85.70	81.94	87.57	97.80	108.53	85.70
50	104.78	93.04	104.71	130.56	152.56	104.78
100	119.08	100.44	116.99	157.58	191.44	119.08
PRUEBA CHI CUADRADO	16.55	37.41	31.68	23.09	20.64	16.55
	0.011	0.000	0.000	0.000	0.002	0.01

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

**Figura 7-5. Análisis Caudales Máximos Estación Peñaíta**



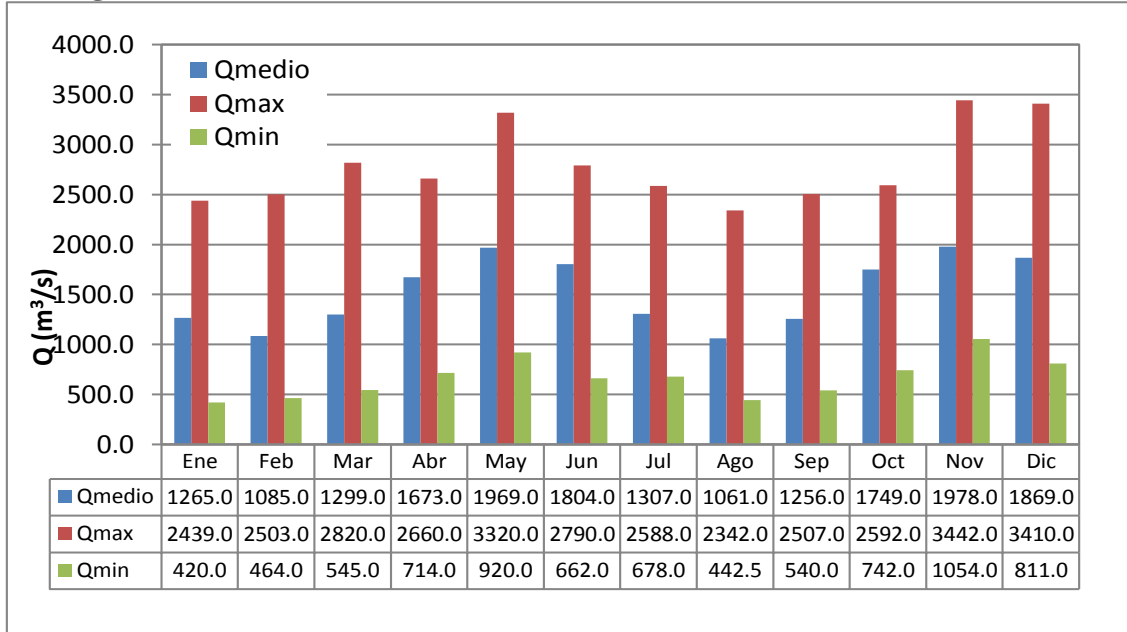
Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

#### 7.1.4.1.2 Estación Cañafisto (Río Cauca – Santa Fe de Antioquia)

La Estación Cañafisto registra un caudal máximo medio anual de 1526.3m<sup>3</sup>/s, en un registro de 32 años. La serie de máximos muestra un caudal mínimo de 420 m<sup>3</sup>/s y máximo de 3442 m<sup>3</sup>/s. (Ver Figura 7-6).



**Figura 7-6. Caudales máximos mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

#### ➤ Análisis de Frecuencia

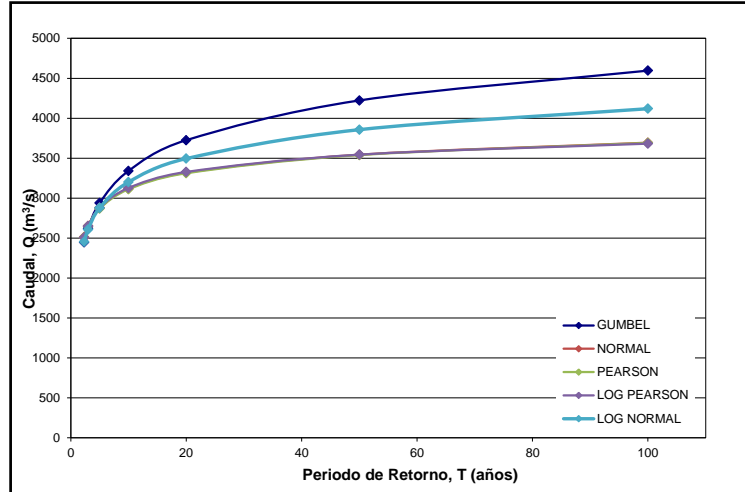
El análisis de frecuencia de los registros máximos anuales de caudal reportados de la estación Cañafisto en el río Cauca indican 2125.70 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 1.33 años, y 2876.90 m<sup>3</sup>/s para 5 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 7-9 y en la Figura 7-7.

**Tabla 7-9. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Cañafisto**

Periodo retorno (años)	Valor esperado para cada distribución para cada tr					Caudal seleccionado
	GUMBEL	NORMAL	PEARSON	LOG PEARSON	LOG NORMAL	
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1.33	2039.50	2125.70	2126.80	2113.60	2070.80	2125.70
2	2334.50	2413.90	2409.50	2403.90	2349.80	2413.90
5	2939.90	2876.90	2868.40	2880.10	2878.70	2876.90
10	3340.70	3119.10	3110.40	3127.80	3201.30	3119.10
20	3725.20	3319.00	3311.40	3327.80	3494.70	3319.00
50	4222.90	3544.00	3539.00	3544.30	3857.10	3544.00
100	4595.90	3694.00	3691.40	3682.10	4119.30	3694.00
<b>PRUEBA</b>	4.00	2.50	4.50	4.50	4.50	2.50
<b>CHI</b>	0.549	0.777	0.343	0.343	0.480	0.78
<b>CUADRADO</b>						

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

**Figura 7-7. Análisis Caudales Máximos Estación Cañafisto**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

#### 7.1.4.1.3 Transposición de Caudales -Cuencas instrumentadas (INVIAS, 2009)

Es posible que la estación hidrométrica sobre la corriente de agua que cruza la vía que se estudia no se encuentre exactamente en el sitio de proyecto de la obra de drenaje vial, sino en la misma hoya hidrográfica, en otra ubicación. Se pueden transferir caudales máximos instantáneos anuales de diferentes periodos de retorno de esta estación hasta el sitio de proyecto, mediante relaciones de áreas de drenaje, así:

$$Q_{SP} = Q_{EH} \times \left( \frac{A_{SP}}{A_{EH}} \right)^x$$

Dónde:

QSP: Caudal en el sitio de proyecto (m³/s).

QEH: Caudal en la estación hidrométrica (m³/s).

ASP: Área hoya hidrográfica hasta el sitio de proyecto (km²).

AEH: Área hoya hidrográfica hasta la estación hidrométrica (km²).

El exponente x es un valor que fluctúa usualmente entre 0.5 y 0.75. A falta de datos de investigación, se acostumbra tomar un valor igual a 0.5.

En todo caso, para la aplicación de esta metodología es imperativo que las áreas de drenaje no sean muy diferentes. En general, esta diferencia no podrá ser mayor o menor al 50 % del valor original del área de drenaje.

#### 7.1.4.1.4 Cálculo Caudales máximos sitios de captación

Aplicando la metodología anteriormente expuesta, se obtienen los caudales máximos mostrados en la Tabla 7-10.

**Tabla 7-10 Estimación de caudales máximos por método de transposición**

ID	Corriente	Área <sub>sp</sub> (Km <sup>2</sup> )	Estación	Área <sub>eh</sub> (Km <sup>2</sup> )	Asp/Aeh	Transposición de caudales							
						Aplicación	1.33	2	5	10	20	50	100
<b>Captación 3</b>	<b>Río Aurrá</b>	230.01	Peñalta	192.06	1.198	Válido	23.05	35.43	60.83	77.65	93.78	114.66	130.31
<b>Captación 2</b>	<b>Río Aurrá</b>	236.23	Peñalta	192.06	1.230	Válido	23.36	35.90	61.64	78.69	95.04	116.20	132.06
<b>Captación 1</b>	<b>Río Aurrá</b>	238.14	Peñalta	192.06	1.240	Válido	23.46	36.05	61.89	79.01	95.42	116.67	132.60
<b>Captación 5</b>	<b>Río Cauca</b>	32,975.39	Cañafisto	32609.86	1.011	Válido	2137.58	2427.39	2892.98	3136.53	3337.55	3563.81	3714.65
<b>Captación 6</b>	<b>Quebrada Seca</b>	228.65	Peñalta	192.06	1.190	Válido	22.98	35.32	60.65	77.42	93.50	114.32	129.93

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2015

### 7.1.4.2 Caudales Mínimos

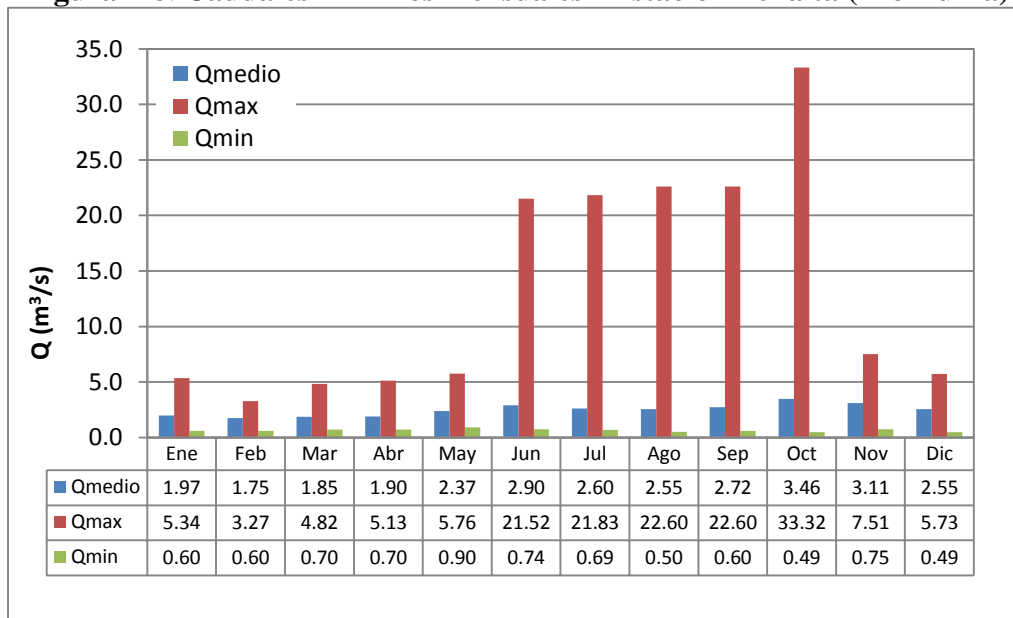
Se presenta, la información de cada estación hidrométrica, correspondiente a los valores mínimos mensuales de caudales, reportados por el IDEAM.

Los valores mínimos en hidrología de drenaje (precipitación o caudales), se pueden ajustar a distribuciones probabilísticas. Aunque existen numerosas distribuciones de probabilidad para valores máximos, es muy común en hidrología utilizar para estos valores las distribuciones de probabilidad Gumbel (escuela europea) y log-Pearson Tipo III (escuela americana).

#### 7.1.4.2.1 Estación Peñalta (Río Aurrá)

La Estación Peñalta registra un caudal mínimo medio anual de  $2.48 \text{ m}^3/\text{s}$ , en un registro de 32 años. La serie de medios muestra un caudal mínimo de  $0.49 \text{ m}^3/\text{s}$  y máximo de  $33.32 \text{ m}^3/\text{s}$ . (Ver Figura 7-8).

**Figura 7-8. Caudales mínimos mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

#### ➤ Análisis de Frecuencia

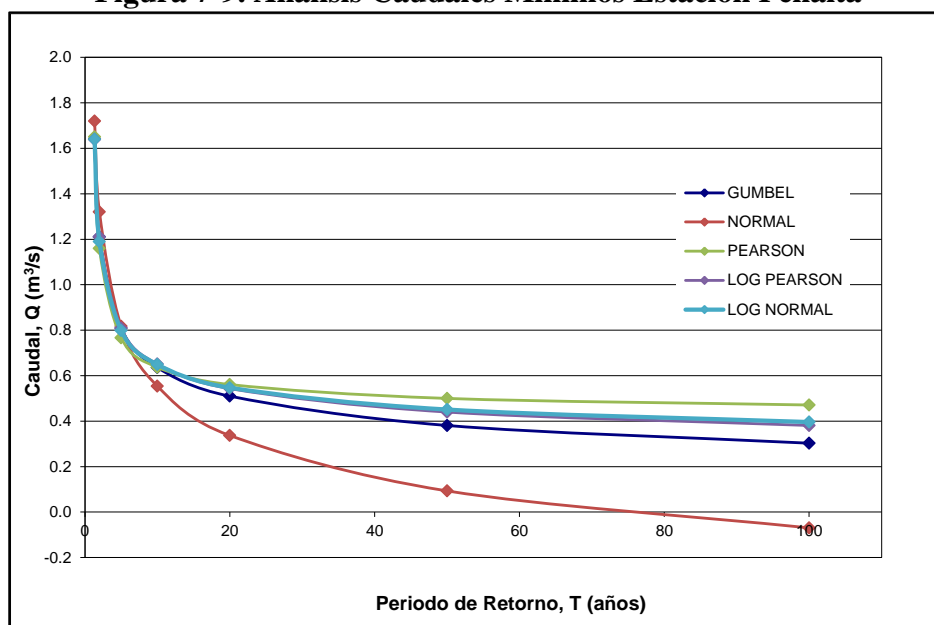
El análisis de frecuencia de los registros mínimos anuales de caudales reportados de la estación Peñalta en el río Aurrá indica  $1.64 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de retorno de 1.33 años, y  $0.81 \text{ m}^3/\text{s}$  para 5 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 7-11 y en la Figura 7-9.

**Tabla 7-11. Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Peñalta**

Periodo Retorno (años)	Valor esperado para cada distribución para cada Tr					Caudal Seleccionado $m^3/s$
	GUMBEL $m^3/s$	NORMAL $m^3/s$	PEARSON $m^3/s$	LOG PEARSON $m^3/s$	LOG NORMAL $m^3/s$	
1.33	1.64	1.72	1.65	1.64	1.64	1.65
2	1.21	1.32	1.16	1.21	1.19	1.16
5	0.81	0.82	0.77	0.81	0.80	0.77
10	0.64	0.55	0.64	0.65	0.65	0.64
20	0.51	0.34	0.56	0.54	0.55	0.56
50	0.38	0.09	0.50	0.44	0.45	0.50
100	0.30	-0.07	0.47	0.38	0.40	0.47
<b>PRUEBA CHI CUADRADO</b>	4.86	4.10	1.81	7.52	3.33	1.81
	0.434	0.534	0.771	0.111	0.649	0.77

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

**Figura 7-9. Análisis Caudales Mínimos Estación Peñalta**

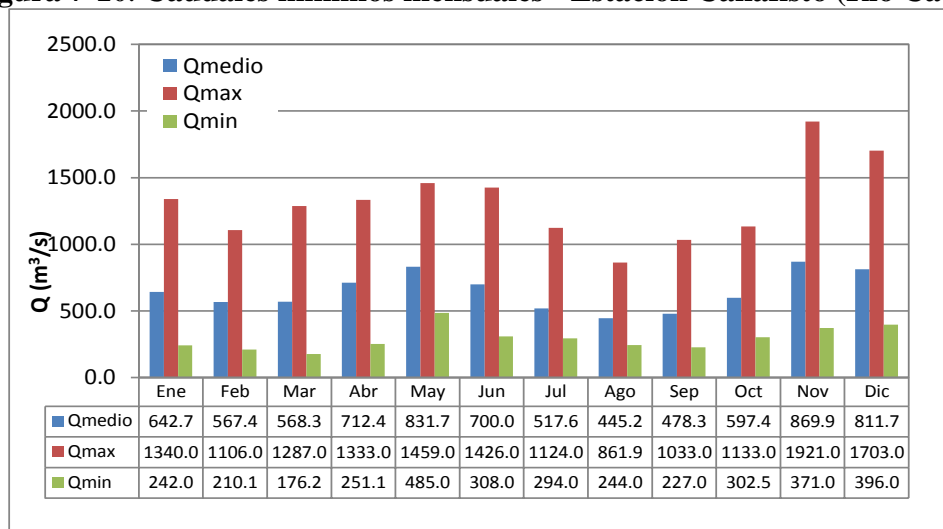


Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

#### 7.1.4.2.2 Estación Cañafisto (Río Cauca – Santa Fe de Antioquia)

La Estación Cañafisto registra un caudal mínimo medio anual de  $645.2 m^3/s$ , en un registro de 32 años. La serie de mínimos muestra un caudal mínimo de  $176.2 m^3/s$  y máximo de  $1921 m^3/s$ . (Ver Figura 7-10).

**Figura 7-10. Caudales mínimos mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

### ➤ **Análisis de Frecuencia**

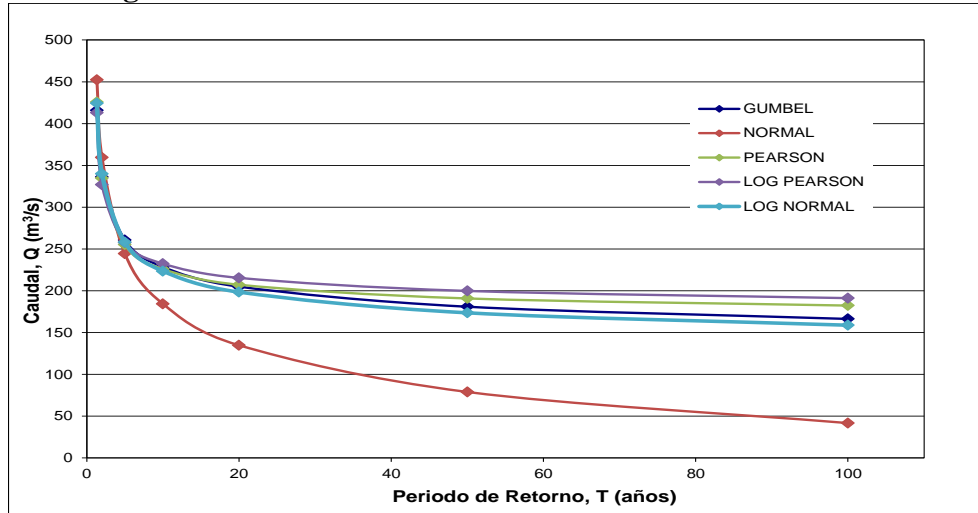
El análisis de frecuencia de los registros mínimos anuales de caudales reportados de la estación Cañafisto en el río Cauca indica 424.40 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 1.33 años y 258.10 m<sup>3</sup>/s para 5 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 7-12 y en la Figura 7-11.

**Tabla 7-12. Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Cañafisto**

Periodo retorno	Valor esperado para cada distribución para cada tr					Caudal seleccionado
	GUMBEL	NORMAL	PEARSON	LOG PEARSON	LOG NORMAL	
(años)	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1.33	415.90	452.30	425.70	413.00	424.40	424.40
2	336.20	359.40	334.70	327.00	339.80	339.80
5	260.60	244.50	255.20	257.90	258.10	258.10
10	228.50	184.40	226.00	232.40	223.50	223.50
20	204.90	134.80	207.20	215.40	198.40	198.40
50	180.90	78.93	190.80	199.80	173.60	173.60
100	166.30	41.71	182.30	191.20	158.80	158.80
<b>PRUEBA CHI CUADRADO</b>	3.50	13.00	6.00	4.50	3.00	3.00
	0.623	0.023	0.199	0.343	0.700	0.70

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

**Figura 7-11. Análisis Caudales Mínimos Estación Cañafisto**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

#### 7.1.4.2.3 Transposición de Caudales -Cuencas instrumentadas (INVIAS, 2009)

Es posible que la estación hidrométrica sobre la corriente de agua que cruza la vía que se estudia no se encuentre exactamente en el sitio de proyecto de la obra de drenaje vial, sino en la misma hoya hidrográfica, en otra ubicación. Se pueden transferir caudales máximos instantáneos anuales de diferentes periodos de retorno de esta estación hasta el sitio de proyecto, mediante relaciones de áreas de drenaje, así:

$$Q_{SP} = Q_{EH} \times \left( \frac{A_{SP}}{A_{EH}} \right)^x$$

Dónde:

QSP: Caudal en el sitio de proyecto (m³/s).

QEH: Caudal en la estación hidrométrica (m³/s).

ASP: Área hoya hidrográfica hasta el sitio de proyecto (km²).

AEH: Área hoya hidrográfica hasta la estación hidrométrica (km²).

El exponente x es un valor que fluctúa usualmente entre 0.5 y 0.75. A falta de datos de investigación, se acostumbra tomar un valor igual a 0.5.



En todo caso, para la aplicación de esta metodología es imperativo que las áreas de drenaje no sean muy diferentes. En general, esta diferencia no podrá ser mayor o menor al 50 % del valor original del área de drenaje.

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.2</b>	

#### **7.1.4.2.4 Cálculo Caudales mínimos sitios de captación**

Aplicando la metodología anteriormente expuesta, se obtienen los caudales mínimos mostrados en la Tabla 7-13.



 Agencia Nacional de Infraestructura	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO</b> <b>AUTOPISTA AL MAR 1.</b>		 <b>Devimar</b>
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>		
	<b>VERSIÓN 0.1</b>		

**Tabla 7-13 Estimación de caudales mínimos por método de transposición**

ID	Corriente	Área <sub>sp</sub> (Km <sup>2</sup> )	Estación	Área <sub>eh</sub> (Km <sup>2</sup> )	Asp/Aeh	Transposición de caudales							
						Aplicación	1.33	2	5	10	20	50	100
<b>Captación 3</b>	<b>Río Aurrá</b>	230.01	Peñalta	192.06	1.198	Válido	1.81	1.27	0.84	0.70	0.61	0.55	0.51
<b>Captación 2</b>	<b>Río Aurrá</b>	236.23	Peñalta	192.06	1.230	Válido	1.83	1.29	0.85	0.71	0.62	0.55	0.52
<b>Captación 1</b>	<b>Río Aurrá</b>	238.14	Peñalta	192.06	1.240	Válido	1.84	1.29	0.86	0.71	0.62	0.56	0.52
<b>Captación 5</b>	<b>Río Cauca</b>	32,975.39	Cañafisto	32609.86	1.011	Válido	426.77	341.70	259.54	224.75	199.51	174.57	159.69
<b>Captación 6</b>	<b>Quebrada Seca</b>	228.65	Peñalta	192.06	1.190	Válido	1.80	1.27	0.84	0.70	0.61	0.55	0.51

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2015

### 7.1.4.3 Inventario y cuantificación aguas abajo de la captación

El inventario de usos y usuarios fue realizado en las fuentes de agua a intervenir para captaciones, es decir sobre el río Aurrá, el río Cauca y la quebrada Seca. En el *Capítulo 5.1.7 Usos del Agua* del presente estudio, se muestra el inventario detallado de los usos y usuarios identificados en el área de estudio para la construcción de la segunda Calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia, los cuales corresponden a los reportes obtenidos en campo y el reporte entregado por CORANTIOQUIA como autoridad ambiental de la zona.

Para el río Cauca se identificó una sola captación cercana, localizada en el municipio de Santa Fe de Antioquia a la altura de la vereda Obregón, no obstante esta se localiza a aproximadamente 1,3 kilómetros aguas arriba de la captación propuesta. En cuanto a usuarios sobre el río Aurrá, de acuerdo al reporte entregado por CORANTIOQUIA en el mes de julio del presente año, se registra solo un usuario en cercanías de la captación 3, sin embargo esta se localiza aguas arriba del punto propuesto a 260 metros aproximadamente. Para la quebrada Seca se registra una captación a 2,9 kilómetros aguas abajo aproximadamente y una captación a 59 metros aguas arriba del punto de captación propuesto, otorgada a la empresa Aguas San Nicolás S.A. E.S.P.; cabe mencionar que esta captación se localiza dentro del polígono de explotación de materiales autorizado (HFDA-05) no obstante, la extracción de materiales se concentrara en la zona sur del polígono, por lo cual no se prevé afectación. (Ver Tabla 7-14).

Acorde con lo anterior, se considera que no existirá conflicto con los usuarios identificados, dado principalmente a la disponibilidad de cada corriente, la localización propuesta para las captaciones y la distancia existente entre los puntos propuestos por el proyecto y los autorizados a cada usuario por la autoridad ambiental.

**Tabla 7-14. Usuarios registrados por CORANTIOQUIA**

Usuario	Municipio	Corriente	Caudal autorizado (l/s)	Vereda	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste	
					Este	Norte
Pentágono Construcciones S.A	Santa Fe de Antioquia	Río Cauca	1,344	El Espinal	1138988,60	1210620,27
Blanca Grimaneza Paniagua Gallego	Sopetrán	Aurrá (Acequia)	9,40	La Puerta	1142718,00	1209421,59
Consejo Comunitario de la comunidad negra de San Nicolás	Sopetrán	Quebrada Seca	0,99	San Nicolás	1140643,14	1207768,62
Aguas San Nicolás S.A. E.S.P.	Sopetrán	Quebrada Seca	17,082	La Puerta	1142552,58	1205926,61

Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

#### 7.1.4.4 Curvas de Duración de Caudal

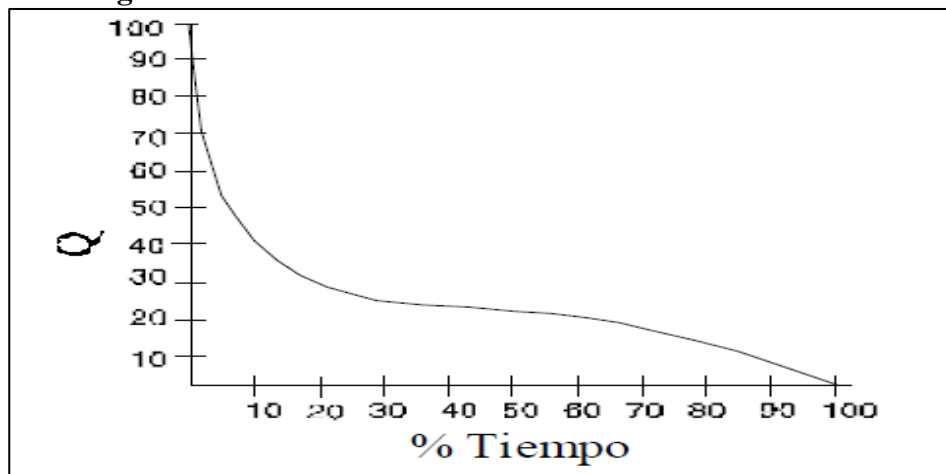
La curva de duración (CDC) es un procedimiento gráfico para el análisis de la frecuencia de los datos de caudales y representa la frecuencia acumulada de ocurrencia de un caudal determinado. Es una gráfica que tiene el caudal,  $Q$ , como ordenada y el número de días del año (generalmente expresados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

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

$$P = N/m$$

Siendo  $m$  el número de veces que se presenta en ese tiempo el caudal. Si se dibuja el caudal contra el porcentaje de tiempo en que éste es excedido o igualado se tiene una gráfica como la mostrada en la Figura 7-12.

**Figura 7-12. Curva de duración de Caudales de corrientes**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

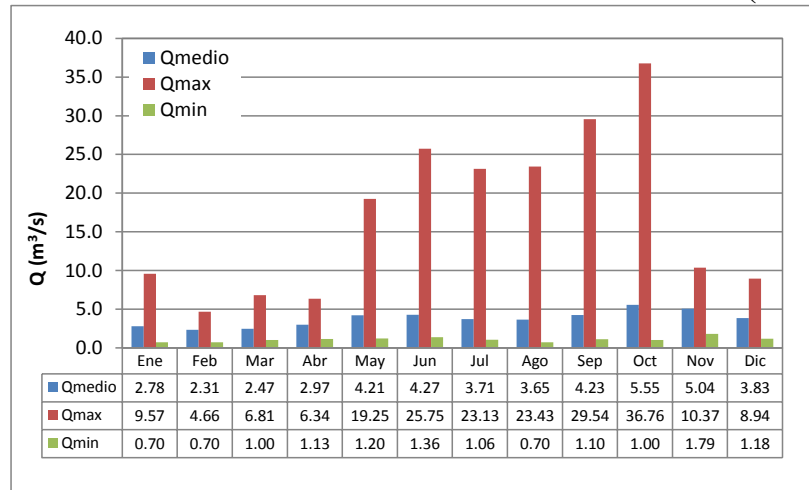
La curva de duración de caudales resulta del análisis de frecuencias de la serie histórica de caudales medios diarios. Se estima que si la serie histórica es suficientemente buena, la curva de duración es representativa del régimen de caudales medios de la corriente y por lo tanto puede utilizarse para pronosticar el comportamiento del régimen futuro de caudales, o sea el régimen que se presentará durante la vida útil del proyecto.

Las curvas de duración tienen formas típicas que dependen de las características de las cuencas vertientes. En cuencas de montaña, por ejemplo, la pendiente pronunciada en el tramo inicial de la curva indica que los caudales altos se presentan durante períodos cortos, mientras que en los ríos de llanura no existen diferencias muy notables en las pendientes de los diferentes tramos de la curva.

#### 7.1.4.5 Estación Peñalta (Río Aurrá)

La Estación Peñalta registra un caudal medio anual de  $3.75 \text{ m}^3/\text{s}$ , en un registro de 32 años. La serie de medios muestra un caudal mínimo de  $0.70 \text{ m}^3/\text{s}$  y máximo de  $36.76 \text{ m}^3/\text{s}$ . (Ver Figura 7-13).

**Figura 7-13. Caudales medios mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá)**

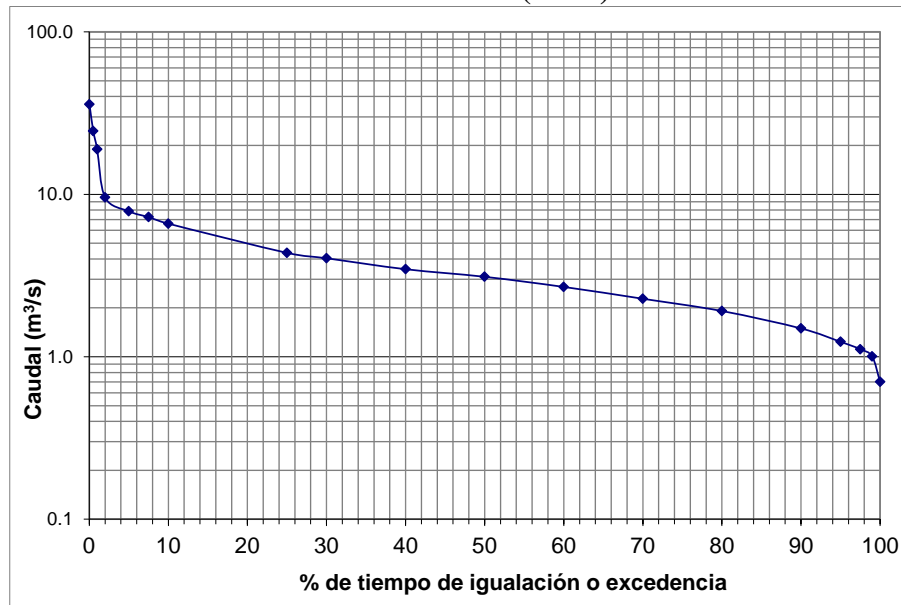


Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

#### ➤ Curva de duración de caudales

En la Figura 7-14 se presenta la CDC para el río Aurrá en la estación de registro respectiva.

**Figura 7-14. Curva de Duración de Caudales (CDC) Río Aurrá – Estación Peñalta**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Así se obtienen caudales característicos del río Aurrá a la altura de la estación, los cuales se presentan en la Tabla 7-15.

**Tabla 7-15 Caudales característicos en la cuenca del río Aurrá– Estación Peñalta**

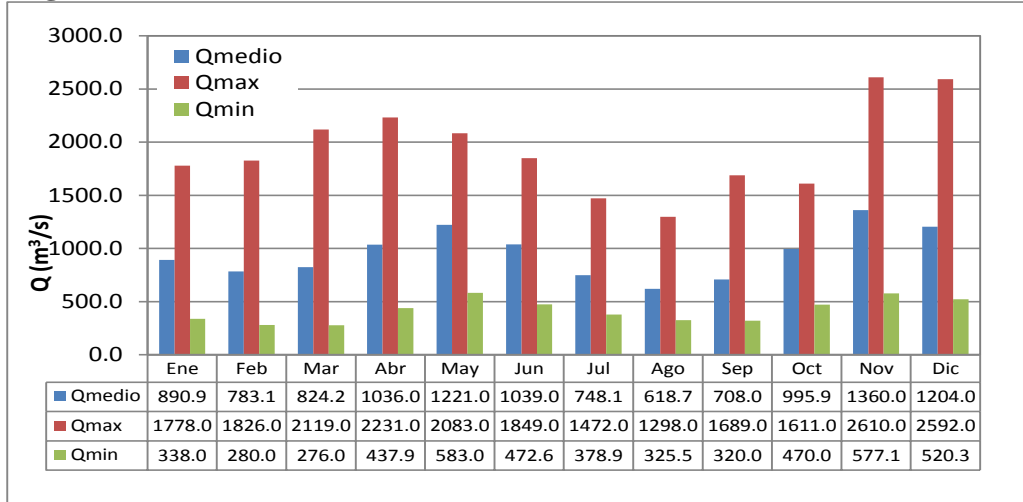
Porcentaje del tiempo que el caudal es excedido (%)	Caudal m³/s Estación Peñalta (Río Aurrá)
1	9.75
5	8.02
10	6.85
25	4.35
50	3.00
75	1.95
90	1.47
95	1.21
97.5	1.10
100	1.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

#### 7.1.4.6 Estación Cañafisto (Río Cauca – Santa Fe de Antioquia)

La Estación Cañafisto registra un caudal medio anual de 952.4/s, en un registro de 32 años. La serie de medios muestra un caudal mínimo de 276 m³/s y máximo de 2610 m³/s. (Ver Figura 7-15).

**Figura 7-15. Caudales medios mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca)**

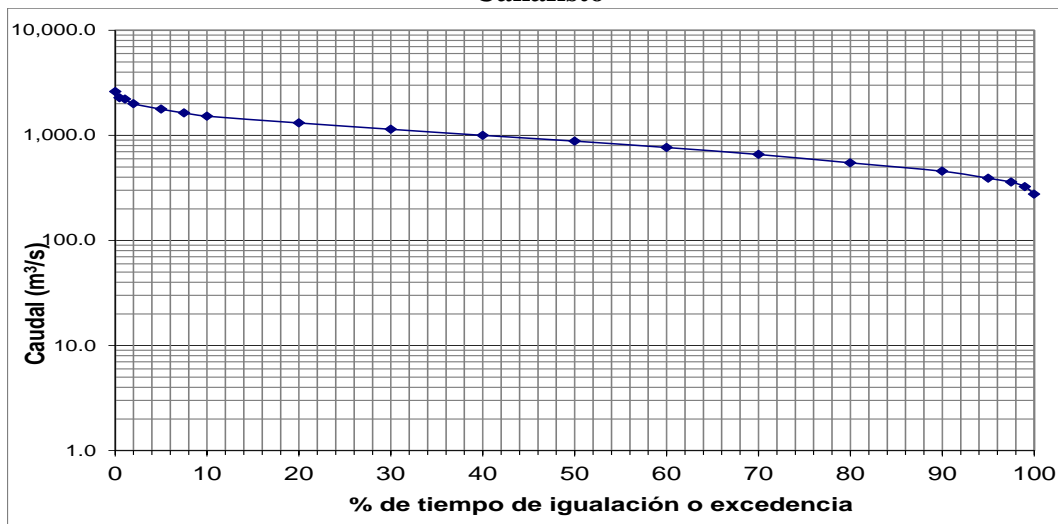


Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

➤ Curva de duración de caudales

En la Figura 7-16 se presenta la CDC para el río Cauca en la estación de registro respectiva.

**Figura 7-16. Curva de Duración de Caudales (CDC) del Río Cauca - Estación Cañafisto**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Así se obtienen caudales característicos del río Cauca a la altura de la estación, los cuales se presentan en la Tabla 7-16.

**Tabla 7-16 Caudales característicos en la cuenca del río Cauca- Estación Cañafisto**



Porcentaje del tiempo que el caudal es excedido (%)	Caudal m <sup>3</sup> /s Cañafisto (Río Cauca)
1	2,230.44
5	1,821.20
10	1,552.20
25	1,218.00
50	904.00
75	638.00
90	445.16
95	394.38
97.5	363.54
100	276.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

#### **7.1.4.7 Caudales medios cuencas sitios de captación**

A partir del área de la cuenca hasta el sitio de captación y con los datos de rendimientos hídricos calculados en la estación Peñalta sobre el río Aurrá y Cañafisto sobre el río Cauca, se obtiene el caudal medio en cada sitio en la Tabla 7-17 se pueden observar los caudales medios estimados.





	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-17. Caudales medios estimados en cuencas de sitio de captación (m<sup>3</sup>/s)**

ID	Corriente	Estación	Caudal Medio (m <sup>3</sup> /s)												
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Medio
<b>Captación 3</b>	<b>Río Aurrá</b>	Peñalta	3.33	2.77	2.96	3.56	5.04	5.11	4.45	4.37	5.06	6.65	6.04	4.59	4.49
<b>Captación 2</b>	<b>Río Aurrá</b>	Peñalta	3.42	2.85	3.04	3.66	5.17	5.25	4.57	4.49	5.20	6.83	6.20	4.71	4.61
<b>Captación 1</b>	<b>Río Aurrá</b>	Peñalta	3.45	2.87	3.06	3.69	5.22	5.29	4.60	4.52	5.24	6.88	6.25	4.75	4.65
<b>Captación 5</b>	<b>Río Cauca</b>	Cañafisto	900.89	791.88	833.44	1047.61	1234.69	1050.65	756.49	625.64	715.94	1007.06	1375.24	1217.50	963.06
<b>Captación 6</b>	<b>Q. Seca</b>	Peñalta	3.31	2.75	2.94	3.54	5.01	5.08	4.42	4.34	5.03	6.61	6.00	4.56	4.47

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

## **7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Dentro de las actividades a desarrollar en el proyecto de la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia correspondiente a la unidad funcional 2.1 no se tiene previsto la utilización de aguas subterráneas.

## **7.3 VERTIMIENTOS**

Las actividades constructivas a desarrollar, generarán aguas residuales de tipo industrial y doméstico las cuales se manejaran de acuerdo a lo indicado a continuación.

### **7.3.1 Vertimiento en cuerpo de agua**

Se solicita autorización para la disposición de aguas residuales industriales y domésticas sobre el río Aurrá y para la disposición de aguas residuales industriales sobre la quebrada Seca previamente tratadas, y dando cumplimiento a la normatividad vigente (Resolución 0631 de 2015 y Decreto 3930 de 2010 o aquel que lo modifique, sustituya o derogue); estas aguas se generaran durante la construcción del proyecto vial segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia (Unidad Funcional 2.1 del Proyecto Autopista al Mar 1).

#### **7.3.1.1 Localización de los puntos de vertimiento**

La selección de los puntos de vertimiento se realizó teniendo en cuenta la proximidad a los sitios de generación y capacidad de mezcla, transporte y asimilación de los cuerpos de agua (reaireación). Otros aspectos que se tuvieron en cuenta en la definición de los puntos de vertimiento fueron los siguientes:

- Facilidad de acceso
- Mínima afectación a la vegetación existente
- Estabilidad en las márgenes del cauce
- No afectación a la comunidad según el inventario de usos y usuarios del recurso

En la Tabla 7-18 se muestra la ubicación georreferenciada de los puntos de vertimientos y adicionalmente en la Figura 7-17 se puede apreciar su ubicación espacial. Es de anotar que para la conducción de las aguas residuales desde la zona de tratamiento hasta el cuerpo de agua se optará por el uso de manguera o tubería, evitando la afectación de individuos arbóreos adicionales a los ya contemplados en la franja de intervención del proyecto.

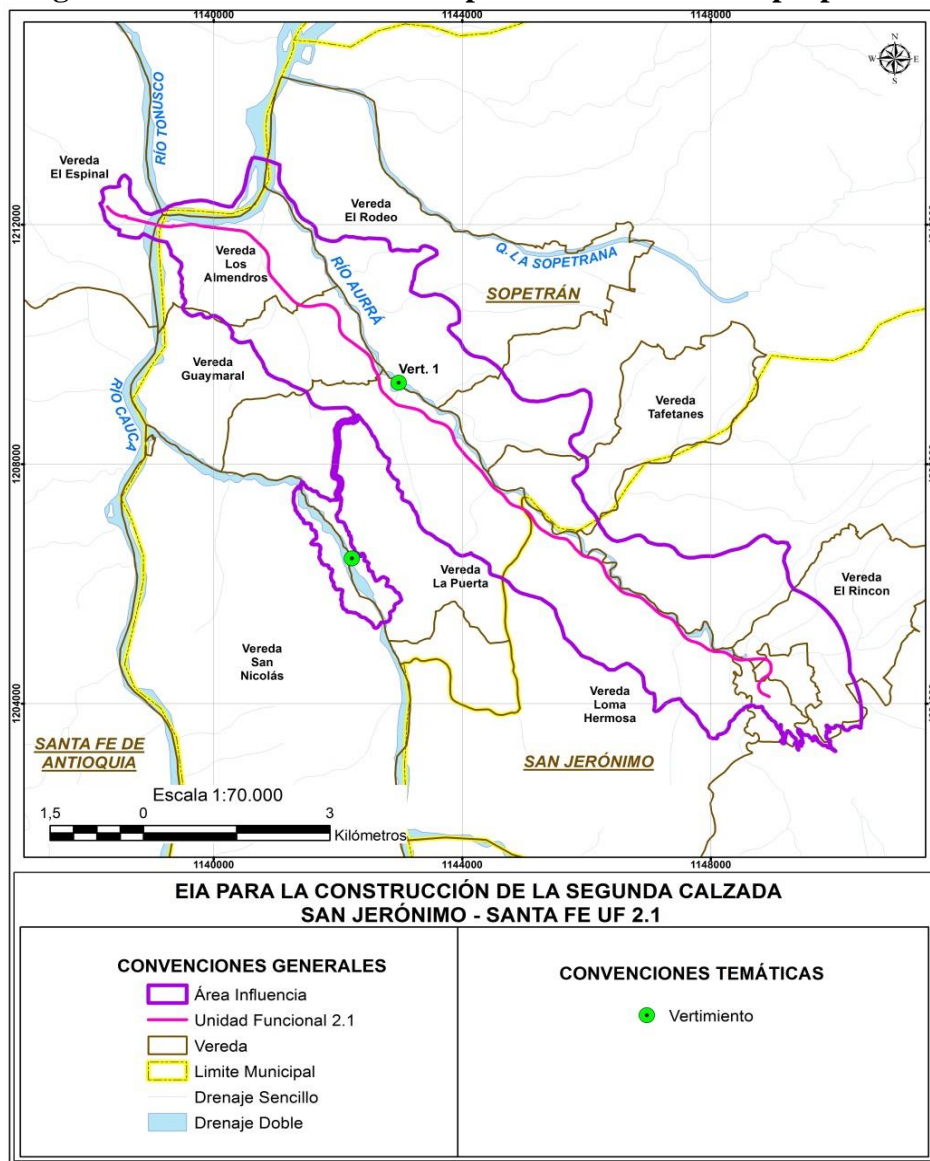
**Tabla 7-18 Sitios propuestos para vertimiento**

Id	Instalación asociada	Corriente receptora	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste*		Municipio
			Este	Norte	
1	Planta 2	Rio Aurrá	1142977,92	1209359,97	La Puerta – Sopetrán
2	Planta triturado	Quebrada Seca	1142225,10	1206424,80	La Puerta – Sopetrán



\*Coordenadas de referencia desde las cuales se definirá el punto definitivo de vertimiento en una franja de 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo.

Fuente: Consultoría Colombiana 2.016

**Figura 7-17. Localización de los puntos de vertimiento propuestos**



Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

A continuación se presenta de forma clara y detallada las condiciones del sistema de vertimiento propuesto, así mismo la caracterización de las aguas residuales industriales y domésticas provenientes del proyecto, sus actividades generadoras, capacidad de asimilación de las fuentes receptoras, la descripción general del sistema de tratamiento necesarios para disminuir la carga contaminante a disponer sobre los cuerpos según lo estipulado en la normatividad vigente

### **7.3.1.2 Actividades generadoras**

Las actividades generadoras de vertimiento corresponden a las desarrolladas en el área de la planta 2 en las que se destacan la preparación de concretos, asfaltos y manejo de materias primas y, las adelantadas en la planta de trituración de materiales que se localizará en cercanía a la zona de extracción de material de arrastre.

#### **7.3.1.2.1 Aguas Residuales Industriales**

Durante las actividades constructivas del proyecto vial se adecuará una zona denominada “planta 2”, en la cual se desarrollará el manejo de la materia prima para la composición de concreto y asfalto, se desarrollarán actividades de trituración; además del manejo de arena, agregados, pétreos, cemento, agua y aditivos que se requieren para el proyecto, igualmente se acondicionará un área denominada parque de vigas para el manejo de estructuras prefabricadas. Por otro lado, se acondicionará una zona denominada “planta de trituración”, en la cual se efectuará el manejo de los materiales extraídos en la zona de explotación de materiales de arrastre, de tal forma que se obtenga la granulometría requerida para su incorporación en los procesos constructivos. El desarrollo de las actividades indicadas, implicará la generación de aguas residuales industriales para las cuales se requiere la implementación de estructuras de tratamiento para la posterior entrega a los cuerpos de agua receptores.

Para el caso de las plantas móviles de trituración a localizar dentro del área de intervención del proyecto (dos plantas), se implementarán áreas destinadas para el almacenamiento del agua proveniente del lavado de las mixer, el cual consistirá en un sistema de sedimentadores y cunetas de tal forma que el agua pueda ser recirculada y usada nuevamente en el proceso, por lo cual no se considera un vertimiento por la operación de dichas plantas.

En cuanto a las estructuras de tratamiento propuestas para las aguas residuales industriales, con el fin de evitar la contaminación y/o deterioro de los cuerpos de agua, se resumen a continuación:

En la planta de concreto (dentro del área de la Planta 2) las aguas de escorrentía, así como las aguas del lavado de la planta y de los vehículos (mixer) se conducirán mediante canales perimetrales hacia estructuras sedimentadores (ver Figura 7-18 y Figura 7-19), después de

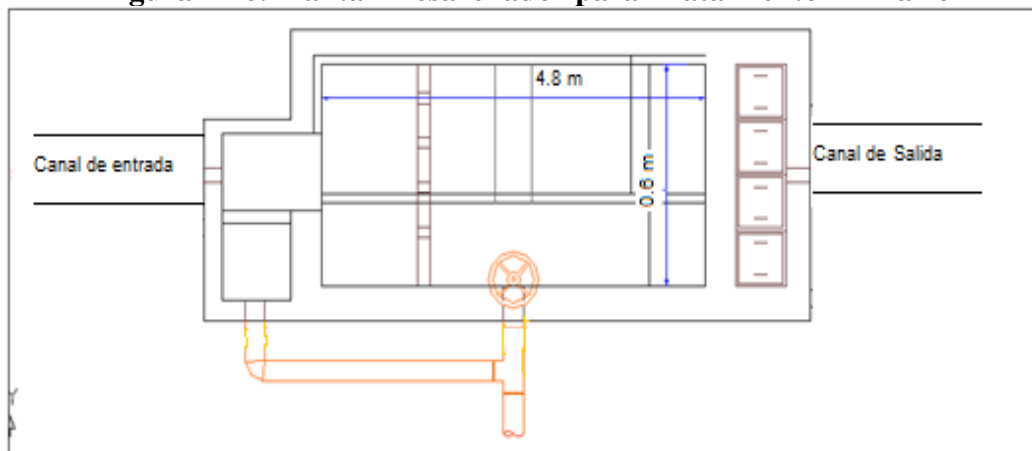
la decantación de las partículas de cemento, grava y arena, el agua será conducida al sistema de recirculación de la planta para ser reutilizada en la elaboración del concreto. El agua resultante del secado de lodos será conducida a las estructuras sedimentadores y reincorporadas al proceso de la planta.

En la planta de trituración, se adecuarán igualmente canales de conducción y estructuras sedimentadoras en las cuales se manejara el agua producto de las actividades de lavado del material durante el proceso de acondicionamiento granulométrico.

Todas las instalaciones de trabajo a adecuar en las áreas de intervención del proyecto, contarán con canales perimetrales y canales de conducción destinados al manejo de aguas de escorrentía de tal forma que se evite su contaminación. En las zonas de servicio y zonas de almacenamiento de combustibles, se implementaran sistemas de conducción independientes, para conducirlos a sistemas de sedimentación y trampas de grasas en caso de ser necesario.

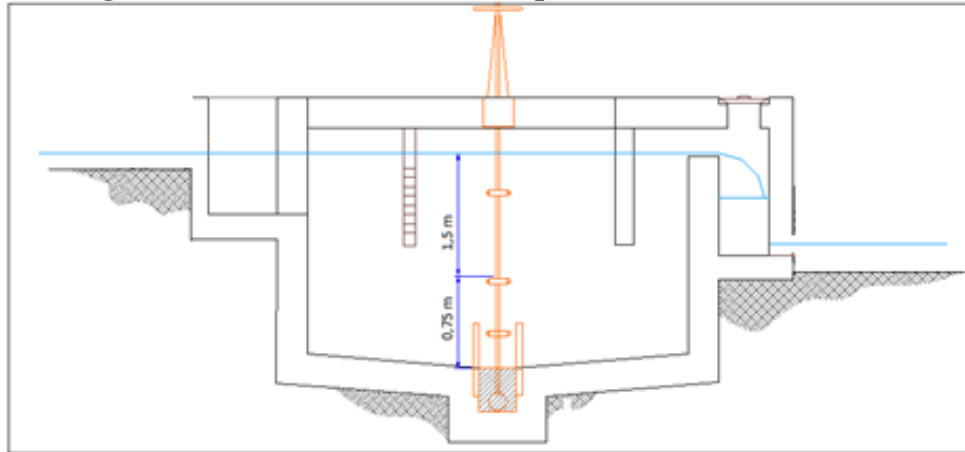
Las trampas de grasas y los desarenadores tendrán un mantenimiento periódico, para garantizar su adecuado funcionamiento; los residuos aceitosos serán almacenados herméticamente y entregados a empresas especializadas para su disposición final, mientras que los lodos resultantes se secarán (en la zona de secado que sea establecida) y dispondrán finalmente en la ZODME más cercana.

**Figura 7-18. Planta - Desarenador para Tratamiento Primario**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

**Figura 7-19. Perfil - Desarenador para Tratamiento Primario**



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

#### **- Agua Residuales Domésticas**

Durante la etapa de construcción se contará con baños portátiles en las diferentes áreas de intervención del proyecto, incluyendo las áreas de Planta (Planta 2 y Planta de trituración), como los que se muestran en la Figura 7-20, sin embargo, se contempla un caudal mínimo de vertimiento en el caso que la empresa a cargo del suministro y mantenimiento no se haga responsable de ellos; dicho caudal, se podrá tratar mediante una planta compacta (Red Fox), planta compacta de lodos activados o se enviarán por una línea a un tanque séptico, compuesto en términos generales, por una cámara cerrada a donde llegan los residuos, la cual facilita la descomposición y la separación de la materia orgánica por acción de las bacterias de estos residuos. Cualquiera que sea el sistema que se adopte para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, este se acondicionará en el área definida como Planta 2, la cual incluye el parque de fabricación de vigas.

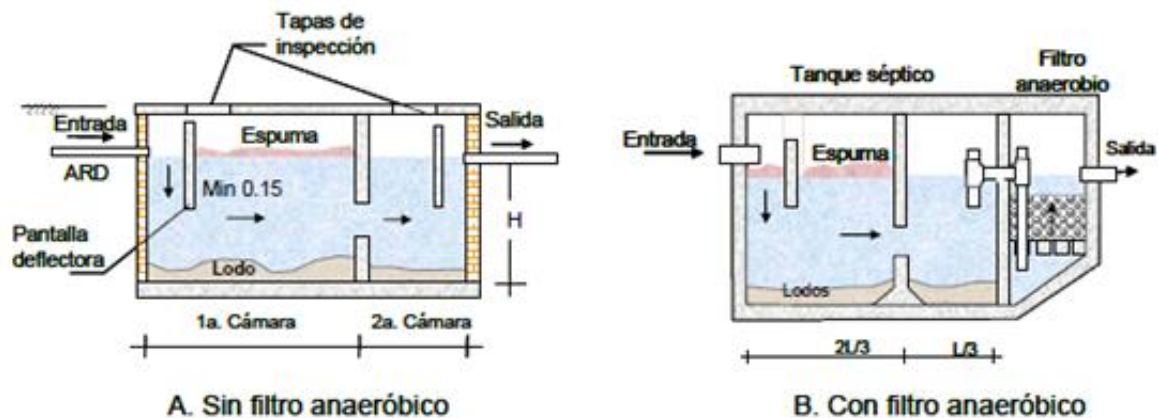
**Figura 7-20. Unidades Sanitarias Portátiles**



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016



El tanque séptico permitirá la transformación de la materia orgánica en gases, líquidos y lodos; los lodos (sólidos sedimentables) se depositarán en la parte inferior de la cámara, por el contrario, las grasas y demás materiales ligeros flotan y se acumulan en la superficie formando una capa de espumas; los líquidos libres de material flotante se evacuarán de la cámara, a través de tubería dirigida hacia el punto de entrega al cuerpo de agua receptor. Por último los gases que se generen en los lodos, por procesos de descomposición anaeróbica y facultativa, (dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ )), serán evacuados del tanque por medio de tuberías de aireación. El dimensionamiento del tanque se efectuará con base a los diseños técnicos que sean propuestos. (Ver Figura 7-21)

**Figura 7-21 Esquema básico de un tanque séptico**



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016



	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

*Por lo anterior, durante la construcción del proyecto vial se generarán vertimientos de tipo industrial y doméstico, los cuales serán tratados en unidades independientes para luego ser conducidos por una misma línea hacia el río Aurrá para el caso de la Planta 2. En el caso de la Planta de Trituración, se prevé la generación únicamente de aguas residuales industriales producto de las actividades de lavado del material de arrastre, las cuales se conducirán igualmente a través de una línea de conducción (tubería o manguera), hasta la quebrada Seca, previa obtención del permiso de vertimientos de la autoridad ambiental competente.*

#### **7.3.1.2.2 Caudal a Verter**

Según lo mencionado anteriormente se tiene dos tipos de vertimiento (Industrial y domésticos) en la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia, los cuales se estiman ascenderán a:

**Tabla 7-19 Volumen total de agua a verter**

Tipo de Agua a Verter	Caudal a Verter (L/s)
Doméstica	0,0255
Industrial	20,715
<b>Volumen Total</b>	<b>20,7405</b>

Fuente: Consultoría Colombiana 2.016

Los anteriores valores se calculan a partir de estimaciones sobre el caudal captado para el caso de los vertimientos asociados a las actividades industriales a desarrollar en la Planta 2, equivalentes al 10% del caudal captado para uso industrial (7,15 l/s), por lo anterior, el caudal a verter asociado a la Planta 2, se estima en **0,715 L/s** aportado principalmente por la planta de concreto. Para el caso de los vertimientos asociados a la Planta de trituración, este se ha establecido en un valor igual al caudal captado es decir **20 l/s**.

Para el caso de vertimiento de tipo doméstico, el caudal se calculó a partir de la dotación y caudal captado (0,030 l/s), considerando que ésta (en su mayor porcentaje) corresponde al coeficiente de retorno sanitario (85%). Por lo anterior, el caudal doméstico a verter es de **0,0255 L/s**.

En conclusión, se solicita a la autoridad ambiental competente permiso de vertimiento de aguas residuales en una franja de 100 metros (50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo) medidos a partir de las coordenadas que se indican en la Tabla 7-20 y de acuerdo a las características que se indican.

**Tabla 7-20 Puntos y caudales de vertimiento solicitados**

Id	Instalación asociada	Corriente receptora	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste*		Caudal de vertimiento según origen (l/s)		Caudal de vertimiento total (l/s)	Tiempo requerido (años)	Flujo
			Este	Norte	I	D			
1	Planta 2	Rio Aurrá	1142977,92	1209359,97	0,715	0,0255	<b>0,7405</b>	5	Permanente
2	Planta triturado	Quebrada Seca	1142225,10	1206424,80	20		<b>20</b>	5	Permanente

*I: Industrial D: Doméstico*

\*Coordenadas de referencia desde las cuales se definirá el punto definitivo de vertimiento en una franja de 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo, de acuerdo a las condiciones de la zona al momento de la construcción.

Fuente: Consultoría Colombiana 2.016.

### 7.3.1.2.3 Modelación del Vertimiento

Para el desarrollo de la modelación en los puntos de vertimiento, se hizo necesaria la recopilación de datos mediante las metodologías que se indican a continuación. El informe detallado de los trabajos realizados, se presenta en el Anexo O – Demanda, del presente estudio de impacto ambiental.

#### 7.3.1.2.3.1 Aforo de caudal



Este procedimiento consistió en realizar una serie de mediciones en la sección transversal de cada corriente de tal forma que permitiera calcular el caudal puntual de cada corriente, los cuales están referenciados a un nivel parcial (IDEAM, 2007). La metodología implementada consistió en dividir la sección considerada en un cierto número de verticales para levantar el perfil.

Según el nivel del cauce, para realizar el aforo se empleó un micromolinete digital el cual requiere una pausa en el sitio de medición hasta que se estabilicen las velocidades, debido a que las corrientes presentan continuas variaciones generadas por el lecho del cauce. Las distancias entre verticales se midieron con cinta métrica y la profundidad con el mismo micromolinete, utilizando la siguiente ecuación:

$$Q1 = \left( \frac{(b1+d1)}{2} \right) * v1 \qquad Q1 = \left( \frac{(d1+d2)}{2} \right) * (v2 * b2)$$

Dónde:

Q= Caudal m<sup>3</sup>/seg  
 b= Ancho parcial m  
 d= Altura de lámina m  
 v= Velocidad m/seg

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

Con esta información se halla la velocidad media del perfil y finalmente el caudal será la sumatoria del producto de cada velocidad media por su área.

#### 7.3.1.2.3.2 Ensayos con trazadores

Para las mediciones con trazadores se utilizó un equipo IDF-030 con software Inirida Deep Flow para mediciones en tiempo real, lo que permite emplear una cantidad menor de trazador por cada experimento en un menor tiempo.

La información obtenida por los trazadores con respecto a las características del flujo es variada y muy valiosa pues permite al analista conocer de primera mano los valores de los coeficientes que definen la dispersión y la advección. Estos valores hallados en campo permiten la calibración óptima de los modelos. El trazador –al evolucionar íntimamente con el flujo- refleja de forma correcta los procesos de mezcla y movimiento en el tramo estudiado.

Las masas y las distancias de aplicación dependen básicamente del ancho del tramo y la naturaleza de su flujo, de tal forma que el instrumento recoja una serie de datos representativos de la distribución de velocidades y de las propiedades de la mezcla turbulenta, ideales para establecer cálculos posteriores con respecto al comportamiento de solutos inyectados en tramos mayores. El número de experimentos que se realizaron en cada punto de inyección corresponde a la caracterización aguas arriba y aguas abajo del punto de interés junto con un eventual punto intermedio.

Como trazador, se usó Rodamina WT líquida al 20% de concentración, con un promedio de 5 a 10 gramos de RWT en cada experimento (según tamaño del cauce), inyectando el trazador sobre la corriente central de cada cauce sin necesidad de lancha, levantando una o dos curvas en cada uno de los puntos para obtener información completa sobre el tramo en estudio. (Ver Fotografía 7-1)



**Fotografía 7-1 Avance de las plumas de trazador en el río Aurrá**



Fuente: Fluvia, Hydrocloro Technologies S.A.S., 2016.

#### 7.3.1.2.3.3 Topobatimetría

Para cada cuerpo de agua (río Aurrá y Quebrada Seca) se levantaron cuatro secciones transversales, de tal forma que se obtuvo información planimétrica y altimétrica (x, y, z), del lecho del cauce a lo largo de un kilómetro, donde se repartirá en 500 metros aguas arriba y agua abajo del punto donde se realice el vertimiento. El amarre a las coordenadas IGAC se realizó mediante el posicionamiento de dos puntos GPS con el rastreo suficiente para hacer el pos proceso diferencial con los Rinex de las antenas permanentes del IGAC más próximos a la zona del trabajo. Este levantamiento se desarrolló mediante el uso de estación total de topografía Topcon GPT 3003LW y GPS Receptor Hi-Target V30.

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

#### 7.3.1.2.3.4 Caracterización hidráulica del cuerpo receptor

La caracterización hidráulica consistió en determinar las características hidrodinámicas en un tramo de aproximadamente 1000 metros, bajo diferentes condiciones de caudal. Para secciones transversales representativas se realizó la modelación hidráulica en el programa HEC-RAS, utilizando como insumos las secciones transversales tomadas en campo y caudales estimados a partir de la metodología de cuencas no instrumentadas con información histórica de estaciones hidroclimatológicas del IDEAM cercanas.

Con el fin de evaluar el comportamiento hidráulico del sitio de vertimiento, se utilizó el software HEC-RAS, del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, que permite estimar el perfil hidráulico de una corriente natural a flujo libre, bajo condiciones de flujo uniforme.

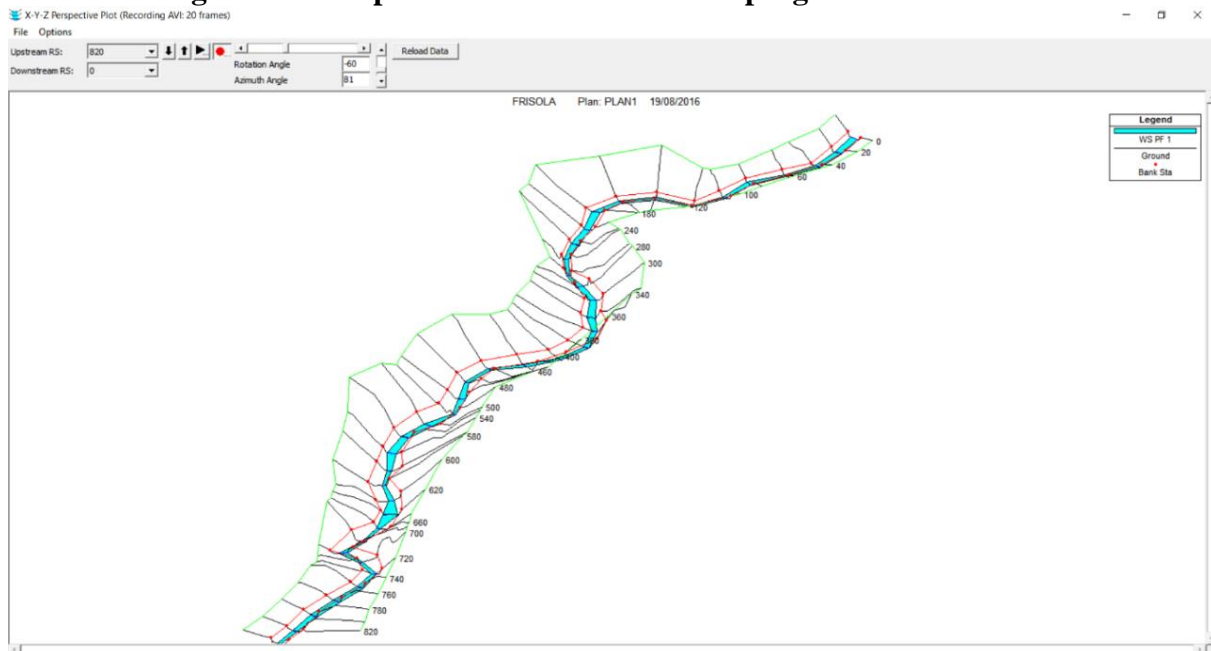
Para el cálculo se consideró que el flujo en los tramos en promedio corresponde a profundidades normales (pendiente de la línea de energía similar a las pendientes medias de los cauces). Mediante ayuda del programa HEC-RAS e iteraciones se estimó el nivel a lo largo de los tramos ajustado al criterio indicado. (Ver Figura 7-22)

Se debe tener en cuenta que las características de la pendiente del fondo de las corrientes en el sector tiende a generar condiciones de flujo casi crítico, en la cual la corriente presenta una gran inestabilidad, ocurriendo altas variaciones de energía específica en tramos muy cortos de la corriente. Para simular este efecto, el programa de computador en mención tiene la capacidad de efectuar simulaciones mixtas entre flujo uniforme subcrítico hasta uniforme supercrítico, bajo ciertos condicionamientos en el ingreso de la información solicitada por él.

Los datos de entrada para el programa son la pendiente del fondo del cauce, las secciones transversales de las corrientes en el área en estudio y el coeficiente de rugosidad de las bancas y de los lechos.

La información geométrica de las secciones y pendiente se obtuvo a partir de medidas aproximadas tomadas en campo. Los coeficientes de fricción se estimaron con base en las observaciones de campo en cada uno de los sitios y la experiencia de los consultores en este tipo de trabajo.

**Figura 7-22. Superficie del río Aurrá en el programa HEC-RAS**



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

#### 7.3.1.2.3.5 Estimación de caudales (método lluvia/escorrentía)

Como insumo para el modelo se efectuó la estimación del escurrimiento superficial con el Método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (Soil Conservation Service -SCS) sobre las cuencas que son parte de la caracterización del componente hidrológico, cuyo objetivo es establecer escenarios de dilución en periodos secos y húmedos. El método SCS estima el escurrimiento medio (Q) mediante la cantidad de precipitación y retención máxima potencia(S), utilizando valores de curva numérica. Las fórmulas para obtener Q y S se indican a continuación.

$$Q = \frac{(P - 0,20S)^2}{P - 0,80S}$$

Dónde:



Q= Escorrentía total acumulada

P= Precipitación total del evento según la escala temporal

S= Infiltración potencial (cm)

La variable S corresponde al análisis de hidrógrafas de cuencas homogéneas en función del uso del suelo, condiciones de la superficie del terreno y la humedad inicial. El valor de S para una determinada condición se puede obtener mediante el análisis de hidrogramas de



	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

cuencas homogéneas. Este valor se da en función del suelo y el número de curva de escorrentía (CN), mediante la siguiente expresión.

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4$$

El valor de CN se determina en función de las prácticas agrícolas, la humedad antecedente y condición hidrológica promedio (AMC=II). La humedad antecedente corresponde a la suma de los valores totales diarios de los últimos cinco días previos a la estimación del caudal.

Para valorar caudales, el software empleado para realizar la modelación es HECHMS (Hydrologic Engineer Center), desarrollado por el Centro de Investigación del U.S. Army Corps of Engineers. HEC-HMS simula procesos de precipitación – escorrentía en cuencas, incluyendo hidrología de inundación.

Estos procesos se efectúan por medio de la separación de los componentes del ciclo hidrológico y de la definición de límites del entorno del área de interés. Una vez calculada la precipitación efectiva, esta se convierte en escorrentía utilizando convolución de hidrogramas unitarios (convoluta). El método utilizado en el modelo HEC HMS para estimar la escorrentía en el sitio de la ocupación es el hidrograma del servicio de Conservación de Suelos.

Finalmente, para la delimitación topográfica de las cuencas, se utiliza el modelo digital de elevación, el cual corresponde a una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, caracterizando las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular que permite, a través de un sistema de información geográfica, definir las áreas aferentes según el interés del usuario y la escala de trabajo a analizar.

#### 7.3.1.2.3.6 Calidad del agua de los cuerpos de agua objeto de vertimiento

Otro de los insumos requeridos para alimentar el modelo, corresponde a los resultados de las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas del río Aurrá y la quebrada Seca. Los resultados del análisis de laboratorio se presentan en la Tabla 7-21, es de mencionar que los reportes generados por el laboratorio son presentados en el Anexo E. Hidrología.



**Tabla 7-21. Resultados de calidad de agua cuerpos de agua objeto de vertimiento**

Parámetro	Unidades	Río Aurrá	Quebrada Seca
TEMPERATURA	°C	29,1	31,0
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	72	170
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	112	379
NTK (NITROGENO TOTAL KJELDAHL)	mg/L	<4	<4
DQO	mg/L	34,3	26,4
OXIGENO DISUELTO	mg/L	7,5	115,35
DBO5	mg/L	<5	<5
FOSFORO TOTAL	mg/L	0,158	
NITROGENO AMONICAL	mg/L	<2	<2
NITRATOS	mg/L	0,489	0,411
NITRITOS	mg/L	0,0518	0,0139
COLIFORMES FECALES	UFC/100mL	<18	400
COLIFORMES TOTALES	UFC/100mL	40	94000
ALCALINIDAD	mg/L	48.8	60,7
PH	UNIDADES	8,53	8,5
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<10	<10
CLORUROS	mg/L	<5	5,25
SULFATOS	mg/L	<15	59,0

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016).

#### 7.3.1.2.3.7 Caracterización del vertimiento

Para realizar el modelo de calidad del agua se tomaron datos de acuerdo a los valores máximos permisibles para los vertimientos en aguas superficiales según Resolución 631 del 17 de marzo de 2015 y composición típica de aguas residuales domésticas e industriales tratadas y no tratadas. Los datos escogidos para la modelación fueron los más altos con el fin de generar escenarios en condiciones críticas. Es de aclarar que los valores escogidos se analizaron y escogieron sin pasar por alto lo estipulado por la normatividad ambiental vigente.

En la Tabla 7-22 se presenta los límites en concentración para el vertimiento propuesto antes del tratamiento. Para el caso de las concentraciones estimadas después del tratamiento correspondiente, se consideran los límites establecidos por el Decreto 3930 de 2010 (cuyos límites todavía están regidos por el Decreto 1076 de 2015).

Es de aclarar que la aplicación de los modelos de calidad se realizaron con base en el Decreto 3930 de 2010, Artículo 7 “De los modelos de simulación de la calidad del recurso hídrico”, contemplando los parámetros mínimos que exige la norma (DBO<sub>5</sub>, SST, pH, Temperatura y Caudal) y otros de interés ambiental y que debido a las características del agua a verter, se incluyeron dentro del modelo de calidad los siguientes parámetros: DQO, cloruros, sulfatos y grasas y aceites.

**Tabla 7-22 Caracterización fisicoquímica de las aguas industriales y domesticas**

PARÁMETRO	Valor de vertimiento	Composición típica de aguas residuales domesticas e industriales tratadas	Composición típica de aguas residuales domesticas e industriales no tratadas	Resolución 0631 de 2015. Art. 15)
PH (UNIDADES)	8,27	8,27	11	6 - 9 unidades
DBO5 (MG/L)	50	77,2	288	50
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	46	46	128	50
DQO (MG/L)	108	108	444	150
CLORUROS (MG/L)	150	NE	150	250
SULFATOS (MG/L)	135	NE	135	250
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	10	6,9	10	10
TEMPERATURA (°C)	26,84	26,84	NE	NE
COLIFORMES TOTALES (NMP/100 ml)	900	NE	900	NE
COLIFORMES FECALIS (NMP/100 ml)	80	NE	80	NE

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)



Como se mencionó anteriormente el caudal a verter es el máximo que soporte cada corriente, de tal forma que después de realizarse la mezcla completa del vertimiento (zona de mezcla), no se sobrepasen las concentraciones máximas permisibles. De acuerdo a lo evaluado para el cuerpo de agua receptor en el tramo evaluado y teniendo en cuenta la normatividad ambiental vigente, se toma un **caudal máximo de vertimiento de 0,7405 l/s para el río Aurrá y de 20 l/s para la quebrada Seca.**

#### 7.3.1.2.3.8 Corrida, calibración y verificación del modelo

A continuación se expone el cálculo desarrollado para determinar el balance de masas y el factor de dilución como insumos del modelo desarrollado.

#### 7.3.1.2.3.9 Balance de masas

El balance de masas se realizó con el objeto de determinar el efecto de un vertimiento puntual sobre una fuente receptora, en este caso puntual para evaluar algunos parámetros como cloruros, sulfatos y grasas y aceites, este ultimo de característica conservativa, el cual tienen un comportamiento atípico dentro del cuerpo de agua receptor y que de acuerdo a su composición no es posible modelarlo dentro del modelo de calidad Qual2kw. Sin embargo,

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

el balance de masas es una aceptable aproximación de cuál es la concentración que puede presentar el cuerpo de agua al generarse la mezcla. A continuación se presenta la metodología para la aplicación del Balance de Masas:

$$C = ((Q_e * C_e) + (Q_w * C_w)) / Q$$

Dónde:

C: Concentración del parámetro evaluado en la corriente receptora aguas abajo de la descarga.

Q: Caudal de la corriente receptora una vez se hace el vertimiento.  $Q = Q_w + Q_e$

Q<sub>w</sub>: Caudal de la corriente receptora, aguas arriba del vertimiento.

C<sub>w</sub>: Concentración del parámetro evaluado en la corriente receptora, aguas arriba del vertimiento.

Q<sub>e</sub>: Caudal del efluente tratado.



C<sub>e</sub>: Concentración del parámetro evaluado, del efluente tratado.

Se presenta el balance de cargas en el punto de vertimiento, tomando los valores máximos de acuerdo a la Resolución 631 del 17 de marzo de 2015 y la composición típica de aguas residuales domésticas tratadas y no tratadas, con el fin de cumplir con el Decreto 3930 de 2010 (cuyos límites están regidos por el Decreto 1076 de 2015), para la calidad del agua del cuerpo receptor.

Así mismo el balance de cargas se realizó confrontando el monitoreo de calidad del agua con los caudales medidos en campo mediante la prueba de trazadores y los caudales mínimos y máximos generados por medio de la modelación hidrológica para el río Aurrá, esto con el fin de evaluar el comportamiento del río en los tres escenarios de caudales.

En la Tabla 7-23, se presenta el balance de masas estimado para el vertimiento sobre el río Aurrá en el punto asociado a la Planta 2, en el cual se evidencia que este provoca una variación en la concentración de cada parámetro evaluado. Esta variación en la cual siempre es un descenso genera una condición óptima en las características que trae el río, por lo cual se puede afirmar que bajo los tres escenarios de caudal no se presenta una afectación al cuerpo de agua receptor y no aqueja los conflictos por uso-calidad del recurso.

En cuanto al balance de masas para el vertimiento en la quebrada Seca puede observarse en la Tabla 7-24, en el que se evidencia que el vertimiento sobre la quebrada La Seca provoca una variación en la concentración de los parámetros DQO, Cloruros y Sulfatos, generando un incremento hasta de 6 mg/l en el escenario más crítico que corresponde bajo condición de caudal mínimo. Sin embargo los resultados en general no evidencian variaciones considerables, por lo cual se estima que no se generarán afectaciones al cuerpo de agua receptor y no aqueja los conflictos por uso-calidad del recurso.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	



**Tabla 7-23 Balance de masas río Aurrá**

PARAMETRO	Concentración del vertimiento	Concentración del río Aurrá antes del vertimiento	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 0,7 m <sup>3</sup> /s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 3 m <sup>3</sup> /s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 130 m <sup>3</sup> /s
CAUDAL	0.0007405		0.70074050	3.00074050	130.00074050
PH (UNIDADES)	8.27	8.53	8.52730248	8.53421150	8.53626788
DBO5 (MG/L)	50	5	4.99841880	5.00246864	5.00367402
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (MG/L)	46	112	111.96458120	112.05529749	112.08229803
DQO (MG/L)	108	34.3	34.28915299	34.31693486	34.32520377
CLORUROS (MG/L)	150	5	4.99841880	5.00246864	5.00367402
SULFATOS (MG/L)	135	15	14.99525641	15.00740591	15.01102206
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	10	10	9.99683761	10.00493728	10.00734804
TEMPERATURA (°C)	26.84	29.1	29.09079744	29.11436747	29.12138279
COLIFORMES TOTALES (NMP/100 ml)	900	40	39.98735043	40.01974910	40.02939216
COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)	80	18	17.99430769	18.00888710	18.01322647

Fuente: (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

**Tabla 7-24 Balance de masas quebrada Seca**

PARAMETRO	Concentración del vertimiento	Concentración Quebrada Seca antes del vertimiento	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 0,8 m <sup>3</sup> /s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 2,01 m <sup>3</sup> /s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 31,71 m <sup>3</sup> /s
CAUDAL	0,02		0.82000000	2.03000000	31.73000000
PH (UNIDADES)	8.27	8.5	8.49439024	8.49773399	8.49985503
DBO5 (MG/L)	50	5	6.09756098	5.44334975	5.02836432
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (MG/L)	50	379	370.97560976	375.75862069	378.79262528
DQO (MG/L)	150	26.4	29.41463415	27.61773399	26.47790734

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

PARAMETRO	Concentración del vertimiento	Concentración Quebrada Seca antes del vertimiento	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 0,8 m³/s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 2,01 m³/s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 31,71 m³/s
CLORUROS (MG/L)	250	5.25	11.21951220	7.66133005	5.40427041
SULFATOS (MG/L)	250	59	63.65853659	60.88177340	59.12039080
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	10	10	10.00000000	10.00000000	10.00000000
TEMPERATURA (°C)	26.84	31	30.89853659	30.95901478	30.99737788
COLIFORMES TOTALES (NMP/100 ml)	900	94000	91729.26829268	93082.75862069	93941.31736527
COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)	80	400	392.19512195	396.84729064	399.79829814

Fuente: (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

#### 7.3.1.2.3.10 Factor de dilución

El impacto negativo en un cuerpo de agua está dado por no cambiar las condiciones iniciales de este, respecto a los usos de que se tengan sobre las fuentes hídricas aguas abajo.



El factor de dilución es una forma de obtener un resultado para predecir la capacidad que posee un río, quebrada, caño, arroyo o cualquier cuerpo de agua lótico de asimilar un vertimiento, el cual está dado por la relación entre el volumen del cuerpo de agua y el volumen del vertimiento, siendo un mejor escenario cuando esta relación se aleje más de 0.

Con base a los resultados de los caudales medidos en campo y los mínimos y máximos obtenidos de la estación Peñalta para el río Aurrá y, los mínimos y máximos generados por modelación hidrológica para la quebrada Seca, se realizó la evaluación de factor de dilución tal y como se muestra a continuación.

**Tabla 7-25 Factor de dilución en el río Aurrá**

MEDIDAS	RÍO AURRÁ		
	CAUDAL (L/s)	CAUDAL DEL VERTIMIENTO (L/s)	FACTOR DE DILUCIÓN
MEDIDO	3000	0,70405	4051
MÍNIMO	700	0,70405	945
MÁXIMO	130000	0,70405	175557

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

En la Tabla 7-25 se observa el factor de dilución bajo los tres escenarios de caudal, siendo un mejor escenario bajo condición de caudal máximo (130000 l/s), lo que facilita la dilución y posterior asimilación. En el caso de los caudales mínimos y el medido con la prueba de trazadores se observa que el factor de dilución oscila entre 945 y 4051.

**Tabla 7-26 Factor de dilución en la quebrada Seca**

MEDIDAS	RÍO AURRÁ		
	CAUDAL (L/s)	CAUDAL DEL VERTIMIENTO (L/s)	FACTOR DE DILUCIÓN
<b>MEDIDO</b>	2010	20	100,5
<b>MÍNIMO</b>	820	20	41
<b>MÁXIMO</b>	31710	20	1585,5

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

En la Tabla 7-26 se observa el factor de dilución bajo los tres escenarios de caudal para la quebrada Seca, siendo un mejor escenario bajo condición de caudal máximo (31710 l/s), lo que facilita la dilución y posterior asimilación. En el caso de los caudales mínimos y el medido con la prueba de trazadores se observa que el factor de dilución oscila entre 41 y 100,5.

#### 7.3.1.2.3.11 Zona de mezcla



La zona de mezcla se calcula mediante un coeficiente de dispersión lateral y longitudinal, estos coeficientes se pueden determinar mediante ecuaciones planteadas por diversos autores o por la utilización de trazadores. Para la determinación de la zona de mezcla de las corrientes de interés se desarrolló la metodología de ensayos con trazadores y se compararon con las ecuaciones teóricas, quienes están desarrolladas en función del caudal y las condiciones geométricas de la corriente, analizando el cuerpo de agua; obteniendo así los siguientes resultados.

##### 7.3.1.2.3.11.1 Ensayo con trazadores

Los experimentos con trazadores son la mejor forma de calibrar los parámetros hidráulicos y los fenómenos de transporte y de calidad del agua sobre fuentes hídricas. Estos pueden ser utilizados para determinar caudales, coeficientes de dispersión longitudinal, tiempos de viaje y establecer zonas de mezcla aguas abajo de descargas o tributarios.

El trazador a utilizar dentro del proyecto es Rodamina WT, ya que es un químico que debido a su baja toxicidad y poca interacción con la comunidad biológica en concentraciones adaptables a cada cuerpo de agua no provoca impactos degenerativos y es muy eficiente para estudios de dispersión en aguas.

En el presente estudio se realizó el ensayo con trazadores sobre el río Aurrá y sobre la quebrada Seca, ya que se constituyen en fuentes hídricas ubicadas dentro del área del

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

proyecto con un buen potencial para realizar descargas de aguas residuales tratadas. La inyección del trazador se realizó sobre cada cuerpo de agua, en el mismo sitio donde se proyecta realizar el vertimiento.

A continuación en la Tabla 7-27 y Tabla 7-28 se presentan los resultados obtenidos de la prueba de trazadores.

**Tabla 7-27 Resultados hidráulicos de la prueba de trazadores en el río Aurrá**

TOMA DE MUESTRA		Q (M3/S)	U (M/S)	W (M)	H (M)	AH (M2)	TV (S)
INYECCION TRAZADOR 1	AGUAS ARRIBA (1)	3	1,01	8,7	0,34	3	84
	AGUAS ARRIBA (2)	3	1,01	8,7	0,34	3	84
	AGUAS ARRIBA (3)	3	0,98	8,7	0,34	3	87
INYECCION TRAZADOR 2	AGUAS ABAJO (1)	2,1	0,95	8,5	0,26	2,21	74
	AGUAS ABAJO (2)	2,1	0,97	8,5	0,26	2,21	72
	AGUAS ABAJO (3)	2,1	0,97	8,5	0,26	2,21	72
	AGUAS ABAJO (4)	2,1	1,03	8,5	0,26	2,21	68
Q = Caudal		W = Ancho		AH = Área hidráulica			
U = Velocidad		H = Profundidad		TV = Tiempo de viaje			

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

**Tabla 7-28 Resultados hidráulicos de la prueba de trazadores en la quebrada Seca**



TOMA DE MUESTRA		Q (M3/S)	U (M/S)	W (M)	H (M)	AH (M2)	TV (S)
INYECCION TRAZADOR 1	AGUAS ARRIBA (1)	2,16	0,98	11	0,20	2,2	102
	AGUAS ARRIBA (2)	2,16	0,98	11	0,20	2,2	102
	AGUAS ARRIBA (3)	2,16	0,98	11	0,20	2,2	102
INYECCION TRAZADOR 2	AGUAS ABAJO (1)	1,97	0,92	12,6	0,17	2,14	98
	AGUAS ABAJO (2)	1,97	0,90	12,6	0,17	2,14	100
	AGUAS ABAJO (3)	1,97	0,93	12,6	0,17	2,14	97
Q = Caudal		W = Ancho		AH = Área hidráulica			
U = Velocidad		H = Profundidad		TV = Tiempo de viaje			

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

#### 7.3.1.2.3.12 Coeficiente de dispersión longitudinal teórico

El coeficiente de dispersión longitudinal fue determinado mediante la utilización de trazadores, sin embargo algunos autores han hallado ecuaciones experimentales que



	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

relacionando parámetros del cuerpo de agua como caudal, pendiente, ancho, profundidad y velocidad, establecen dicho coeficiente.

Para determinar el coeficiente de dispersión longitudinal Teórico se utilizaron dos metodologías empíricas, la primera es por medio de Fischer y la segunda expuesta por McQuivey y Keefer, de donde se escoge una de ellas de acuerdo al número de Froude (valores inferiores a 0.5 se utiliza McQuivey y Keefer y valores mayores a 0.5 se utiliza Fischer), las ecuaciones se presentan en la Tabla 7-29 y los resultados comparativos entre la prueba de trazadores y las ecuaciones empíricas aplicadas se muestran en la Tabla 7-30 y Tabla 7-31.

**Tabla 7-29. Ecuaciones de dispersión longitudinal teórico**

FISHER	ECUACIÓN DE MCQUIVEY Y KEEFER
$CDL = 0.011 * \frac{V^2 * B^2}{H * U}$	$CDL = 0.05937 * \frac{Q}{S * B}$
CDL= Coeficiente de dispersión longitudinal    V= Velocidad de flujo    B = Ancho de la sección. U = Velocidad de corte    H = Profundidad del cauce    Q = Caudal    S = Pendiente	

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

**Tabla 7-30. Coeficiente de dispersión longitudinal del trazador y teórico del río Aurrá**

COEFICIENTE DE DISPERSION LONGITUDINAL m <sup>2</sup> /s		
TRAZADOR	0,27	
ECUACIÓN EMPIRICA	FISHER	MCQUIVEY Y KEEFER
	8,01	0,721

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

**Tabla 7-31. Coeficiente de dispersión longitudinal del trazador y teórico de la quebrada Seca**

COEFICIENTE DE DISPERSION LONGITUDINAL m <sup>2</sup> /s		
TRAZADOR	0,53	
ECUACIÓN EMPIRICA	FISHER	MCQUIVEY Y KEEFER
	26,644	0,268

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

A su vez se calculó el coeficiente de dispersión longitudinal para los escenarios de caudal mínimo y máximo como se muestra a continuación. (Tabla 7-32 y Tabla 7-39)

**Tabla 7-32. Coeficientes de dispersión longitudinal teórico del río Aurrá en los escenarios de caudal mínimo y máximo**

COEFICIENTE DE DISPERSION LONGITUDINAL m <sup>2</sup> /s		
CAUDAL	FISHER	MCQUIVEY Y KEEFER
MÍNIMO (0,7 m <sup>3</sup> /s)	0,844	1,351
MÁXIMO (130 m <sup>3</sup> /s)	22,84	36,253

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

**Tabla 7-33. Coeficientes de dispersión longitudinal teórico de la quebrada Seca en los escenarios de caudal mínimo y máximo**

COEFICIENTE DE DISPERSION LONGITUDINAL m <sup>2</sup> /s		
CAUDAL	FISHER	MCQUIVEY Y KEEFER
MÍNIMO (0,7 m <sup>3</sup> /s)	1,803	0,431
MÁXIMO (130 m <sup>3</sup> /s)	249,51	1,914

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

#### 7.3.1.2.3.13 Coeficiente de dispersión lateral teórico

El cálculo de la dispersión lateral se realiza a partir de la siguiente fórmula:

$$CDLa = 0.6 * H * U$$

Dónde:

CDLa = Coeficiente de dispersión lateral

H = Profundidad del cauce (m)

U = Velocidad de corte (m/s)

A continuación se presenta un cuadro comparativo entre el coeficiente calculado por medio de la ecuación empírica y el determinado con los datos del trazador:

**Tabla 7-34. Coeficiente de dispersión lateral teórico y calculado con el trazador**

COEFICIENTE DE DISPERSION LATERAL m/s		
	Río Aurrá	Quebrada Seca
TRAZADOR	0,00273	0,054
ECUACIÓN EMPÍRICA	0,0623	0,0311

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

A su vez se calculó el coeficiente de dispersión lateral para los escenarios de caudal mínimo y máximo como se muestra a continuación:

**Tabla 7-35. Coeficiente de dispersión lateral teórico en los diferentes escenarios**

COEFICIENTE DE DISPERSION LATERAL m/s	
<b>Río Aurrá</b>	
<b>CAUDAL</b>	<b>FISHER</b>
MÍNIMO (0,7 m³/s)	0,0291
MÁXIMO (130 m³/s)	0,7569
<b>Quebrada Seca</b>	
<b>CAUDAL</b>	<b>FISHER</b>
MÍNIMO (0,82 m³/s)	0,033
MÁXIMO (31,71 m³/s)	0,0997

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

#### 7.3.1.2.3.14 Longitud de zona de mezcla teórica

La longitud de zona de mezcla es de gran importancia para el estudio de la calidad de agua, ya que por medio de esta establecemos como una descarga puntual se comporta tanto longitudinal como verticalmente, y el tiempo que tarda para mezclarse completamente. Sin embargo su aplicación más importante se refiere a la determinación del punto donde se realiza la dilución total con el fin de establecer por medio el software Qual2kw el comportamiento de cada parámetro en el cuerpo de agua.

Para la estimación de la zona de mezcla se presentan cuatro fórmulas de dos autores diferentes, las cuales presentan variables dependiendo de la zona donde se realice la descarga.

**Tabla 7-36 Ecuaciones de longitud de zona de mezcla teórica**

FISHER		YOTSUKURA	
Descarga desde la orilla	Descarga desde la mitad:	Descarga desde la orilla	Descarga desde la mitad:
$L_{Mo} = 0.4 * U * \frac{B^2}{CDLa}$	$L_{Mc} = 0.1 * U * \frac{B^2}{CDLa}$	$L_{Mo} = 8,52 * \frac{U * B^2}{H}$	$L_{Mc} = 4,26 * \frac{U * B^2}{H}$
LMo= Longitud de la zona de mezcla desde la orilla    LMc= Longitud de la zona de mezcla desde el centro B=Ancho de la sección    U=Velocidad media    CDLa=Coeficiente de dispersión lateral    H=Profundidad			

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

Entonces de acuerdo a las ecuaciones anteriores, las longitudes de las zonas de mezcla Teóricas para el caso del río Aurrá comparada con la del análisis de trazadores son:

**Tabla 7-37 Longitud de zona de mezcla teórica para el río Aurrá comparada con la del análisis de trazadores**

LONGITUD ZONA DE MEZCLA TEORICA (metros)		
DESCARGA A LA ORILLA		
CUERPO DE AGUA	FISHER	YOTSUKURA
RÍO AURRÁ	485,64	1896,70
DESCARGA EN EL CENTRO		
CUERPO DE AGUA	FISHER	YOTSUKURA
RÍO AURRÁ	121,4	948,35
LONGITUD ZONA DE MEZCLA TRAZADOR (metros)		
223		

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

Para el caso de la quebrada Seca, se tienen las longitudes de zona de mezcla que se presentan a continuación:

**Tabla 7-38 Longitud de zona de mezcla teórica para la quebrada Seca comparada con la del análisis de trazadores**

LONGITUD ZONA DE MEZCLA TEORICA (metros)		
DESCARGA A LA ORILLA		
CUERPO DE AGUA	FISHER	YOTSUKURA
RÍO AURRÁ	1699,81	5931,62
DESCARGA EN EL CENTRO		
CUERPO DE AGUA	FISHER	YOTSUKURA
RÍO AURRÁ	425	2965,81
LONGITUD ZONA DE MEZCLA TRAZADOR (metros)		
247		

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

A su vez se calculó el coeficiente de dispersión lateral para los escenarios de caudal mínimo y máximo como se muestra a continuación:

**Tabla 7-39 Longitud de zona de mezcla teórica para el río Aurrá en los escenarios de caudal mínimo y máximo**

LONGITUD ZONA DE MEZCLA TEORICA (metros)		
DESCARGA A LA ORILLA		
ESCENARIO	FISHER	YOTSUKURA
MÍNIMO (0,7 m <sup>3</sup> /s)	165,05	280,72
MÁXIMO (130 m <sup>3</sup> /s)	581,65	3692

DESCARGA EN EL CENTRO		
ESCENARIO	FISHER	YOTSUKURA
MÍNIMO (0,7 m <sup>3</sup> /s)	41,3	140,36
MÁXIMO (130 m <sup>3</sup> /s)	145,4	1846

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

**Tabla 7-40 Longitud de zona de mezcla teórica para la quebrada Seca en los escenarios de caudal mínimo y máximo**

LONGITUD ZONA DE MEZCLA TEORICA (metros)		
DESCARGA A LA ORILLA		
ESCENARIO	FISHER	YOTSUKURA
MÍNIMO (0,7 m <sup>3</sup> /s)	254,16	668,68
MÁXIMO (130 m <sup>3</sup> /s)	12195,13	49781,54
DESCARGA EN EL CENTRO		
ESCENARIO	FISHER	YOTSUKURA
MÍNIMO (0,7 m <sup>3</sup> /s)	63,5	334,34
MÁXIMO (130 m <sup>3</sup> /s)	3048,8	24890,77

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.



Se debe tener en cuenta que las principales alternativas desde el punto de vista técnico y ambiental para ambos cuerpos de agua son la descarga desde la orilla, o desde el centro o lateralmente a lo largo del cauce; además para la descarga desde una de las orillas del cauce se debe implementar una tubería estática o móvil en el caso de vertimientos con carrotaques.

#### 7.3.1.2.3.15 Longitud de tramo de modelación

La longitud del tramo de modelación se definió teniendo en cuenta la zona de mezcla, es decir, que la longitud del tramo a modelar no fue inferior a la distancia de zona de mezcla determinada en el escenario más crítico de caudal o flujo máximo, siendo para el río Aurrá una distancia de 582 m.

#### 7.3.1.2.3.16 Modelo de calidad del agua

Para efecto de la utilización del modelo Qual2kw en la simulación de vertimientos se establecieron las constantes de reaeración y desoxigenación las cuales permiten establecer la capacidad de asimilación. (Ver Tabla 7-41 y Tabla 7-42).

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-41 Constante de reaireación en los escenarios de caudal medido, mínimo y máximo**

ECUACIONES DE CONSTANTE DE REAIREACIÓN (d-1)						
Río Aurrá						
ESCENARIO	O'CONNOR Y DOBBINS	CORRECCION T °C	CHURCHILL	CORRECCION T °C	OWENS Y GIBBS	CORRECCION T °C
MEDIDO	19,82	24,60	30,45	37,79	39,1449	48,57
MÍNIMO	9,96	12,36	8,42	10,45	15,7430	19,54
MÁXIMO	1,50	1,86	2,52	3,13	1,6954	2,10
Quebrada Seca						
ESCENARIO	O'CONNOR Y DOBBINS	CORRECCION T °C	CHURCHILL	CORRECCION T °C	OWENS Y GIBBS	CORRECCION T °C
MEDIDO	46.25	60.04	76.46	99.25	110.99	144.08
MÍNIMO	18.37	23.84	19.24	24.98	34.06	44.22
MÁXIMO	11.67	15.15	18.57	24.11	20.60	26.74

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

**Tabla 7-42 Constante de desoxigenación en los escenarios de caudal medido, mínimo y máximo**

Cuerpo de agua	ECUACION DE CTE DE DESOXIGENACIÓN (d-1)	
Río Aurrá	MEDIDO	1,055
	MÍNIMO	2,136
	MÁXIMO	0,165
Quebrada Seca	MEDIDO	1,24
	MÍNIMO	1,985
	MÁXIMO	0,329

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

#### 7.3.1.2.3.17 Calibración y precisión del modelo de calidad

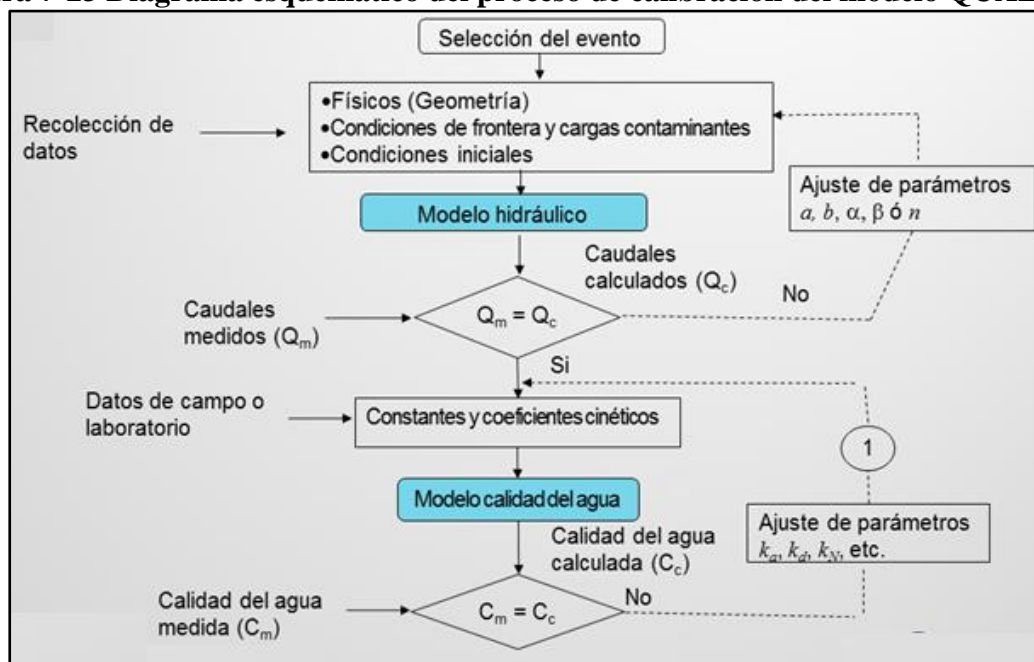
La calibración en los modelos de calidad consiste en ajustar las constantes y coeficientes incluidos en el modelo de tal manera que este sea capaz de reproducir la calidad del agua en la corriente con una alta confiabilidad.

La calibración del modelo Qual2kw se realizó bajo un caudal específico, se determinaron las características físicas de la corriente y se midieron los parámetros en campo y en el laboratorio, las variables que no se pudieron medir in situ se estimaron aplicando conceptos de la literatura.

Se evaluaron dentro del tramo de modelación las cargas contaminantes puntuales y/o distribuidas y se segmentó la corriente de acuerdo a sus características, midiendo las pendientes, secciones, altitud, longitudes, caudales, velocidades, profundidades, etc, con el fin de que no fuera fuente de incertidumbre en los resultados.

En el siguiente diagrama se explica el procedimiento para la calibración del modelo QUAL2KW:

**Figura 7-23 Diagrama esquemático del proceso de calibración del modelo QUAL2KW**



Fuente: Curso de modelación de calidad de aguas en ríos y corrientes y su aplicación en planes de saneamiento y manejo de vertimientos (Res. 1433/2004 y Dec. 3930/2010 sobre vertimientos).

#### 7.3.1.2.3.18 Datos ajustados e introducidos al modelo QUAL2KW

El Software QUAL2KW es capaz de deducir el comportamiento de las variables DBO<sub>5</sub> y Sólidos Suspendidos Totales en un río, sin embargo los datos de entrada a este modelo no son tan fáciles de deducir, ya que para generar el comportamiento de la DBO<sub>5</sub> es necesario transformarla a DBO última mediante un proceso de ajuste de datos.

La representación gráfica de los sólidos suspendidos totales en el programa los calcula mediante la entrada del parámetro sólidos suspendidos inorgánicos. Se aclara que el software pide la entrada de este parámetro en unidades de mgD/L y los laboratorios la expresan en unidades de mg/L, por ende hay que realizar la conversión de unidades.



A continuación se presentan los cálculos de cada una de las variables a introducir en el modelo de calidad del agua QUAL2KW (Ver Tabla 7-43).

**Tabla 7-43 Variables a introducir en el modelo de calidad para cada cuerpo de agua**

Cuerpo de agua	PARÁMETRO	UNIDADES	PUNTO MONITOREADO
Río Aurrá	DBO <sub>5</sub>	mg / L	5
	DBO R	mg / L	7,1
	DQO	mg / L	34,3
	POM	mg / L	27,3
		mg D/L	25,3
	SST	mg / L	112
Quebrada Seca	DBO <sub>5</sub>	mg / L	5
	DBO R	mg / L	7,1
	DQO	mg / L	26,4
	POM	mg / L	19,4
		mg D/L	18
	SST	mg / L	379

Fuente: Curso de modelación de calidad de aguas en ríos y corrientes y su aplicación en planes de saneamiento y manejo de vertimientos (Res. 1433/2004 y Dec. 3930/2010 sobre vertimientos).

#### 7.3.1.2.3.19 Resultados del modelo QUAL2KW después del vertimiento

Luego de realizar la calibración del modelo de simulación con los datos hidrológicos e hidráulicos, se introduce dentro del programa Qual2kw. A continuación se presentan los resultados de la simulación del vertimiento en condiciones de caudal medido por el método de trazadores, mínimo y máximo para las corrientes evaluadas.

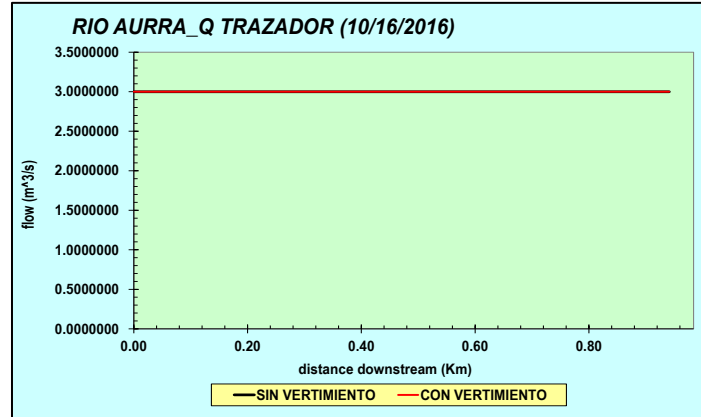
#### 7.3.1.2.3.20 Resultados después del vertimiento río Aurrá

A partir del modelo de calidad del agua analizado para el río Aurrá, se estableció que después de conformarse la zona de mezcla en condición de caudales mínimo, máximo y medido en campo sobre la fuente hídrica, no se genera una afección notoria sobre la calidad fisicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica, los cuales en su totalidad presentan una correcta asimilación del vertimiento propuesto para los parámetros modelados (Caudal, Velocidad, Profundidad, DBO<sub>5</sub>, pH, Temperatura, DQO, Solidos Suspendidos Totales, Coliformes Totales y Fecales).

Teniendo en cuenta todos los resultados de la modelación de la calidad del agua, en condiciones de caudal vertido de 0,7405 l/s y caudales de cuerpo de agua receptor mínimo de 700 l/s, máximo de 130000 l/s y medido de 3000 l/s, se determinó que el poder de asimilación es óptimo y no representa cambios significativos.

✓ Caudal ( $m^3/s$ )-Río Aurrá

**Figura 7-24 Escenario Caudal medido con trazadores río Aurrá**



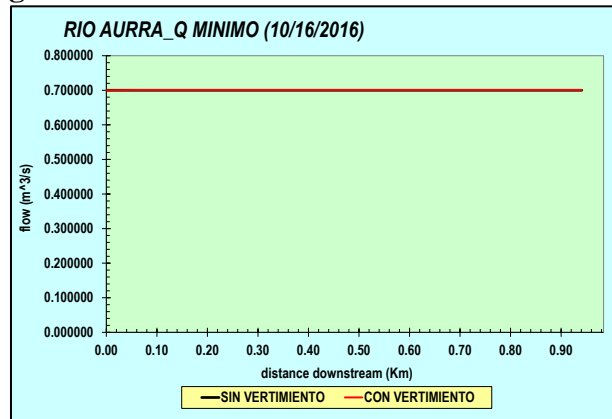
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-44. Escenario Caudal medido con trazadores río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO ( $m^3/s$ )	RESULTADOS CON VERTIMIENTO ( $m^3/s$ )
0.000000	3.0000000	3.0000000
0.0655000	3.0000000	3.0007405
0.1890000	3.0000000	3.0007405
0.2855000	3.0000000	3.0007405
0.4090000	3.0000000	3.0007405
0.5530000	3.0000000	3.0007405
0.6870000	3.0000000	3.0007405
0.8300000	3.0000000	3.0007405
0.9410000	3.0000000	3.0007405

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-25. Escenario Caudal Mínimo río Aurrá**



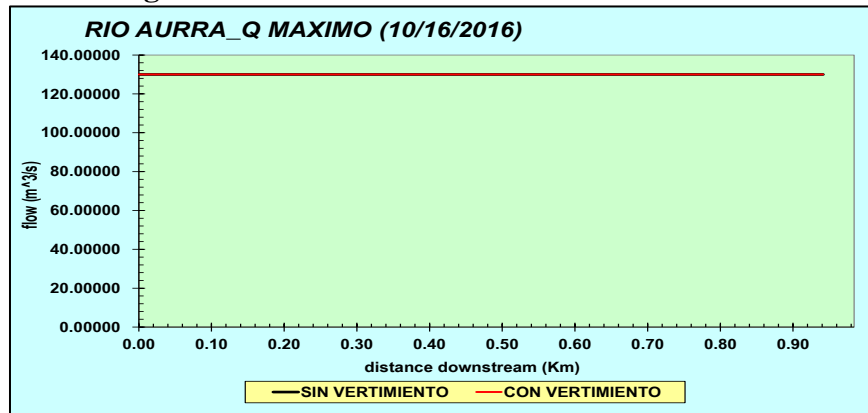
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-45. Escenario caudal mínimo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m³/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m³/s)
0.000000	0.700000	0.700000
0.065500	0.700000	0.700741
0.189000	0.700000	0.700741
0.285500	0.700000	0.700741
0.409000	0.700000	0.700741
0.553000	0.700000	0.700741
0.687000	0.700000	0.700741
0.830000	0.700000	0.700741
0.941000	0.700000	0.700741

Fuente: Software Qual2kw

**Figura7-26. Escenario caudal máximo río Aurrá**



Fuente: Software Qual2kw

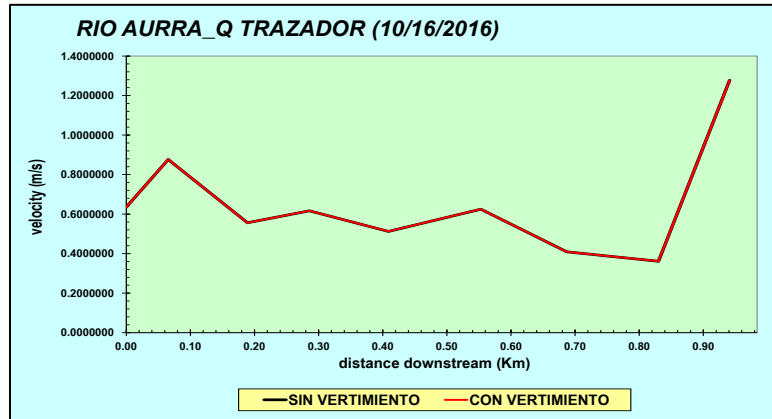
**Tabla 7-46. Escenario caudal máximo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m³/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m³/s)
0.00000	130.00000	130.00000
0.06550	130.00000	130.00074
0.18900	130.00000	130.00074
0.28550	130.00000	130.00074
0.40900	130.00000	130.00074
0.55300	130.00000	130.00074
0.68700	130.00000	130.00074
0.83000	130.00000	130.00074
0.94100	130.00000	130.00074

Fuente: Software Qual2kw

✓ Velocidad (m/s)-río Aurrá

**Figura 7-27. Escenario velocidad con caudal medido con trazadores río Aurrá**



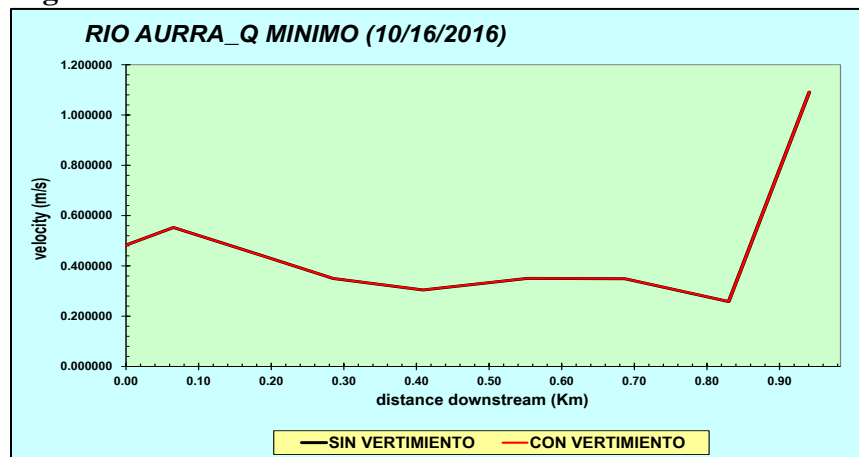
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-47 Escenario Velocidad con caudal medido con trazadores río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.000000	0.6352616	0.6352616
0.0655000	0.8764634	0.8765484
0.1890000	0.5559860	0.5560394
0.2855000	0.6166994	0.6167578
0.4090000	0.5123802	0.5124296
0.5530000	0.6249068	0.6249671
0.6870000	0.4090271	0.4090670
0.8300000	0.3613139	0.3613491
0.9410000	1.2768047	1.2769289

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-28. Escenario velocidad con caudal mínimo río Aurrá**



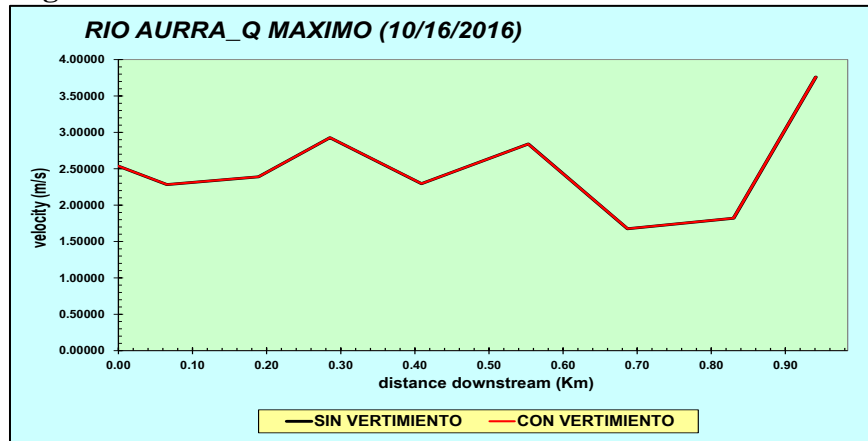
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-48. Escenario velocidad con caudal mínimo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.000000	0.482295	0.482295
0.065500	0.552573	0.552796
0.189000	0.438841	0.439019
0.285500	0.349554	0.349700
0.409000	0.304207	0.304333
0.553000	0.350031	0.350176
0.687000	0.348623	0.348769
0.830000	0.257932	0.258039
0.941000	1.090862	1.091311

Fuente: *Software Qual2kw*

**Figura 7-29. Escenario velocidad con caudal máximo río Aurrá**



Fuente: *Software Qual2kw*

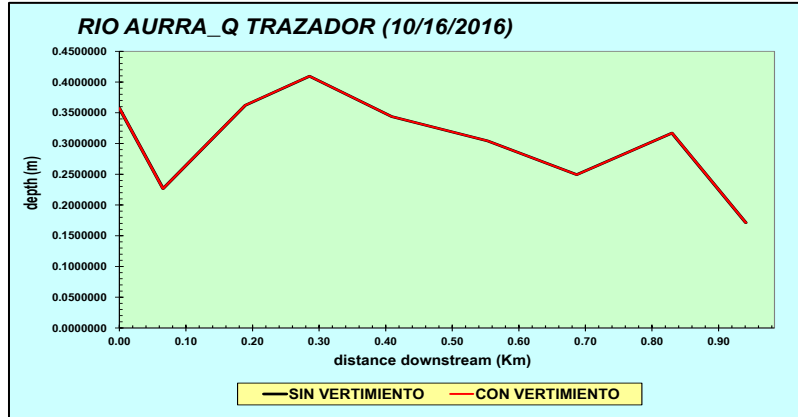
**Tabla 7-49. Escenario Velocidad con caudal Máximo**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.00000	2.53574	2.53574
0.06550	2.28253	2.28253
0.18900	2.38986	2.38986
0.28550	2.92794	2.92795
0.40900	2.29552	2.29553
0.55300	2.84016	2.84016
0.68700	1.67533	1.67533
0.83000	1.82043	1.82043
0.94100	3.76020	3.76020

Fuente: *Software Qual2kw*

✓ Profundidad (m)-Río Aurrá

**Figura 7-30. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores río Aurrá**



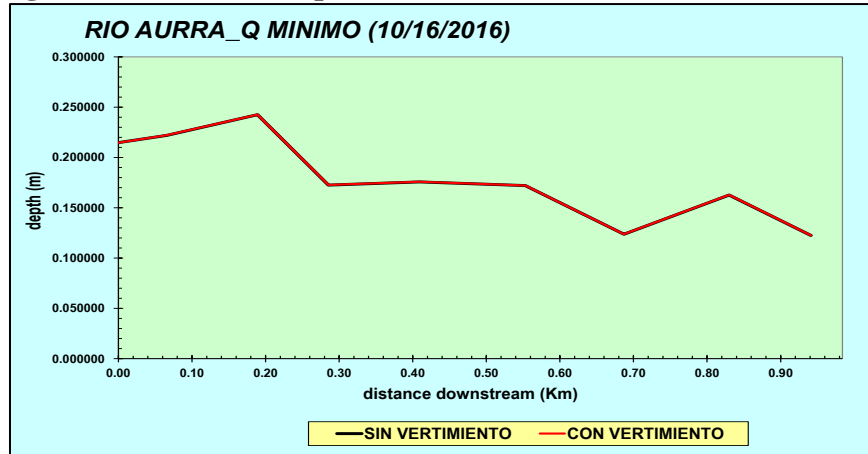
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-50. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.000000	0.3574916	0.3574916
0.065500	0.2265286	0.2265625
0.189000	0.3621355	0.3621901
0.285500	0.4094787	0.4095410
0.409000	0.3438067	0.3438584
0.553000	0.3042279	0.3042736
0.687000	0.2493024	0.2493396
0.830000	0.3169095	0.3169569
0.941000	0.1711300	0.1711556

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-31. Escenario profundidad con caudal mínimo río Aurrá**



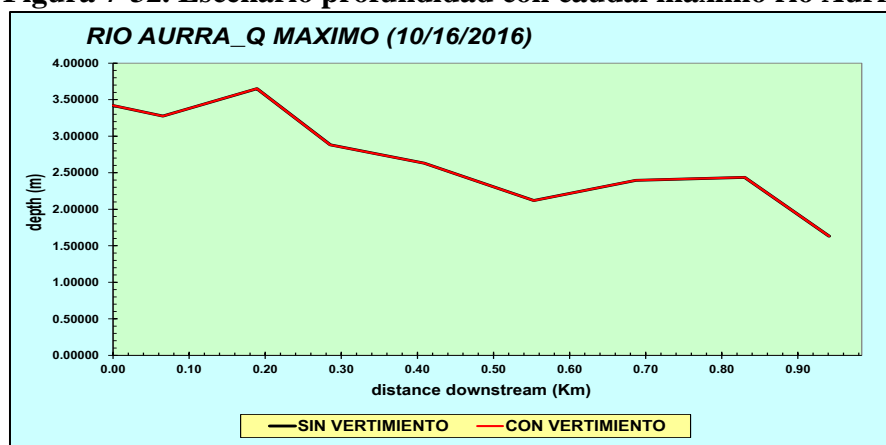
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-51. Escenario profundidad con caudal mínimo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.000000	0.214703	0.214703
0.065500	0.221857	0.222002
0.189000	0.242418	0.242576
0.285500	0.172485	0.172596
0.409000	0.175654	0.175767
0.553000	0.171954	0.172064
0.687000	0.123639	0.123718
0.830000	0.162606	0.162710
0.941000	0.122461	0.122540

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-32. Escenario profundidad con caudal máximo río Aurrá**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-52. Escenario profundidad con caudal máximo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.00000	3.42008	3.42008
0.06550	3.27513	3.27514
0.18900	3.65077	3.65079
0.28550	2.88123	2.88124
0.40900	2.63038	2.63039
0.55300	2.11908	2.11909
0.68700	2.39570	2.39571
0.83000	2.43643	2.43644
0.94100	1.63156	1.63156

Fuente: Software Qual2kw

A continuación se presentan el análisis de cada uno de los parámetros establecidos en condiciones de caudal medido por el método de trazadores, mínimo y máximo.



### ✓ Temperatura (°C)

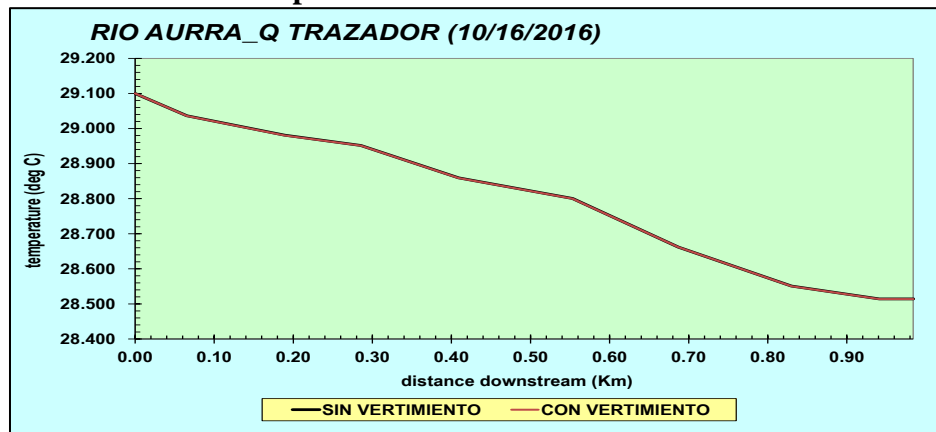
La temperatura del agua en una fuente hídrica es un parámetro que tiene relación básicamente con una condición del medio que al ser alterada por un vertimiento puede afectar la vida acuática natural.

La simulación de este parámetro en condiciones naturales (sin realizar el vertimiento propuesto), evidencia una tendencia a disminuir en la distancia, tendencia similar al representado en los tres escenarios de caudales.

A su vez, se observó que en los tres escenarios de caudal la temperatura del agua a ser vertida sobre el río Aurrá es menor a 40°C por lo cual se da cumplimiento al decreto 1076 de 2015.

Es de aclarar que debido a la oscilación de temperatura en el medio, producto del clima y de la radiación solar dependiendo de la hora del día, se generan igualmente cambios en la temperatura del agua, presentándose valores más bajos en la mañana y noche y valores más altos al medio día y la tarde, marcando una diferencia mayor en condiciones de caudales mínimos.

**Figura 7-33 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores río Aurrá**



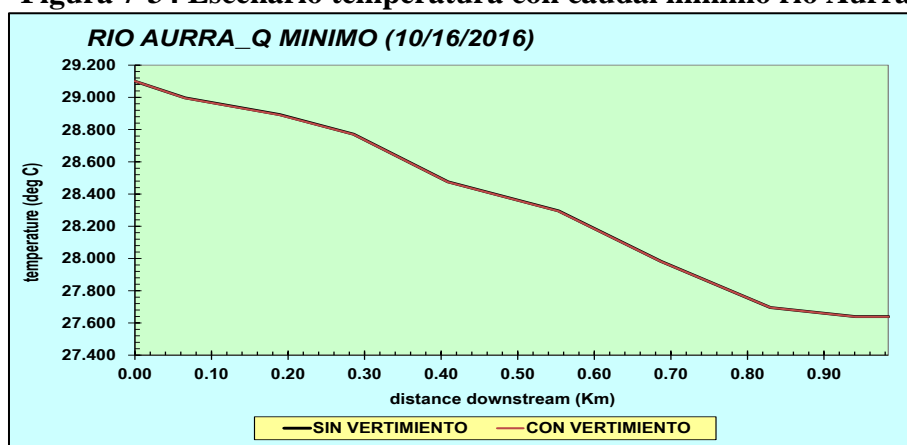
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-53 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	29.100000	29.100000
0.065500	29.036300	29.035800
0.189000	28.980900	28.980400
0.285500	28.951600	28.951100
0.409000	28.859500	28.859000
0.553000	28.800500	28.800100
0.687000	28.662000	28.661600
0.830000	28.550900	28.550500
0.941000	28.514200	28.513800
0.984000	28.514200	28.513800

Fuente: *Software Qual2kw*

**Figura 7-34 Escenario temperatura con caudal mínimo río Aurrá**



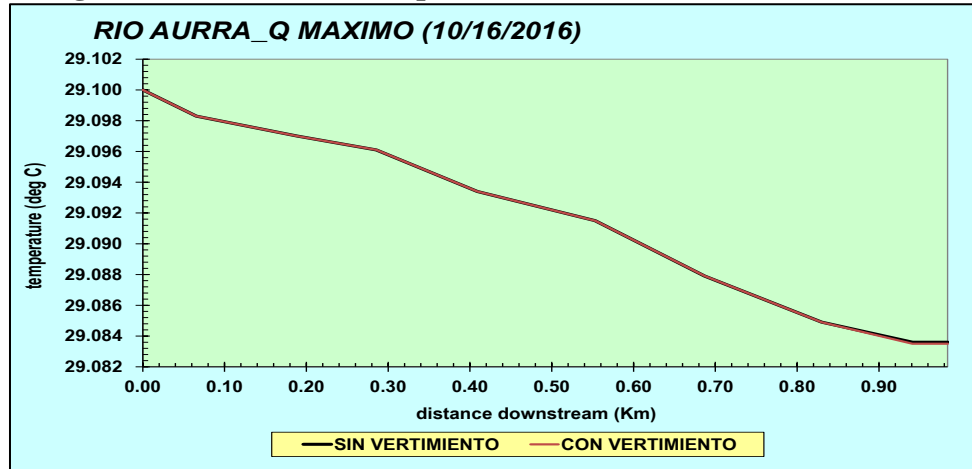
Fuente: *Software Qual2kw*

**Tabla 7-54 Escenario temperatura con caudal mínimo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	29.100000	29.100000
0.065500	28.997100	28.994800
0.189000	28.892800	28.890700
0.285500	28.771700	28.769700
0.409000	28.475700	28.474000
0.553000	28.295400	28.294000
0.687000	27.982100	27.981000
0.830000	27.695700	27.694900
0.941000	27.639000	27.638300
0.984000	27.639000	27.638300

Fuente: *Software Qual2kw*

**Figura 7-35 Escenario Temperatura con caudal máximo río Aurrá**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-55. Escenario Temperatura con caudal máximo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	29.100000	29.100000
0.065500	29.098300	29.098300
0.189000	29.097000	29.097000
0.285500	29.096100	29.096100
0.409000	29.093400	29.093400
0.553000	29.091500	29.091500
0.687000	29.087900	29.087900
0.830000	29.084900	29.084900
0.941000	29.083600	29.083500
0.984000	29.083600	29.083500

Fuente: Software Qual2kw

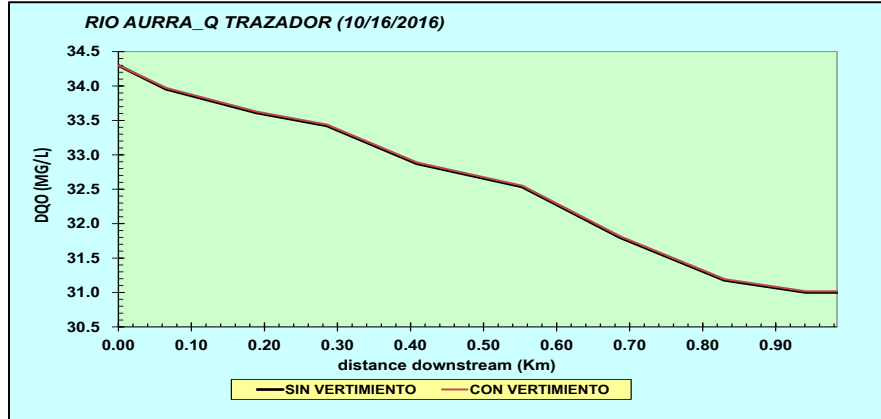
#### ✓ DQO (mg/L)

La simulación de este parámetro en condiciones naturales (sin realizar el vertimiento propuesto), evidencia una tendencia a disminuir en la distancia, ocasionado por el carácter de autopurificación que posee el cuerpo de agua, tendencia similar al representado en los tres escenarios de caudales.

Es de aclarar que los valores evidenciados dentro de los modelos de calidad para los tres escenarios, no presentan incrementos considerables después de realizarse el vertimiento, siendo la diferencia de concentraciones más notoria en el escenario de caudal mínimo.

Es pertinente aclarar que para la DQO, según la norma colombiana no indica límites permisibles de concentración.

**Figura 7-36. Escenario DQO con caudal medido con trazadores río Aurrá**



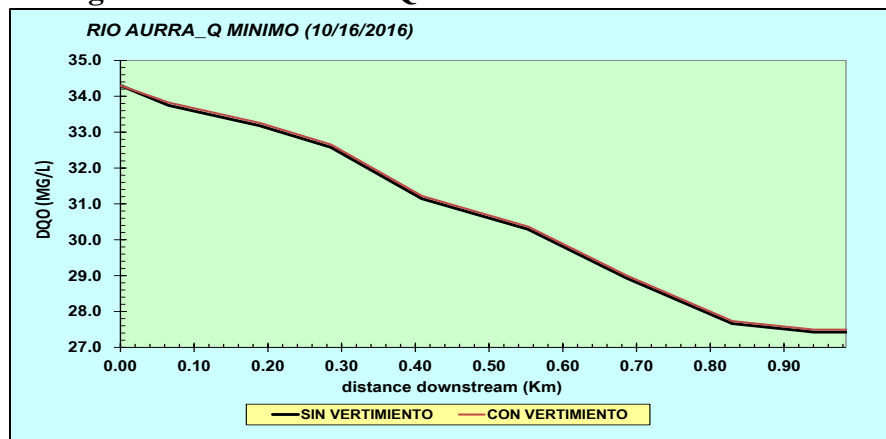
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-56. Escenario DQO con caudal medido con trazadores río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO ( mg/l )	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (mg/l )
0.000000	34.3000000	34.3000000
0.065500	33.9541030	33.9721820
0.189000	33.6107600	33.6287260
0.285500	33.4220020	33.4399060
0.409000	32.8709470	32.8886680
0.553000	32.5340440	32.5516540
0.687000	31.7985990	31.8159650
0.830000	31.1761780	31.1933320
0.941000	31.0005480	31.0176440
0.984000	31.0005480	31.0176440

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-37 Escenario DQO con caudal mínimo río Aurrá**



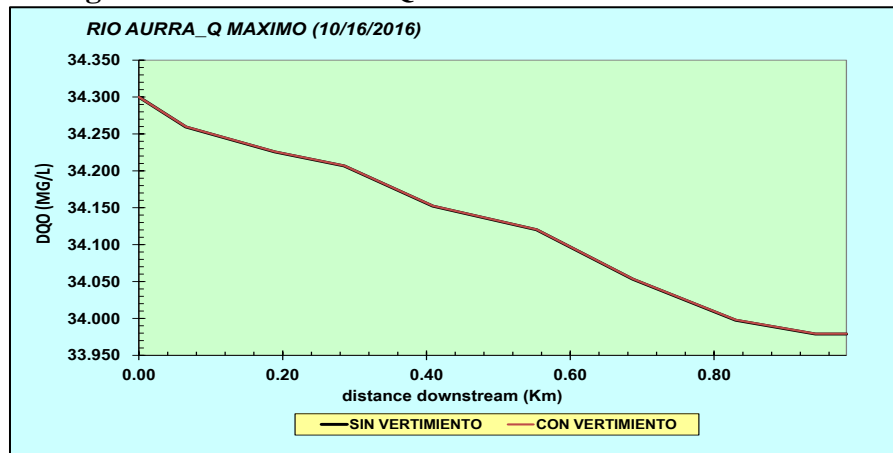
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-57 Escenario DQO con caudal mínimo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (mg/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (mg/l)
0.000000	34.3000000	34.3000000
0.065500	33.7464640	33.8235990
0.189000	33.1795010	33.2558560
0.285500	32.5776620	32.6531980
0.409000	31.1447760	31.2182960
0.553000	30.2915820	30.3638790
0.687000	28.9283720	28.9986880
0.830000	27.6624100	27.7308050
0.941000	27.4244290	27.4924650
0.984000	27.4244290	27.4924650

Fuente: *Software Qual2kw*

**Figura 7-38 Escenario DQO con caudal máximo río Aurrá**



Fuente: *Software Qual2kw*

**Tabla 7-58 Escenario DQO con caudal máximo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	34.30000000	34.30000000
0.065500	34.25935700	34.25977700
0.189000	34.22562500	34.22604400
0.285500	34.20659800	34.20701700
0.409000	34.15214200	34.15256100
0.553000	34.12011800	34.12053700
0.687000	34.05317700	34.05359500
0.830000	33.99762700	33.99804400
0.941000	33.97881000	33.97922700
0.984000	33.97881000	33.97922700

Fuente: *Software Qual2kw*

✓ **DBO<sub>5</sub> (mg/L)**

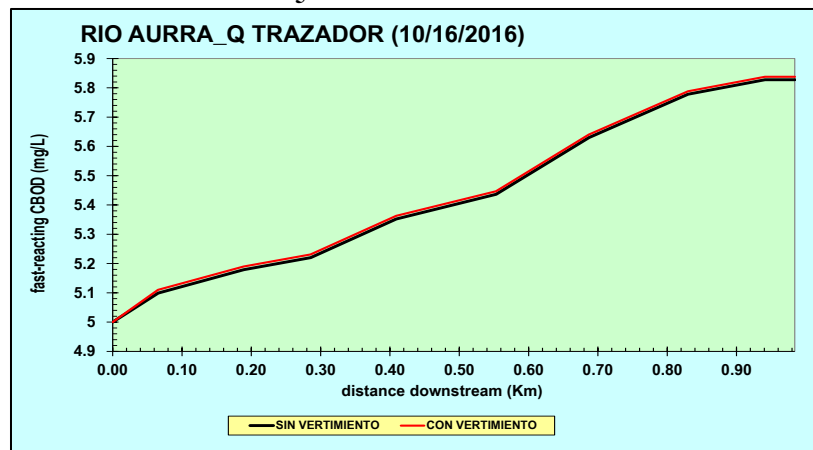
Las fuentes hídricas pueden presentar contaminación por medio de materia orgánica relacionadas a compuestos naturales y/o antrópicas, donde el más frecuente es la descarga de aguas residuales domesticas sin previo tratamiento.

La caracterización de un cuerpo de agua para este parámetro se realiza con un método indirecto, determinando la demanda bioquímica de oxígeno DBO, La DBO se define como la cantidad de oxígeno que se requiere para que microorganismos puedan oxidar la materia orgánica presente en el agua.

De acuerdo al muestreo realizado en el punto de monitoreo, se encontró que el río Aurrá antes de realizarse el vertimiento presenta una baja concentración de DBO<sub>5</sub> con tendencia a aumentar paulatinamente en la distancia, ocasionado probablemente por el cambio en las condiciones hidráulicas del río, condición similar a lo representado por el modelo de calidad para los tres escenarios de caudal que presentan la misma directriz, destacando que los incrementos en las concentraciones son mínimos.

Es pertinente aclarar que para la DBO, según la norma colombiana no indica límites permisibles de concentración.

**Figura 7-39 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal medido con trazadores río Aurrá**



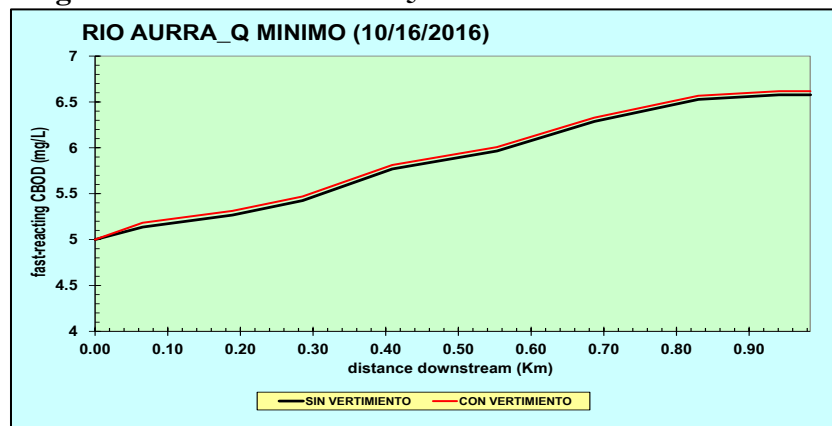
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-59 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal medido con trazadores río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO ( MG/l )	RESULTADOS CON VERTIMIENTO ( MG/l )
0.000000	5.0000000	5.0000000
0.065500	5.0989920	5.1100140
0.189000	5.1789620	5.1898960
0.285500	5.2202500	5.2311350
0.409000	5.3519390	5.3626830
0.553000	5.4363470	5.4470050
0.687000	5.6299010	5.6403800
0.830000	5.7780180	5.7883390
0.941000	5.8276250	5.8379060
0.984000	5.8276250	5.8379060

Fuente: *Software Qual2kw*

**Figura 7-40 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal mínimo río Aurrá**



Fuente: *Software Qual2kw*

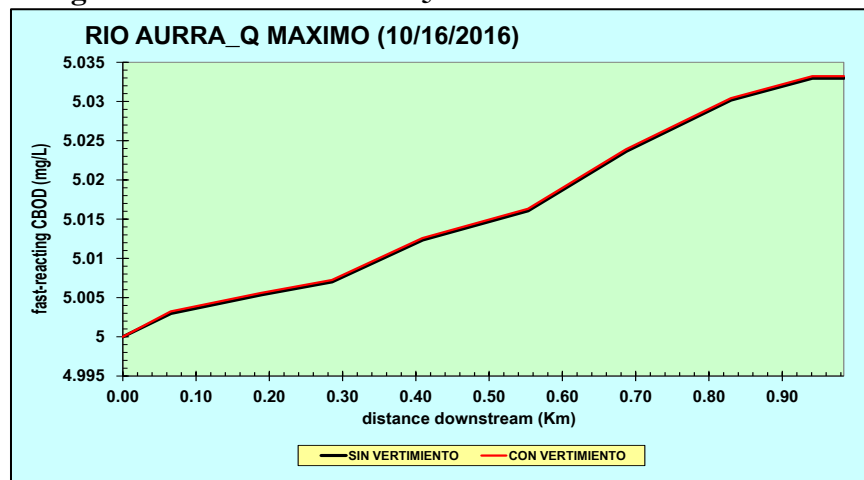
**Tabla 7-60 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal mínimo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	5.0000000	5.0000000
0.065500	5.1363140	5.1831150
0.189000	5.2662480	5.3122680
0.285500	5.4243040	5.4695850
0.409000	5.7692570	5.8128430
0.553000	5.9653780	6.0079870
0.687000	6.2868440	6.3281230
0.830000	6.5276630	6.5676480
0.941000	6.5774710	6.6172390
0.984000	6.5774710	6.6172390

Fuente: *Software Qual2kw*



**Figura 7-41 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal máximo río Aurrá**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-61 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal máximo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	5.00000000	5.00000000
0.065500	5.00297100	5.00322700
0.189000	5.00534100	5.00559700
0.285500	5.00699100	5.00724800
0.409000	5.01233100	5.01258700
0.553000	5.01606200	5.01631800
0.687000	5.02365300	5.02390900
0.830000	5.03016500	5.03042100
0.941000	5.03296300	5.03321900
0.984000	5.03296300	5.03321900

Fuente: Software Qual2kw

### ✓ pH (Unidades)

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Es de gran importancia porque algunas reacciones químicas sólo pueden darse únicamente en un rango específico de pH, Adicionalmente los rangos de existencia para la mayoría de microorganismos son bastante críticos.

El río Aurrá presenta un valor de pH en el punto inicial del monitoreo de 8,26 unidades, dato que evidencia que el cuerpo de agua tiene una tendencia básica, generando un habitat específica para el desarrollo de determinados organismos acuáticos.

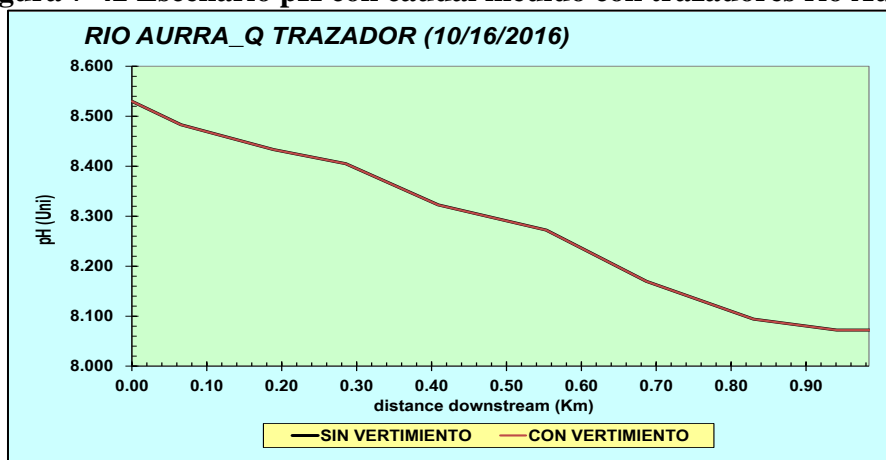
Mediante los modelos de calidad del agua se pudo observar que después de realizarse la descarga de agua residual tratada en condiciones de pH de 8,27 unidades, característico de las aguas residuales, el cuerpo de agua no sufre cambios notorios en la concentración en

todos los escenarios de caudal.

De acuerdo con el decreto 1076 de 2015, está en la margen para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, pues los límites señalados están entre 5 y 9. Así mismo, los rangos para uso agrícola y pecuario son de 4,5 a 9 y de 5 a 9, respectivamente.

Cabe mencionar que pese a que el pH mantiene su naturaleza a lo largo del día, puede presentar una variación mínima que se asocia a cambios en la temperatura del agua por efectos de la radiación solar que incide en el sistema hídrico. Este cambio muy leve es casi imperceptible y puede darse con mayor frecuencia en la época de menor caudal, donde el nivel del cuerpo de agua es mínimo y por ende los cambios en la temperatura del agua se pueden presentar más rápidos, en mayor magnitud y/o con mayor frecuencia.

**Figura 7-42 Escenario pH con caudal medido con trazadores río Aurrá**



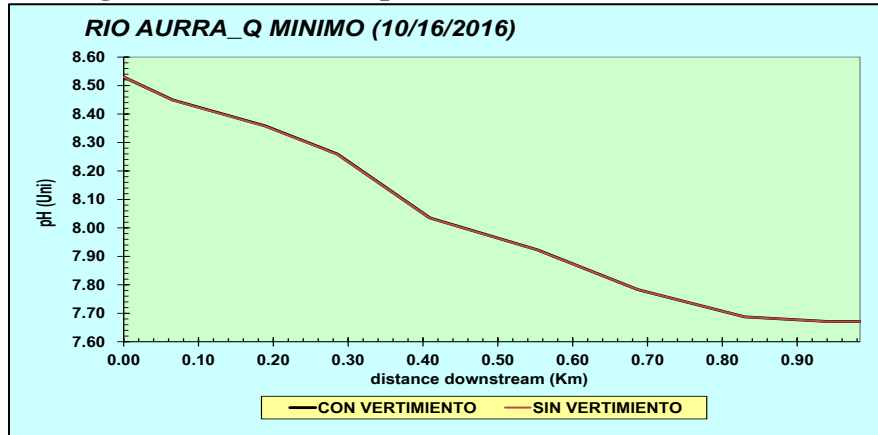
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-62 Escenario pH con caudal medido con trazadores río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.5300000	8.5300000
0.065500	8.4831840	8.4830660
0.189000	8.4334460	8.4333270
0.285500	8.4051230	8.4050040
0.409000	8.3227790	8.3226670
0.553000	8.2723770	8.2722730
0.687000	8.1696620	8.1695830
0.830000	8.0941320	8.0940730
0.941000	8.0721270	8.0720750
0.984000	8.0721270	8.0720750

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-43 Escenario pH con caudal mínimo río Aurrá**



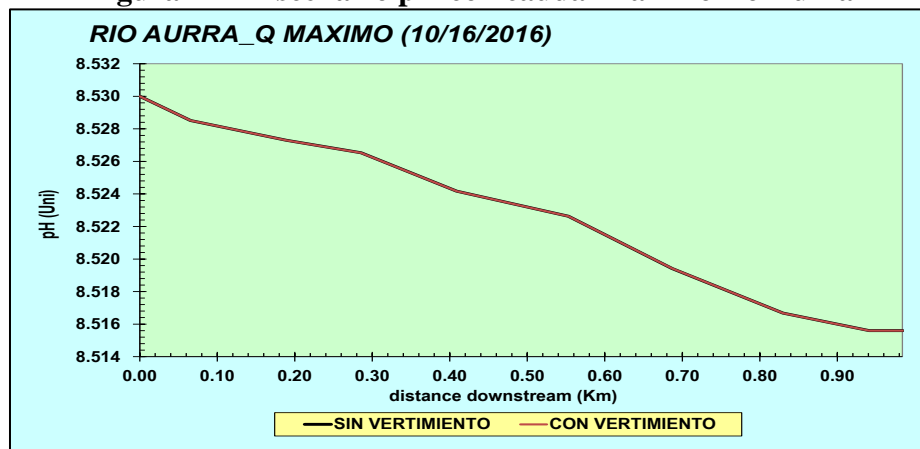
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-63 Escenario pH con caudal mínimo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.5300000	8.5300000
0.065500	8.4492870	8.4492870
0.189000	8.3581970	8.3581970
0.285500	8.2592810	8.2592810
0.409000	8.0351610	8.0351610
0.553000	7.9227790	7.9227790
0.687000	7.7833250	7.7833250
0.830000	7.6874870	7.6874870
0.941000	7.6711000	7.6711000
0.984000	7.6711000	7.6711000

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-44 Escenario pH con caudal máximo río Aurrá**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-64 Escenario pH con caudal máximo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.53000000	8.53000000
0.065500	8.52851600	8.52851300
0.189000	8.52729800	8.52729500
0.285500	8.52653200	8.52652900
0.409000	8.52416800	8.52416600
0.553000	8.52262800	8.52262500
0.687000	8.51941900	8.51941600
0.830000	8.51667600	8.51667400
0.941000	8.51559900	8.51559600
0.984000	8.51559900	8.51559600

Fuente: *Software Qual2kw*

✓ **Sólidos Suspendidos totales (mg/L)**

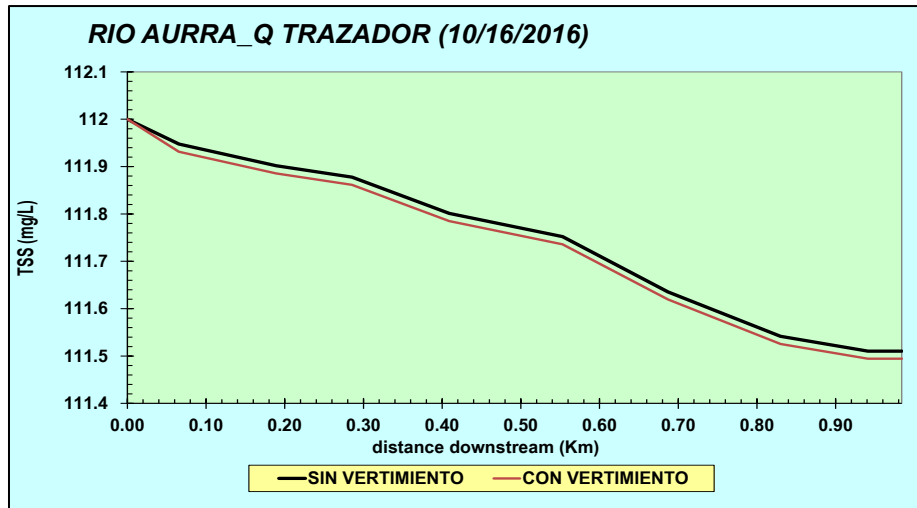
Corresponde a la cantidad de material (sólidos) que es retenido después de realizar la filtración de un volumen de agua. Es importante como indicador puesto que su presencia disminuye el paso de la luz a través de agua evitando su actividad fotosintética en las corrientes, importante para la producción de oxígeno. En lenguaje técnico se usa la expresión Carga para señalar la masa de Sólidos Suspendidos Totales SST que corre o alberga un cuerpo de agua durante un periodo determinado.

Los sólidos suspendidos del agua están compuestos tanto de material orgánico como inorgánico. En aguas limpias de manantiales sus contenidos son muy bajos, mientras que en aguas turbias alcanzan valores de varios miles. La cantidad de sólidos suspendidos presentes en un río refleja el nivel de erosión en la zona.

De acuerdo al muestreo realizado en el punto de monitoreo, se encontró que el río Aurrá antes de realizarse el vertimiento presenta una concentración de SST de 112 mg/l, el cual antes de realizarse el vertimiento tiende a disminuir en la distancia, esta condición es similar a la presentada bajo condición de vertimiento en los tres escenarios de caudal debido a la baja concentración de los SST de la descarga propuesta (46 mg/l).

El decreto 1076 de 2015 establece concentraciones permisibles de sólidos suspendidos totales de 800 mg/l, por lo cual el vertimiento propuesto cumple con la normatividad ambiental vigente.

**Figura 7-45 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá**



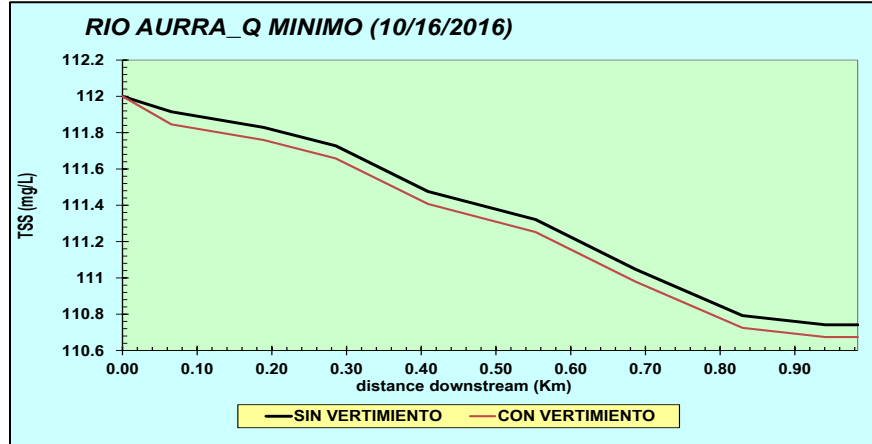
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-65 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/L)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/L)
0.000000	112.0000000	112.0000000
0.065500	111.9476120	111.9313450
0.189000	111.9018850	111.8856370
0.285500	111.8776900	111.8614510
0.409000	111.8011670	111.7849580
0.553000	111.7519710	111.7357810
0.687000	111.6354990	111.6193550
0.830000	111.5415350	111.5254280
0.941000	111.5104060	111.4943110
0.984000	111.5104060	111.4943110

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-46 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal mínimo río Aurrá**



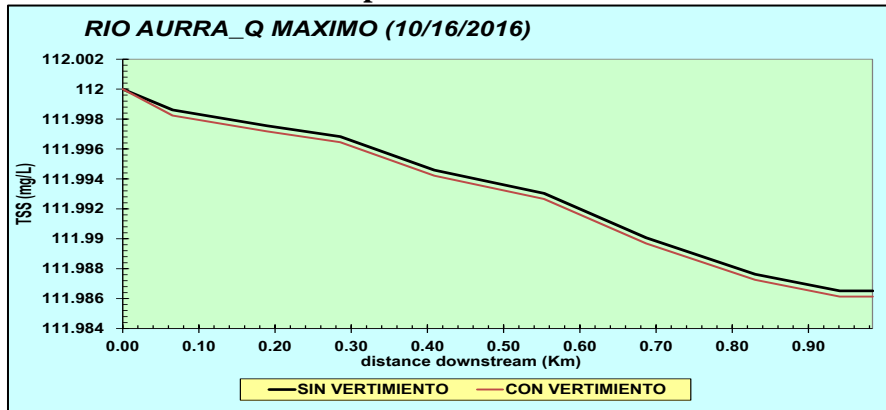
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-66 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal mínimo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	112.0000000	112.0000000
0.065500	111.9151790	111.8455770
0.189000	111.8286930	111.7592360
0.285500	111.7274910	111.6582030
0.409000	111.4759500	111.4070840
0.553000	111.3211590	111.2525510
0.687000	111.0470700	110.9789200
0.830000	110.7922630	110.7245380
0.941000	110.7416980	110.6740570
0.984000	110.7416980	110.6740570

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-47 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo río Aurrá**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-67 Escenario Solidos Suspendedos Totales con caudal máximo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	112.00000000	112.00000000
0.065500	111.99860800	111.99823200
0.189000	111.99755200	111.99717600
0.285500	111.99682700	111.99645100
0.409000	111.99459000	111.99421500
0.553000	111.99303300	111.99265700
0.687000	111.99006500	111.98968900
0.830000	111.98762900	111.98725300
0.941000	111.98651600	111.98614000
0.984000	111.98651600	111.98614000

Fuente: *Software Qual2kw*

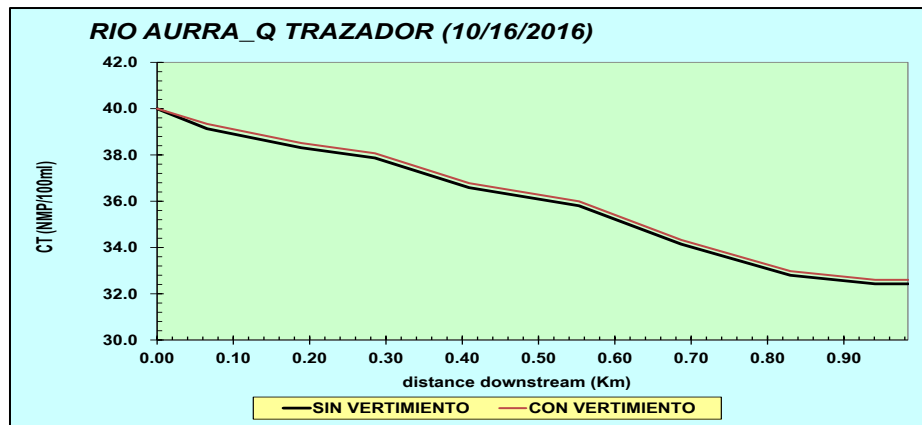
#### ✓ Coliformes Totales (NMP/100ml)

Los Coliformes son bacterias asociadas principalmente a heces fecales de humanos y animales, quienes en contacto con el agua proporcionan una medida de contaminación. Entre las principales bacterias se encuentran las *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*.

De igual manera se puede observar que después de realizado el vertimiento, el cuerpo de agua presenta la misma tendencia a asimilar el vertimiento en los tres escenarios de modelación, presentando únicamente una variación mínima.

Como es de esperar, en las aguas residuales industriales la carga bacteriológica tiende a no ser muy alta, por lo cual se considera que la asimilación de los Coliformes por el río Aurrá puede llegar a ser mejor que los escenarios presentados inicialmente.

**Figura 7-48 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá**



Fuente: *Software Qual2kw*

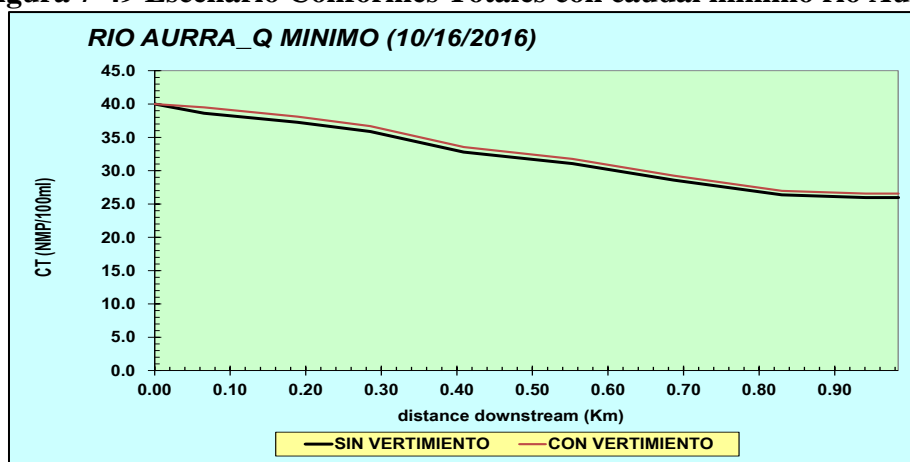


**Tabla 7-68 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO ( NMP/100 ml )	RESULTADOS CON VERTIMIENTO ( NMP/100 ml )
0.000000	40.00000000	40.00000000
0.065500	39.13293700	39.34068000
0.189000	38.31140400	38.51489400
0.285500	37.87099400	38.07220400
0.409000	36.58533700	36.77988800
0.553000	35.80306400	35.99356300
0.687000	34.14526100	34.32716800
0.830000	32.80045700	32.97538300
0.941000	32.42945700	32.60246000
0.984000	32.42945700	32.60246000

Fuente: *Software Qual2kw*

**Figura 7-49 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo río Aurrá**



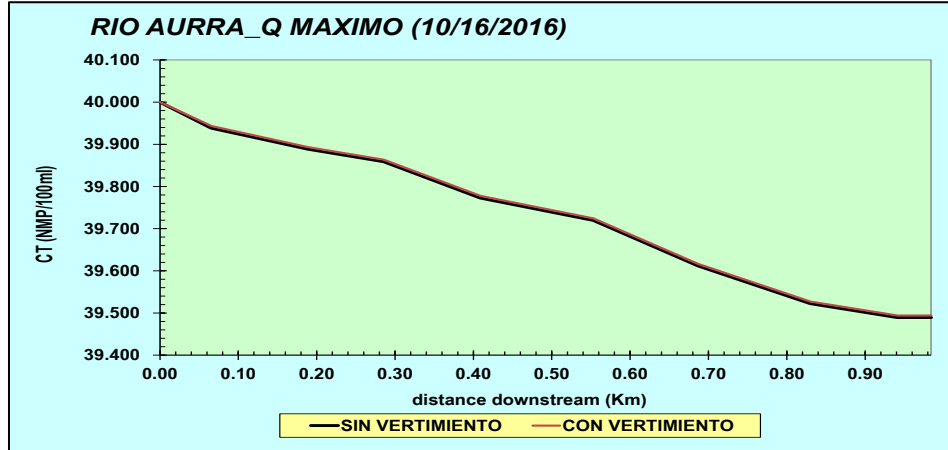
Fuente: *Software Qual2kw*

**Tabla 7-69 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	40.0000000	40.0000000
0.065500	38.6260410	39.5044320
0.189000	37.2573880	38.1054660
0.285500	35.8687050	36.6860390
0.409000	32.7945120	33.5436380
0.553000	31.0541580	31.7646160
0.687000	28.5905400	29.2462010
0.830000	26.3663050	26.9723220
0.941000	25.9729860	26.5702300
0.984000	25.9729860	26.5702300

Fuente: *Software Qual2kw*

**Figura 7-50 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo río Aurrá**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-70 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	40.000000	40.000000
0.065500	39.938453	39.943344
0.189000	39.888394	39.893280
0.285500	39.858848	39.863730
0.409000	39.772699	39.777571
0.553000	39.719601	39.724466
0.687000	39.611616	39.616468
0.830000	39.522352	39.527193
0.941000	39.489204	39.494041
0.984000	39.489204	39.494041

Fuente: Software Qual2kw

#### ✓ Coliformes Fecales (NMP/100ml)

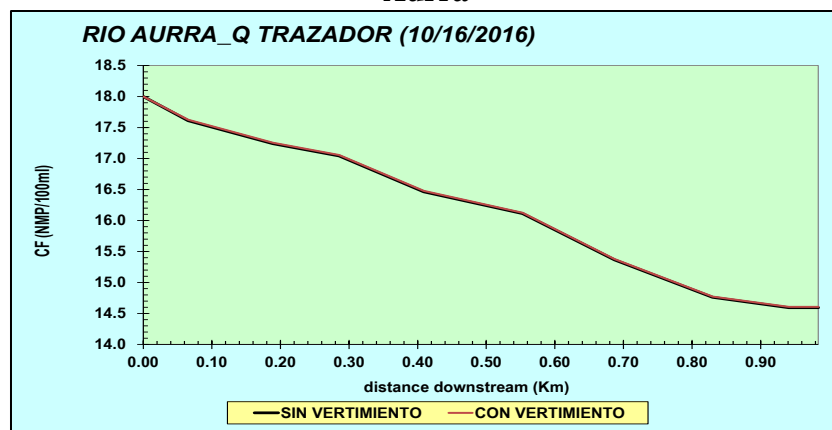
Para Coliformes Fecales el Decreto 1076 de 2015 establece como límite permisible 2000 NMP/100mL para la destinación del recurso humano y doméstico, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario en 200 NMP y El NMP de coliformes fecales no deberán exceder de 1.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

Comparado el valor más restrictivo establecido por la norma para Coliformes Fecales (200 NMP) con el valor obtenido después del vertimiento propuesto (80 NMP), se puede afirmar que no se sobrepasan los límites de la norma, el cual es de 180 NMP en todos los escenarios de caudal sobre el río Aurrá.

Para coliformes Totales el Decreto 1076 de 2015 establece como límite permisible 20000 NMP/100mL para la destinación del recurso humano y doméstico, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico donde para su potabilización se requiere solo desinfección es de 1000 NPM. El NMP de coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto y Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario están en el orden de los 1000 NPM.

De acuerdo a lo monitoreado sobre el río Aurrá, se establece que por presentar un valor de Coliformes Totales de 40 NMP, para su potabilización únicamente se requiere desinfección para consumo humano y doméstico. Es de resaltar que el vertimiento no genera incremento notorio sobre este parámetro, el cual para los tres escenarios propuestos genera una buena asimilación.

**Figura 7-51 Escenario Coliformes Fecales con caudal medido con trazadores río Aurrá**



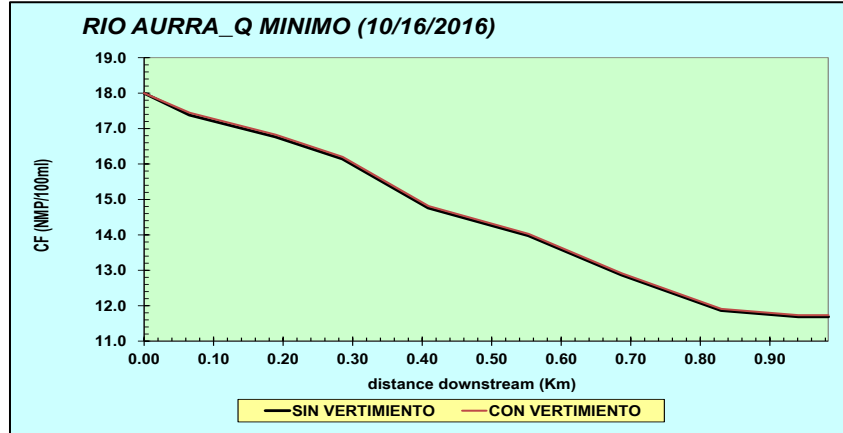
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-71 Escenario Coliformes Fecales con caudal medido con trazadores río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO ( NMP/100 ml )	RESULTADOS CON VERTIMIENTO ( NMP/100 ml )
0.000000	34.3000000	34.3000000
0.065500	33.9541030	33.9721820
0.189000	33.6107600	33.6287260
0.285500	33.4220020	33.4399060
0.409000	32.8709470	32.8886680
0.553000	32.5340440	32.5516540
0.687000	31.7985990	31.8159650
0.830000	31.1761780	31.1933320
0.941000	31.0005480	31.0176440
0.984000	31.0005480	31.0176440

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-52 Escenario Coliformes Fecales con caudal mínimo río Aurrá**



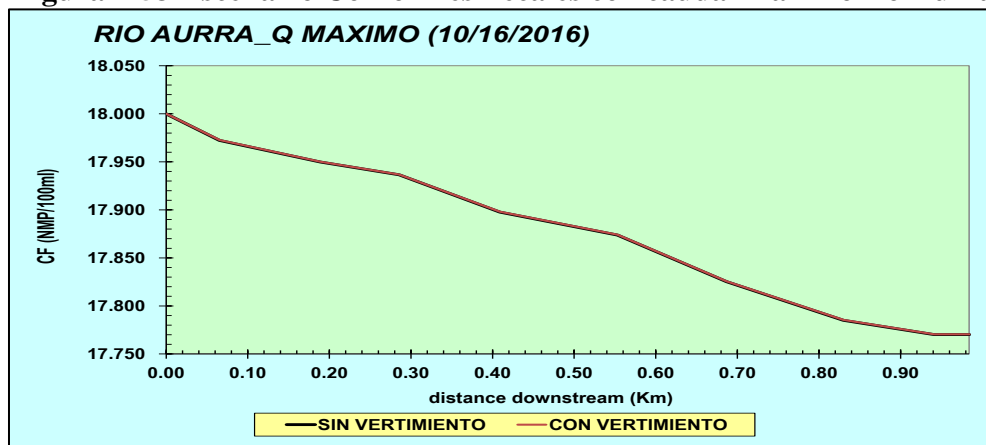
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-72 Escenario Coliformes Fecales con caudal mínimo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	18.0000000	18.0000000
0.065500	17.3817180	17.4453440
0.189000	16.7658250	16.8275540
0.285500	16.1409170	16.2007290
0.409000	14.7575300	14.8130290
0.553000	13.9743710	14.0274050
0.687000	12.8657430	12.9152610
0.830000	11.8648370	11.9111050
0.941000	11.6878440	11.7335390
0.984000	11.6878440	11.7335390

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-53 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo río Aurrá**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-73 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	18.00000000	18.00000000
0.065500	17.97230400	17.97265700
0.189000	17.94977700	17.95013000
0.285500	17.93648200	17.93683400
0.409000	17.89771500	17.89806600
0.553000	17.87382100	17.87417200
0.687000	17.82522700	17.82557700
0.830000	17.78505800	17.78540800
0.941000	17.77014200	17.77049100
0.984000	17.77014200	17.77049100

Fuente: *Software Qual2kw*

Finalmente se puede analizar y concluir que a partir del modelo de calidad del agua se estableció que después de conformarse la zona de mezcla para el río Aurrá, no se genera una afección notoria sobre la calidad físicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica, el cual en general presentan una correcta asimilación del vertimiento propuesto en los tres escenarios de caudal.

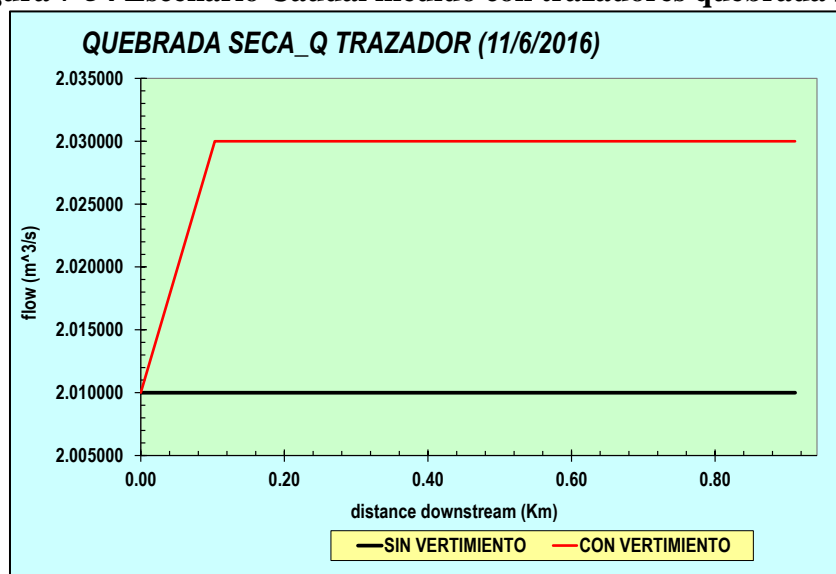
Por otro lado el ensayo con trazadores permitió determinar que la distancia de zona de mezcla para el río Aurrá es de aproximadamente 223 m, dicho valor está relacionado con las condiciones hidráulicas del cuerpo de agua (ancho, velocidad de flujo y caudal). De igual manera mediante la aplicación de ecuaciones empíricas se estableció que la distancia de mezcla en condición de caudal máximo es de 582 m aproximadamente en su escenario más crítico que corresponderá a un vertimiento desde la orilla del cauce.

#### 7.3.1.2.3.21 Resultados después del vertimiento quebrada Seca

Teniendo en cuenta todos los resultados de la modelación de la calidad del agua, en condiciones de caudal vertido de 20 l/s y caudales de cuerpo de agua receptor mínimo de 820 l/s, máximo de 31710 l/s y medido de 2010 l/s, se determinaron los siguientes resultados.

#### ✓ Caudal ( $m^3/s$ )-quebrada Seca

**Figura 7-54 Escenario Caudal medido con trazadores quebrada Seca**



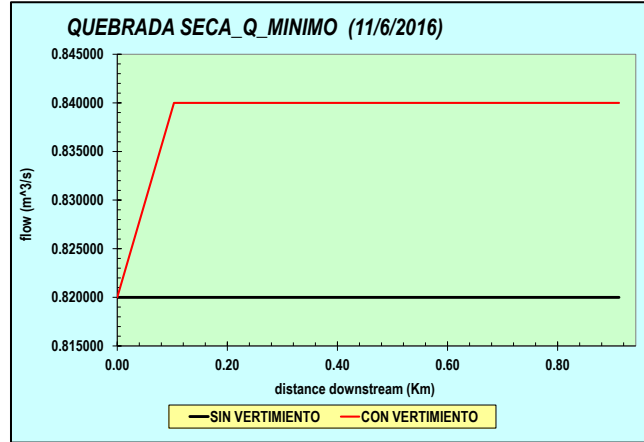
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-74. Escenario Caudal medido con trazadores quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO ( $m^3/s$ )	RESULTADOS CON VERTIMIENTO ( $m^3/s$ )
0.000000	2.010000	2.010000
0.103000	2.010000	2.030000
0.283000	2.010000	2.030000
0.413000	2.010000	2.030000
0.517500	2.010000	2.030000
0.633000	2.010000	2.030000
0.743500	2.010000	2.030000
0.835500	2.010000	2.030000
0.911500	2.010000	2.030000

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-55. Escenario Caudal Mínimo quebrada Seca**



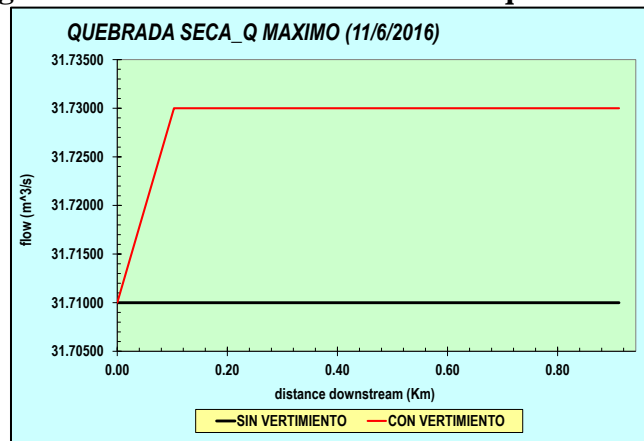
Fuente: *Software Qual2kw*

**Tabla 7-75. Escenario caudal mínimo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m³/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m³/s)
0.000000	0.820000	0.820000
0.103000	0.820000	0.840000
0.283000	0.820000	0.840000
0.413000	0.820000	0.840000
0.517500	0.820000	0.840000
0.633000	0.820000	0.840000
0.743500	0.820000	0.840000
0.835500	0.820000	0.840000
0.911500	0.820000	0.840000

Fuente: *Software Qual2kw*

**Figura7-56. Escenario caudal máximo quebrada Seca**



Fuente: *Software Qual2kw*



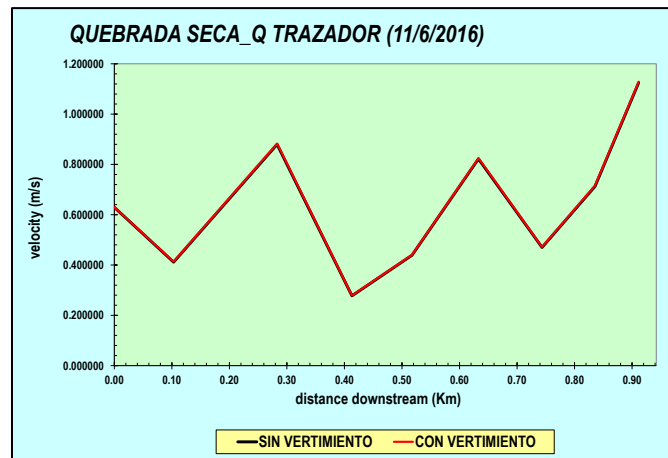
**Tabla 7-76. Escenario caudal máximo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m³/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m³/s)
0.000000	31.71000	31.71000
0.103000	31.71000	31.73000
0.283000	31.71000	31.73000
0.413000	31.71000	31.73000
0.517500	31.71000	31.73000
0.633000	31.71000	31.73000
0.743500	31.71000	31.73000
0.835500	31.71000	31.73000
0.911500	31.71000	31.73000

Fuente: Software Qual2kw

✓ Velocidad (m/s)-quebrada Seca

**Figura 7-57. Escenario velocidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca**



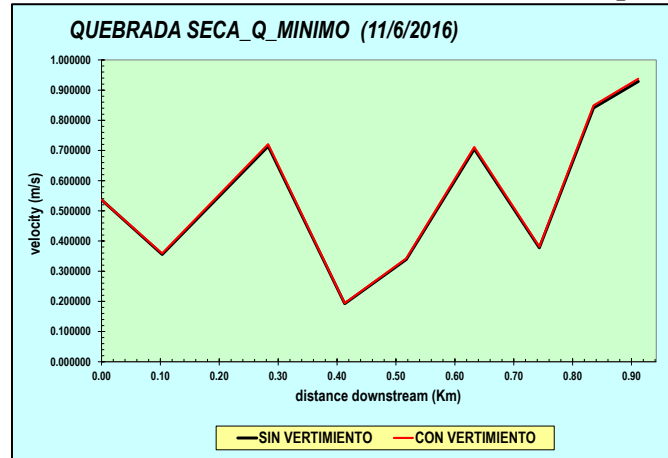
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-77 Escenario Velocidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.000000	0.629646	0.629646
0.103000	0.411490	0.413115
0.283000	0.879648	0.883051
0.413000	0.277687	0.278786
0.517500	0.438798	0.440522
0.633000	0.821841	0.825022
0.743500	0.469900	0.471755
0.835500	0.712593	0.715392
0.911500	1.124716	1.129131

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-58. Escenario velocidad con caudal mínimo quebrada Seca**



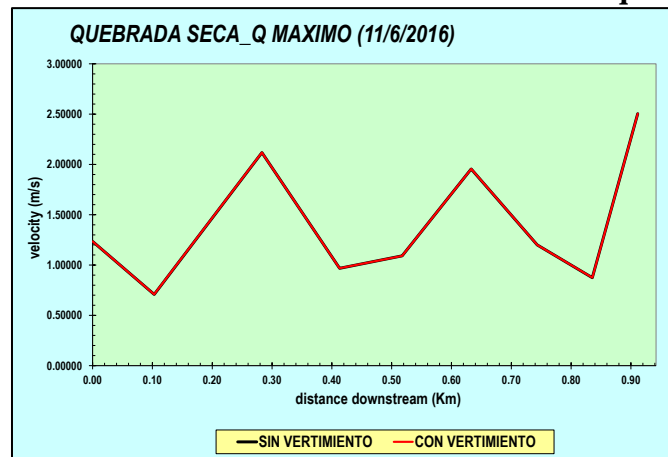
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-78. Escenario velocidad con caudal mínimo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.000000	0.536945	0.536945
0.103000	0.355588	0.359016
0.283000	0.714058	0.720797
0.413000	0.192432	0.194293
0.517500	0.339129	0.342380
0.633000	0.704720	0.711377
0.743500	0.377599	0.381239
0.835500	0.840983	0.849069
0.911500	0.928763	0.937660

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-59. Escenario velocidad con caudal máximo quebrada Seca**



Fuente: Software Qual2kw

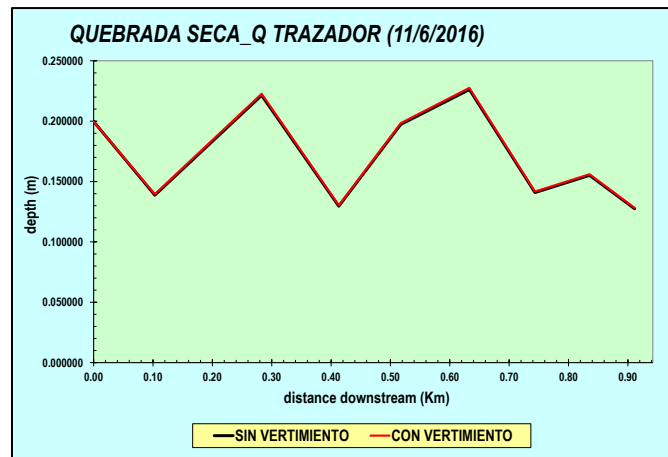
**Tabla 7-79. Escenario Velocidad con caudal máxima quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.000000	1.23446	1.23446
0.103000	0.70799	0.70817
0.283000	2.11741	2.11793
0.413000	0.96739	0.96763
0.517500	1.09105	1.09132
0.633000	1.95517	1.95563
0.743500	1.19955	1.19985
0.835500	0.87452	0.87473
0.911500	2.50463	2.50523

Fuente: Software Qual2kw

✓ **Profundidad (m)-quebrada Seca**

**Figura 7-60. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca**



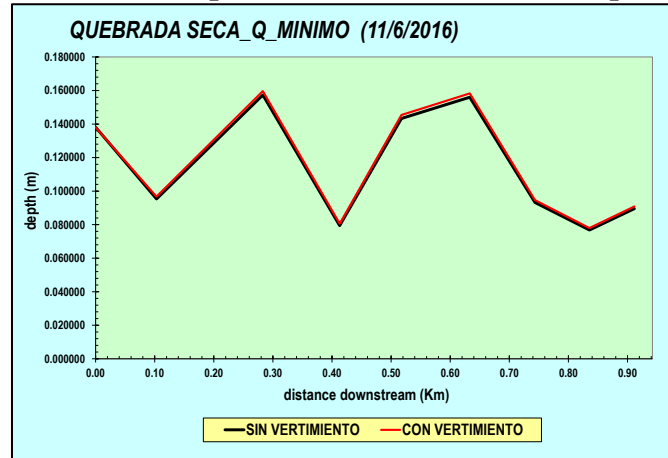
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-80. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.000000	0.199642	0.199642
0.103000	0.138770	0.139599
0.283000	0.221415	0.222757
0.413000	0.129557	0.130331
0.517500	0.197274	0.198457
0.633000	0.226247	0.227617
0.743500	0.140846	0.141689
0.835500	0.155153	0.156084
0.911500	0.127378	0.128143

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-61. Escenario profundidad caudal mínimo quebrada Seca**



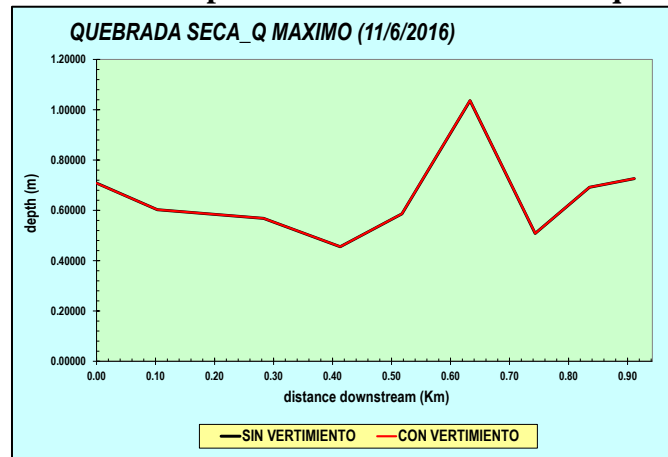
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-81. Escenario profundidad caudal mínimo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.000000	0.138079	0.138079
0.103000	0.095330	0.096723
0.283000	0.157310	0.159641
0.413000	0.079456	0.080615
0.517500	0.143329	0.145431
0.633000	0.155976	0.158285
0.743500	0.093242	0.094605
0.835500	0.076836	0.077960
0.911500	0.089543	0.090857

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-62. Escenario profundidad caudal máximo quebrada Seca**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-82. Escenario profundidad caudal máximo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.000000	0.70822	0.70822
0.103000	0.60256	0.60279
0.283000	0.56813	0.56835
0.413000	0.45539	0.45556
0.517500	0.58632	0.58654
0.633000	1.03633	1.03674
0.743500	0.50827	0.50846
0.835500	0.69199	0.69225
0.911500	0.72636	0.72665

Fuente: *Software Qual2kw*

A continuación se presentan el análisis de cada uno de los parámetros establecidos en condiciones de caudal medido por el método de trazadores, mínimo y máximo.

#### ✓ **Temperatura (°C)**

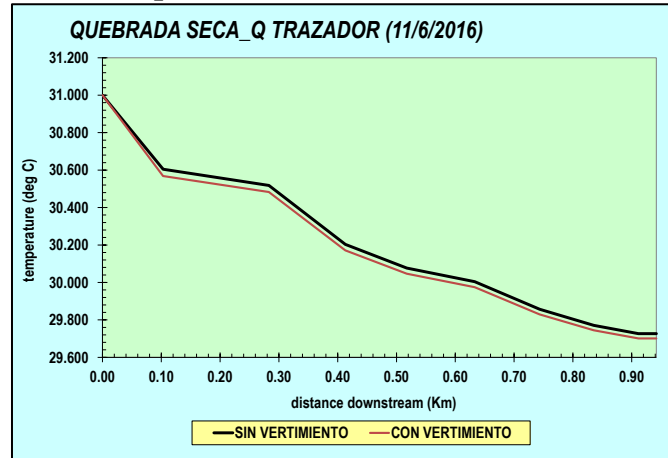
La temperatura del agua en una fuente hídrica es un parámetro que tiene relación básicamente con una condición del medio que al ser alterada por un vertimiento puede afectar la vida acuática natural.

La simulación de este parámetro en condiciones naturales (sin realizar el vertimiento propuesto), evidencia una tendencia a disminuir en la distancia, tendencia similar al representado en los tres escenarios de caudales.

A su vez, se observó que en los tres escenarios de caudal la temperatura del agua a ser vertida sobre la quebrada Seca es menor a 40°C por lo cual se da cumplimiento al decreto 1076 de 2015.

Es de aclarar que debido a la oscilación de temperatura en el medio, producto del clima y de la radiación solar dependiendo de la hora del día, se generan igualmente cambios en la temperatura del agua, presentándose valores más bajos en la mañana y noche y valores más altos al medio día y la tarde, marcando una diferencia mayor en condiciones de caudales mínimos.

**Figura 7-63 Escenario temperatura caudal medido con trazadores quebrada Seca**



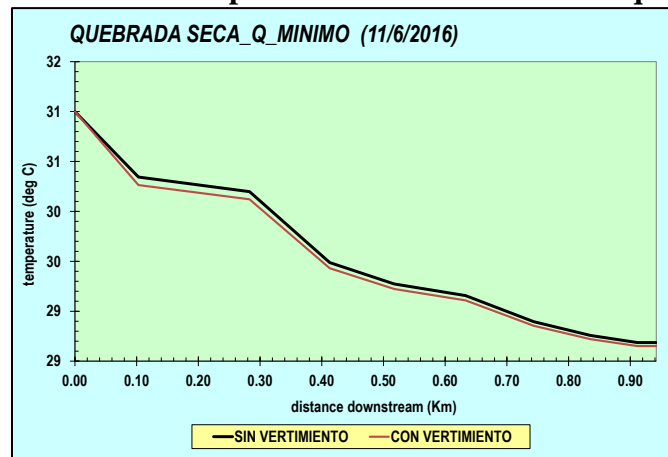
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-83 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	31.000000	31.000000
0.103000	30.604500	30.568300
0.283000	30.518200	30.483100
0.413000	30.203000	30.171500
0.517500	30.076600	30.046600
0.633000	30.003900	29.974700
0.743500	29.856700	29.829200
0.835500	29.770900	29.744400
0.911500	29.726600	29.700700
0.942000	29.726600	29.700700

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-64 Escenario temperatura con caudal mínimo quebrada Seca**



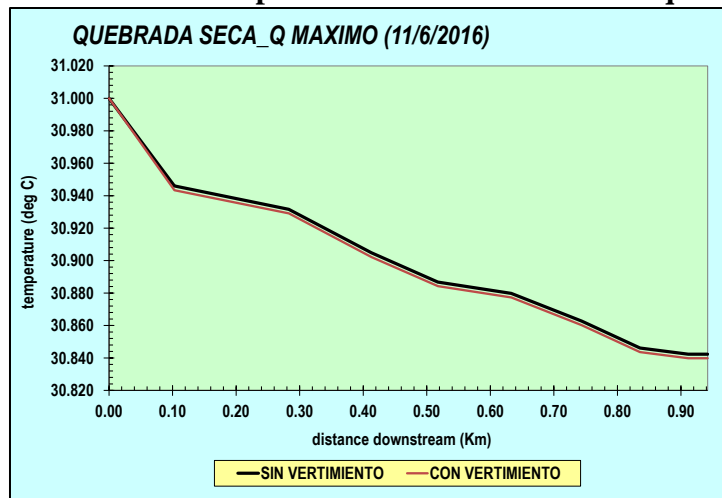
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-84 Escenario temperatura con caudal mínimo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	31.00000	31.00000
0.103000	30.34420	30.26390
0.283000	30.19750	30.12140
0.413000	29.48760	29.43080
0.517500	29.27340	29.22250
0.633000	29.15660	29.10870
0.743500	28.89580	28.85490
0.835500	28.75800	28.72070
0.911500	28.68650	28.65110
0.942000	28.68650	28.65110

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-65 Escenario Temperatura con caudal máximo quebrada Seca**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-85. Escenario Temperatura con caudal máximo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	31.00000	31.00000
0.103000	30.94600	30.94340
0.283000	30.93160	30.92910
0.413000	30.90480	30.90220
0.517500	30.88680	30.88430
0.633000	30.87980	30.87730
0.743500	30.86280	30.86030
0.835500	30.84610	30.84360
0.911500	30.84230	30.83980
0.942000	30.84230	30.83980

Fuente: Software Qual2kw

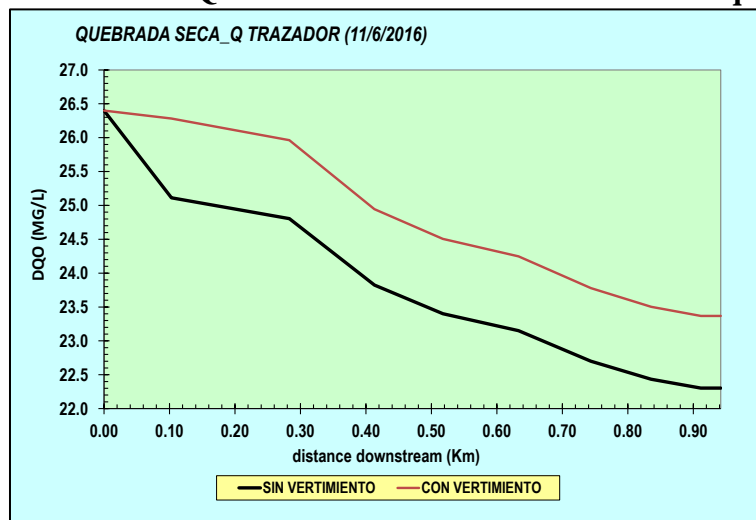
✓ **DQO (mg/L)**

La simulación de este parámetro en condiciones naturales (sin realizar el vertimiento propuesto), evidencia una tendencia a disminuir en la distancia, ocasionado por el carácter de autopurificación que posee el cuerpo de agua, tendencia similar al representado en los tres escenarios de caudales.

Es de aclarar que los valores evidenciados dentro de los modelos de calidad para los tres escenarios, no presentan incrementos considerables después de realizarse el vertimiento, siendo la diferencia de concentraciones más notoria en el escenario de caudal mínimo.

Es pertinente aclarar que para la DQO, según la norma colombiana no indica límites permisibles de concentración.

**Figura 7-66. Escenario DQO con caudal medido con trazadores quebrada Seca**



Fuente: Software Qual2kw

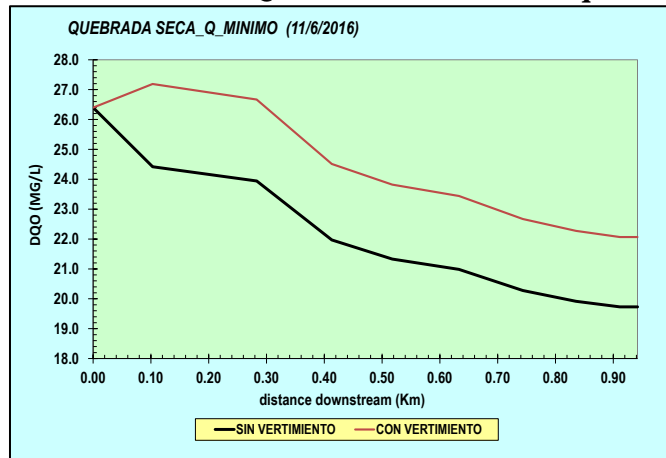
**Tabla 7-86. Escenario DQO con caudal medido con trazadores quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO ( mg/l )	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (mg/l )
0.000000	26.400000	26.400000
0.103000	25.112855	26.283017
0.283000	24.803932	25.962538
0.413000	23.823503	24.945389
0.517500	23.400605	24.506456
0.633000	23.150414	24.246723
0.743500	22.700111	23.779314
0.835500	22.434951	23.504033
0.911500	22.303385	23.367453
0.942000	22.303385	23.367453

Fuente: Software Qual2kw



**Figura 7-67 Escenario DQO con caudal mínimo quebrada Seca**



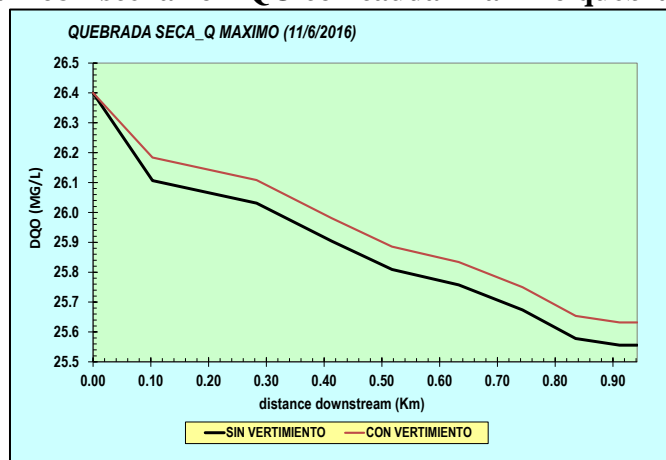
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-87 Escenario DQO con caudal mínimo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (mg/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (mg/l)
0.000000	26.400000	26.400000
0.103000	24.418679	27.186841
0.283000	23.943385	26.669052
0.413000	21.967494	24.514133
0.517500	21.331733	23.819762
0.633000	20.983201	23.438891
0.743500	20.278563	22.668871
0.835500	19.917697	22.274442
0.911500	19.728539	22.067609
0.942000	19.728539	22.067609

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-68 Escenario DQO con caudal máximo quebrada Seca**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-88 Escenario DQO con caudal máximo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	26.400000	26.400000
0.103000	26.106592	26.183787
0.283000	26.031294	26.108305
0.413000	25.904189	25.980894
0.517500	25.808968	25.885441
0.633000	25.757537	25.833882
0.743500	25.673776	25.749917
0.835500	25.577923	25.653829
0.911500	25.556003	25.631856
0.942000	25.556003	25.631856

Fuente: *Software Qual2kw*

✓ **DBO<sub>5</sub> (mg/L)**

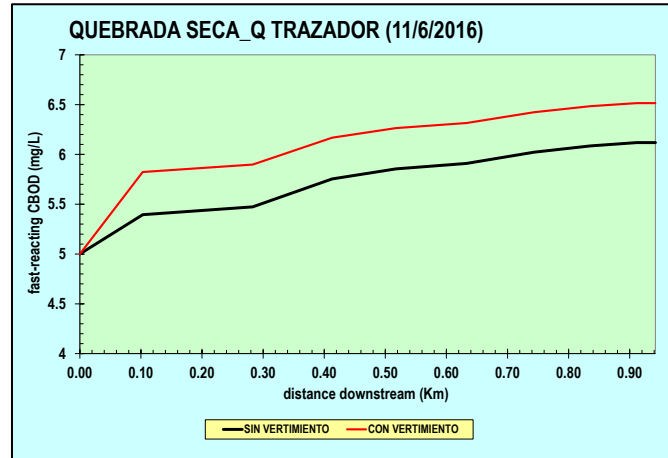
Las fuentes hídricas pueden presentar contaminación por medio de materia orgánica relacionadas a compuestos naturales y/o antrópicas, donde el más frecuente es la descarga de aguas residuales domesticas sin previo tratamiento.

La caracterización de un cuerpo de agua para este parámetro se realiza con un método indirecto, determinando la demanda bioquímica de oxígeno DBO, La DBO se define como la cantidad de oxígeno que se requiere para que microorganismos puedan oxidar la materia orgánica presente en el agua.

De acuerdo al muestreo realizado en el punto de monitoreo, se encontró que la quebrada La Seca antes de realizarse el vertimiento presenta una baja concentración de DBO<sub>5</sub> con tendencia a aumentar paulatinamente en la distancia, ocasionado probablemente por el cambio en las condiciones hidráulicas de la quebrada La Seca, condición similar a lo representado por el modelo de calidad para los tres escenarios de caudal que presentan la misma directriz, destacando que los incrementos en las concentraciones son mínimos.

Es pertinente aclarar que para la DBO, según la norma colombiana no indica límites permisibles de concentración.

**Figura 7-69 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal medido con trazadores quebrada Seca**



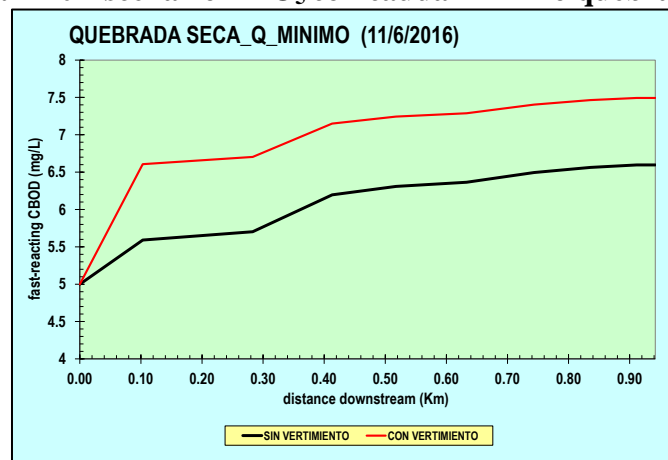
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-89 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal medido con trazadores quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO ( MG/l )	RESULTADOS CON VERTIMIENTO ( MG/l )
0.000000	5.000000	5.000000
0.103000	5.395174	5.823860
0.283000	5.473313	5.898197
0.413000	5.754008	6.168071
0.517500	5.854682	6.263757
0.633000	5.909396	6.315447
0.743500	6.022737	6.423907
0.835500	6.085503	6.483774
0.911500	6.118162	6.515055
0.942000	6.118162	6.515055

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-70 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal mínimo quebrada Seca**



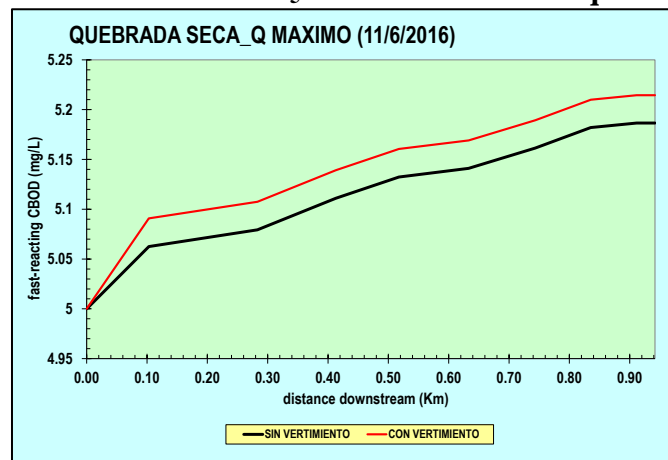
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-90 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal mínimo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	5.000000	5.000000
0.103000	5.590818	6.606811
0.283000	5.701849	6.702888
0.413000	6.196478	7.149592
0.517500	6.308896	7.244062
0.633000	6.363617	7.288753
0.743500	6.494936	7.403527
0.835500	6.563195	7.463951
0.911500	6.595636	7.492127
0.942000	6.595636	7.492127

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-71 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal máximo quebrada Seca**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-91 Escenario DBO<sub>5</sub> con caudal máximo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	5.000000	5.000000
0.103000	5.062565	5.090785
0.283000	5.079298	5.107480
0.413000	5.111010	5.139127
0.517500	5.132378	5.160447
0.633000	5.140980	5.169024
0.743500	5.161382	5.189382
0.835500	5.181967	5.209917
0.911500	5.186585	5.214524
0.942000	5.186585	5.214524

Fuente: Software Qual2kw

### ✓ pH (Unidades)

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Es de gran importancia porque algunas reacciones químicas sólo pueden darse únicamente en un rango específico de pH, Adicionalmente los rangos de existencia para la mayoría de microorganismos son bastante críticos.

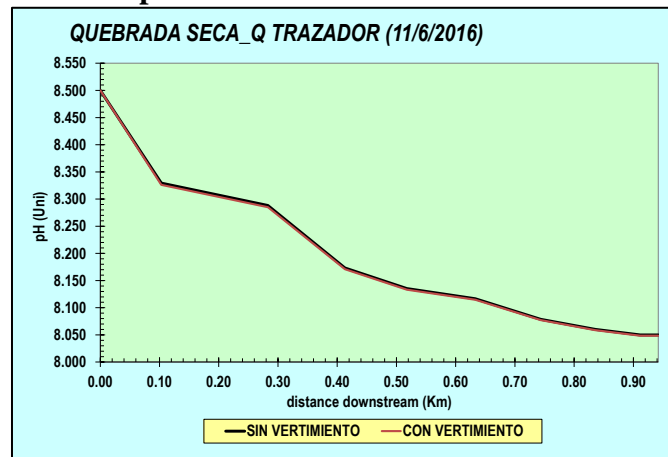
La quebrada Seca presenta un valor de pH en el punto inicial del monitoreo de 8,5 unidades, dato que evidencia que el cuerpo de agua tiene una tendencia básica, generando un habitat específica para el desarrollo de determinados organismos acuáticos.

Mediante los modelos de calidad del agua se pudo observar que después de realizarse la descarga de agua residual tratada en condiciones de pH de 8,27 unidades, característico de las aguas residuales, el cuerpo de agua no sufre cambios notorios en la concentración en todos los escenarios de caudal.

De acuerdo con el decreto 1076 de 2015, está en la margen para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, pues los límites señalados están entre 5 y 9. Así mismo, los rangos para uso agrícola y pecuario son de 4,5 a 9 y de 5 a 9, respectivamente.

Cabe mencionar que pese a que el pH mantiene su naturaleza a lo largo del día, puede presentar una variación mínima que se asocia a cambios en la temperatura del agua por efectos de la radiación solar que incide en el sistema hídrico. Este cambio muy leve es casi imperceptible y puede darse con mayor frecuencia en la época de menor caudal, donde el nivel del cuerpo de agua es mínimo y por ende los cambios en la temperatura del agua se pueden presentar más rápidos, en mayor magnitud y/o con mayor frecuencia.

**Figura 7-72 Escenario pH con caudal medido con trazadores quebrada Seca**



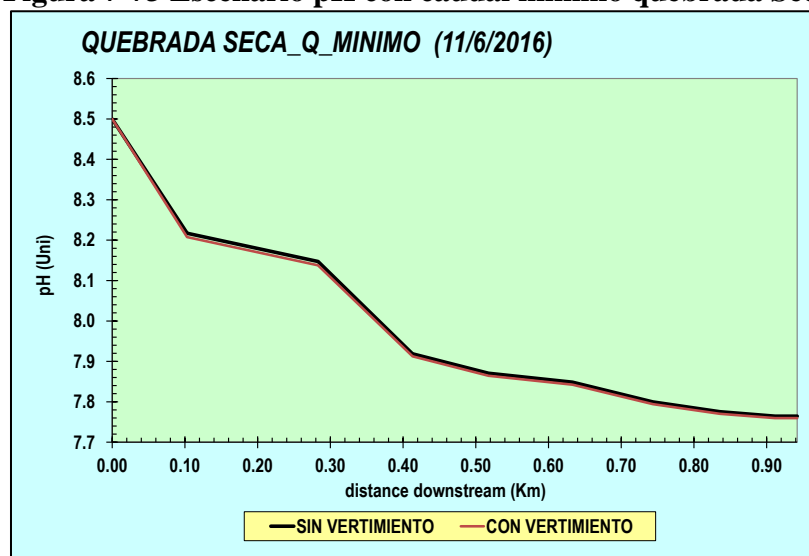
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-92 Escenario pH con caudal medido con trazadores quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.500000	8.500000
0.103000	8.329239	8.326073
0.283000	8.288114	8.285086
0.413000	8.173104	8.170822
0.517500	8.135163	8.133145
0.633000	8.116588	8.114701
0.743500	8.078685	8.077092
0.835500	8.060037	8.058586
0.911500	8.049835	8.048464
0.942000	8.049835	8.048464

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-73 Escenario pH con caudal mínimo quebrada Seca**



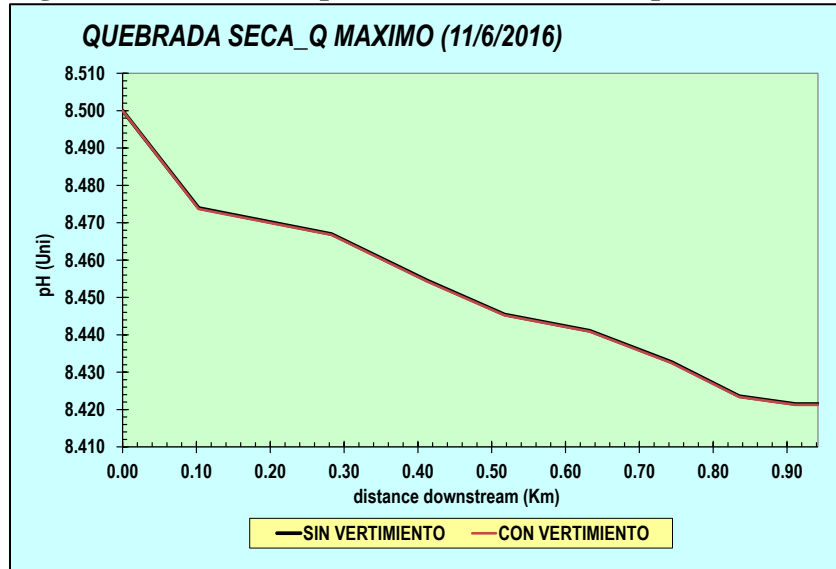
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-93 Escenario pH con caudal mínimo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.500000	8.500000
0.103000	8.217204	8.207705
0.283000	8.147390	8.137628
0.413000	7.918726	7.912385
0.517500	7.870623	7.864434
0.633000	7.848507	7.842313
0.743500	7.799782	7.794264
0.835500	7.775529	7.770403
0.911500	7.764550	7.759559
0.942000	7.764550	7.759559

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-74 Escenario pH con caudal máximo quebrada Seca**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-94 Escenario pH con caudal máximo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.500000	8.500000
0.103000	8.473939	8.473706
0.283000	8.466988	8.466755
0.413000	8.454493	8.454262
0.517500	8.445450	8.445219
0.633000	8.441078	8.440846
0.743500	8.432705	8.432475
0.835500	8.423564	8.423335
0.911500	8.421479	8.421249
0.942000	8.421479	8.421249

Fuente: Software Qual2kw

#### ✓ **Sólidos Suspendidos totales (mg/L)**

Corresponde a la cantidad de material (sólidos) que es retenido después de realizar la filtración de un volumen de agua. Es importante como indicador puesto que su presencia disminuye el paso de la luz a través de agua evitando su actividad fotosintética en las corrientes, importante para la producción de oxígeno. En lenguaje técnico se usa la expresión Carga para señalar la masa de Sólidos Suspendidos Totales SST que corre o alberga un cuerpo de agua durante un periodo determinado.

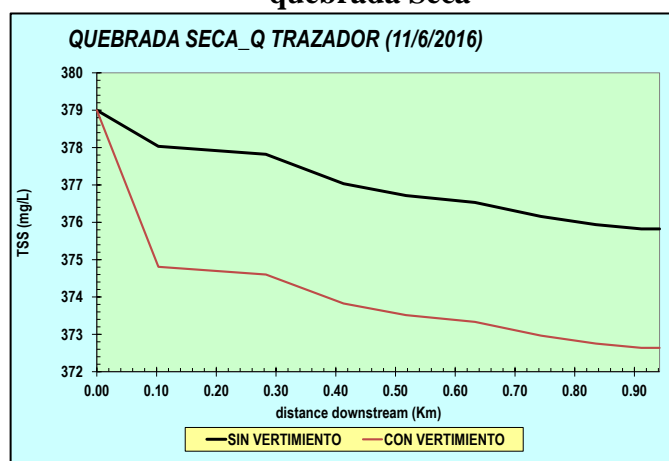
Los sólidos suspendidos del agua están compuestos tanto de material orgánico como inorgánico. En aguas limpias de manantiales sus contenidos son muy bajos, mientras que en

aguas turbias alcanzan valores de varios miles. La cantidad de sólidos suspendidos presentes en un río refleja el nivel de erosión en la zona.

De acuerdo al muestreo realizado en el punto de monitoreo, se encontró que la quebrada La Seca antes de realizarse el vertimiento presenta una concentración de SST de 379 mg/l, el cual antes de realizarse el vertimiento tiende a disminuir en la distancia, esta condición es similar a la presentada bajo condición de vertimiento en los tres escenarios de caudal debido a la baja concentración de los SST de la descarga propuesta (50 mg/l).

El decreto 1076 de 2015 establece concentraciones permisibles de sólidos suspendidos totales de 800 mg/l, por lo cual el vertimiento propuesto cumple con la normatividad ambiental vigente.

**Figura 7-75 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca**



Fuente: Software Qual2kw

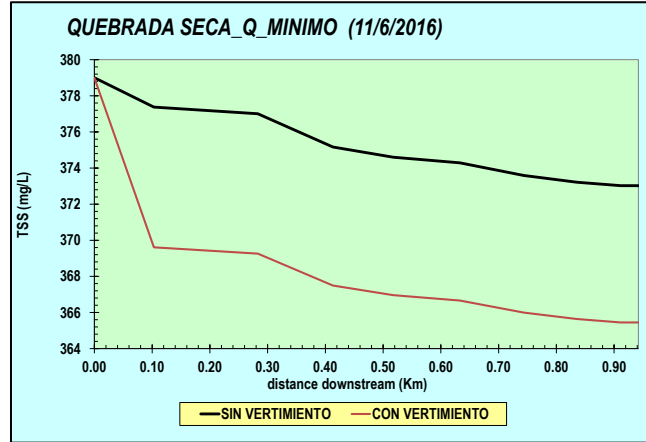
**Tabla 7-95 Escenario Solidos Suspendidos Totales medido con trazadores quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO ( MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO ( MG/l )
0.000000	379.000000	379.000000
0.103000	378.032729	374.809046
0.283000	377.820846	374.601039
0.413000	377.032943	373.827531
0.517500	376.715021	373.515415
0.633000	376.531178	373.334929
0.743500	376.156287	372.966879
0.835500	375.936825	372.751420
0.911500	375.823329	372.639994
0.942000	375.823329	372.639994

Fuente: Software Qual2kw



**Figura 7-76 Escenario Solidos Suspendedos Totales caudal mínimo quebrada Seca**



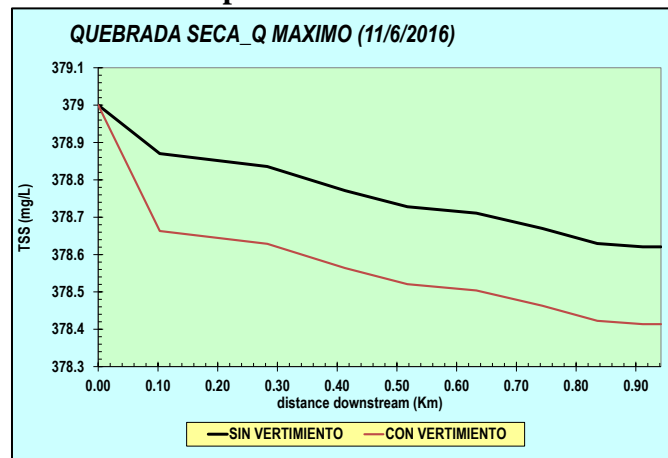
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-96 Escenario Solidos Suspendedos Totales con caudal mínimo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	379.000000	379.000000
0.103000	377.373457	369.611509
0.283000	377.006864	369.260998
0.413000	375.162172	367.497019
0.517500	374.599170	366.958632
0.633000	374.290034	366.663006
0.743500	373.590130	365.993659
0.835500	373.217347	365.637143
0.911500	373.023288	365.451549
0.942000	373.023288	365.451549

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-77 Escenario Solidos Suspendedos Totales con caudal máximo quebrada Seca**



Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-97 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	379.000000	379.000000
0.103000	378.870243	378.663021
0.283000	378.835846	378.628664
0.413000	378.771205	378.564100
0.517500	378.727955	378.520900
0.633000	378.710986	378.503952
0.743500	378.670019	378.463032
0.835500	378.629636	378.422697
0.911500	378.620632	378.413704
0.942000	378.620632	378.413704

Fuente: *Software Qual2kw*

#### ✓ **Coliformes Totales y Fecales (NMP/100ml)**

Los Coliformes son bacterias asociadas principalmente a heces fecales de humanos y animales, quienes en contacto con el agua proporcionan una medida de contaminación. Entre las principales bacterias se encuentran las *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*.

De acuerdo a lo reportado por el modelo de calidad, se observa que los Coliformes Fecales presentan una tendencia a disminuir a medida que se aleja en la distancia, esta condición se da naturalmente debido a la capacidad de auto purificación del cuerpo de agua.

De igual manera se puede observar que después de realizado el vertimiento, el cuerpo de agua presenta la misma tendencia a asimilar el vertimiento en los tres escenarios de modelación, presentando únicamente una variación mínima.

Como es de esperar, en las aguas residuales industriales la carga bacteriológica tiende a no ser muy alta, por lo cual se considera que la asimilación de los Coliformes por la quebrada La Seca puede llegar a ser mejor que los escenarios presentados inicialmente.

Para Coliformes Fecales el Decreto 1076 de 2015 establece como límite permisible 2000 NMP/100mL para la destinación del recurso humano y doméstico, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario en 200 NMP y El NMP de coliformes fecales no deberán exceder de 1.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

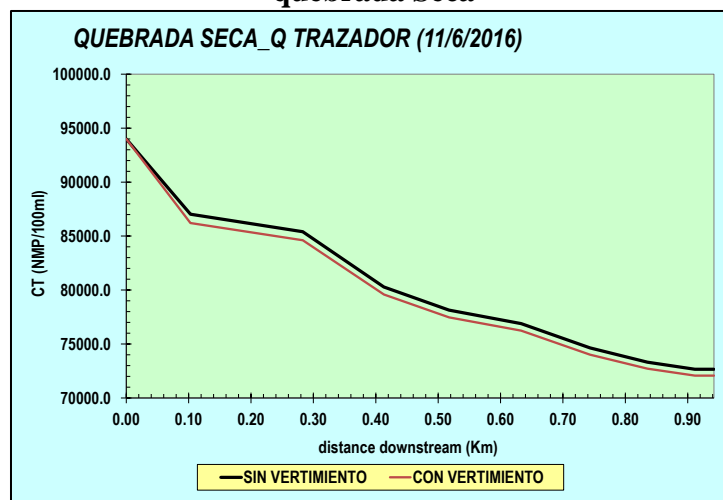
Comparado los valores establecidos por la norma para Coliformes Fecales con el valor obtenido mediante la etapa de monitoreo (400 NMP/100 ml) se concluye que el agua solamente puede ser destinada para recurso humano, doméstico y riego. A su vez, se

concluye que después de realizarse el vertimiento no se cambia considerablemente las condiciones iniciales de la quebrada en los tres escenarios propuestos, por lo cual se prevé una correcta asimilación de la descarga sobre la quebrada La Seca.

Para coliformes Totales el Decreto 1076 de 2015 establece como límite permisible 20000 NMP/100mL para la destinación del recurso humano y doméstico, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico donde para su potabilización se requiere solo desinfección es de 1000 NPM. El NMP de coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto y Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario están en el orden de los 1000 NPM.

De acuerdo a lo monitoreado sobre la quebrada La Seca, se establece que por presentar un valor de Coliformes Totales de 94000 NMP, no puede ser destinada para ningún uso y se debe realizar un previo tratamiento. Es de resaltar que el vertimiento propuesto no genera incremento notorio sobre este parámetro, el cual para los tres escenarios propuestos genera una buena asimilación.

**Figura 7-78 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca**



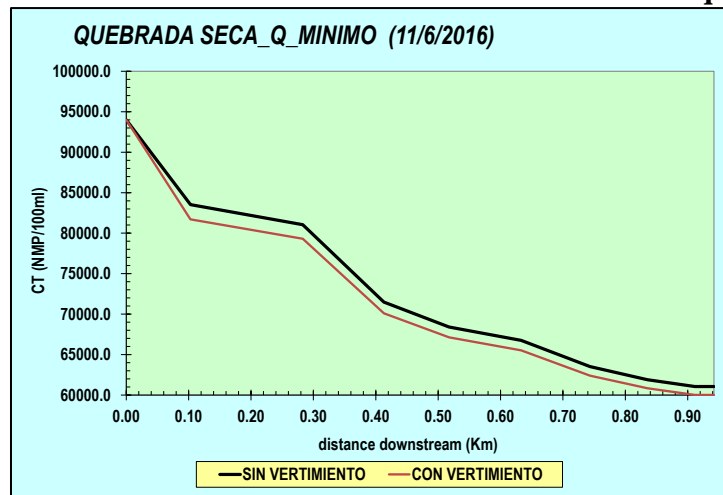
Fuente: *Software Qual2kw*

**Tabla 7-98 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO ( NMP/100 ml )	RESULTADOS CON VERTIMIENTO ( NMP/100 ml )
0.000000	94000.00	94000.00
0.103000	87021.46	86213.96
0.283000	85399.23	84616.78
0.413000	80287.73	79583.59
0.517500	78141.32	77469.28
0.633000	76893.05	76239.50
0.743500	74631.60	74011.63
0.835500	73314.46	72713.82
0.911500	72662.91	72071.88
0.942000	72662.91	72071.88

Fuente: *Software Qual2kw*

**Figura 7-79 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo quebrada Seca**



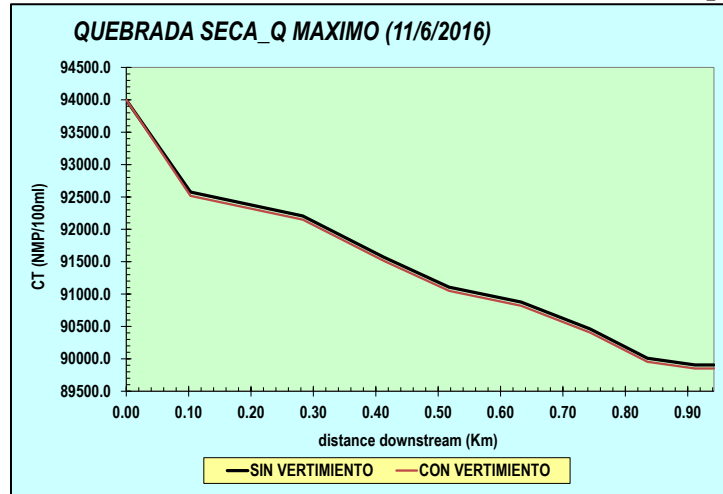
Fuente: *Software Qual2kw*

**Tabla 7-99 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	94000.00	94000.00
0.103000	83526.78	81706.88
0.283000	81039.39	79310.61
0.413000	71484.76	70101.04
0.517500	68408.94	67130.81
0.633000	66746.72	65524.84
0.743500	63506.97	62395.43
0.835500	61894.03	60837.50
0.911500	61044.10	60016.06
0.942000	61044.10	60016.06

Fuente: *Software Qual2kw*

**Figura 7-80 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo quebrada Seca**



Fuente: Software Qual2kw

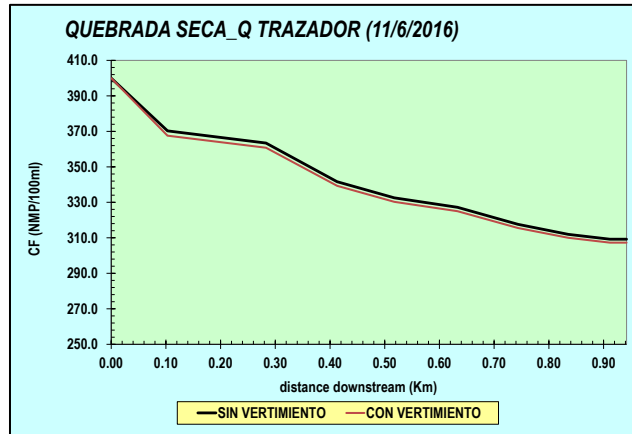
**Tabla 7-100 Escenario Coliformes Totales máximo río Aurrá**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	94000.00	94000.00
0.103000	92574.93	92517.71
0.283000	92206.71	92149.86
0.413000	91568.21	91512.02
0.517500	91106.22	91050.49
0.633000	90875.51	90820.01
0.743500	90462.09	90407.01
0.835500	90008.83	89954.22
0.911500	89905.90	89851.39
0.942000	89905.90	89851.39

Fuente: Software Qual2kw

✓ **Coliformes Fecales (NMP/100ml)**

**Figura 7-81 Escenario Coliformes Fecales medido con trazadores quebrada Seca**



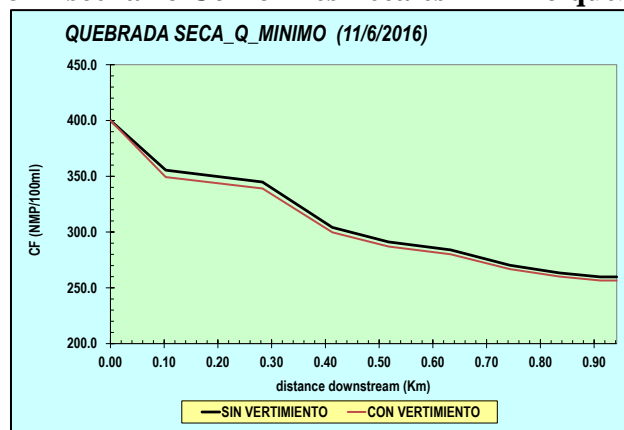
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-101 Escenario Coliformes Fecales medido con trazadores quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO ( NMP/100 ml )	RESULTADOS CON VERTIMIENTO ( NMP/100 ml )
0.000000	26.400000	26.400000
0.103000	25.112855	26.283017
0.283000	24.803932	25.962538
0.413000	23.823503	24.945389
0.517500	23.400605	24.506456
0.633000	23.150414	24.246723
0.743500	22.700111	23.779314
0.835500	22.434951	23.504033
0.911500	22.303385	23.367453
0.942000	22.303385	23.367453

Fuente: Software Qual2kw

**Figura 7-82 Escenario Coliformes Fecales mínimo quebrada Seca**



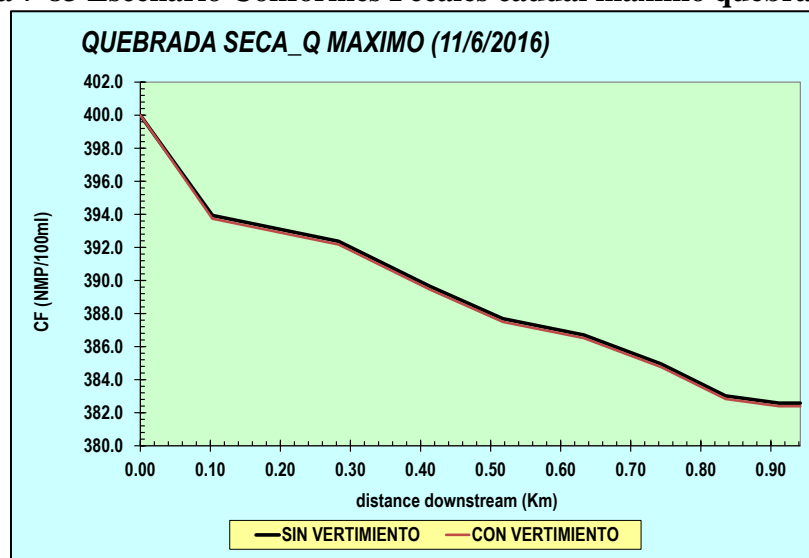
Fuente: Software Qual2kw

**Tabla 7-102 Escenario Coliformes Fecales mínimo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	400.000000	400.000000
0.103000	355.433121	349.303309
0.283000	344.848472	339.059092
0.413000	304.190451	299.687445
0.517500	291.101856	286.989494
0.633000	284.028604	280.123838
0.743500	270.242418	266.745364
0.835500	263.378864	260.085082
0.911500	259.762138	256.573360
0.942000	259.762138	256.573360

Fuente: *Software Qual2kw*

**Figura 7-83 Escenario Coliformes Fecales caudal máximo quebrada Seca**





Fuente: *Software Qual2kw*

**Tabla 7-103 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo quebrada Seca**

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	400.000000	400.000000
0.103000	393.935879	393.739658
0.283000	392.368967	392.174157
0.413000	389.651975	389.459605
0.517500	387.686022	387.495415
0.633000	386.704285	386.514553
0.743500	384.945049	384.756889
0.835500	383.016312	382.829872
0.911500	382.578301	382.392250
0.942000	382.578301	382.392250

Fuente: *Software Qual2kw*

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

A partir del modelo de calidad del agua analizado para a quebrada La Seca, se estableció que después de conformarse la zona de mezcla en condición de caudales mínimo, máximo y medido en campo sobre la fuente hídrica, no se genera una afección notoria sobre la calidad fisicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica, los cuales en su totalidad presentan una correcta asimilación del vertimiento propuesto para los parámetros modelados (Caudal, Velocidad, Profundidad, DBO<sub>5</sub>, pH, Temperatura, DQO, Solidos Suspendidos Totales, Coliformes Totales y Fecales).

Teniendo en cuenta todos los resultados de la modelación de la calidad del agua, en condiciones de caudal vertido de 20 l/s y caudales de cuerpo de agua receptor mínimo de 820 l/s, máximo de 31710 l/s y medido 2010 l/s, se determinó que el poder de asimilación es óptimo y no representa cambios significativos.

### 7.3.2 Vertimiento en suelo

Para el desarrollo del proyecto Autopista Mar 1 en la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe De Antioquia (Unidad Funcional 2.1), no contempla efectuar vertimientos al suelo.

## 7.4 OCUPACIONES DE CAUCE

Para la intersección de todos los drenajes identificados que cruza el diseño de la vía se han planeado obras hidráulicas las cuales van a permitir el transcurso normal sin ser alterada por la configuración final del proyecto. Todas las secciones han sido determinadas desde el punto de vista hidrológico e hidráulico con el fin de garantizar su correcto funcionamiento y ubicación a lo largo del trazado.



### 7.4.1 Cruces con la Vía a Construir

En la Tabla 7-104 se puede observar el listado de puentes que se construirán a lo largo de la vía y que podrán ocasionar algún tipo de intervención sobre cuerpos de agua.

**Tabla 7-104. Ubicación de puentes Unidad Funcional 2.1**

Descripción de la Obra	Nombre de la fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste		Inicio	Fin
		Este	Norte		
Puente- Estructura 30	Quebrada La Muñoz I	1148918,08	1204479,31	0+393	0+548
Puente- Estructura 32	Quebrada La Muñoz II	1148814,69	1204746,67	0+879	0+949
Puente- Estructura 34	Quebrada La Guaracú II	1148347,60	1204745,19	1+346	1+460
Puente- Estructura 36	Quebrada El Sable	1148092,28	1204854,14	1+644	1+743



 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR		 Devimar
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

Descripción de la Obra	Nombre de la fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste		Inicio	Fin
		Este	Norte		
Puente- Estructura 37	Quebrada La Espalda	1147756,46	1204995,40	2+138	2+447
Puente – Estructura 38	Quebrada La Espalda II	1147599,71	1205040,61	2+448	2+528
Puente- Estructura 39	Quebrada La Guaira	1147195,95	1205469,81	2+689	2+947
Puente- Estructura 40	Quebrada El Sapo	1147016,09	1205651,41	3+048	3+156
Puente- Estructura 44	Río Aurrá	1145974,10	1206459,2	4+352	4+560
Puente – Estructura 45	Rio Cauca	1139121,40	1211989,00	14+034	14+334

Fuente. (DEVIMAR, 2016)

Por otro lado el proyecto requerirá la adecuación de alcantarillas y *box coulvert*, que faciliten el manejo de las aguas en la zona, aquellas que se localizaran en drenajes identificados, se relacionan en la Tabla 7-105. La localización de la totalidad de ocupaciones de cauce consideradas en el proyecto se presentan en la Figura 7-84.

**Tabla 7-105 Ubicación obras de drenajes Unidad Funcional 2.1**

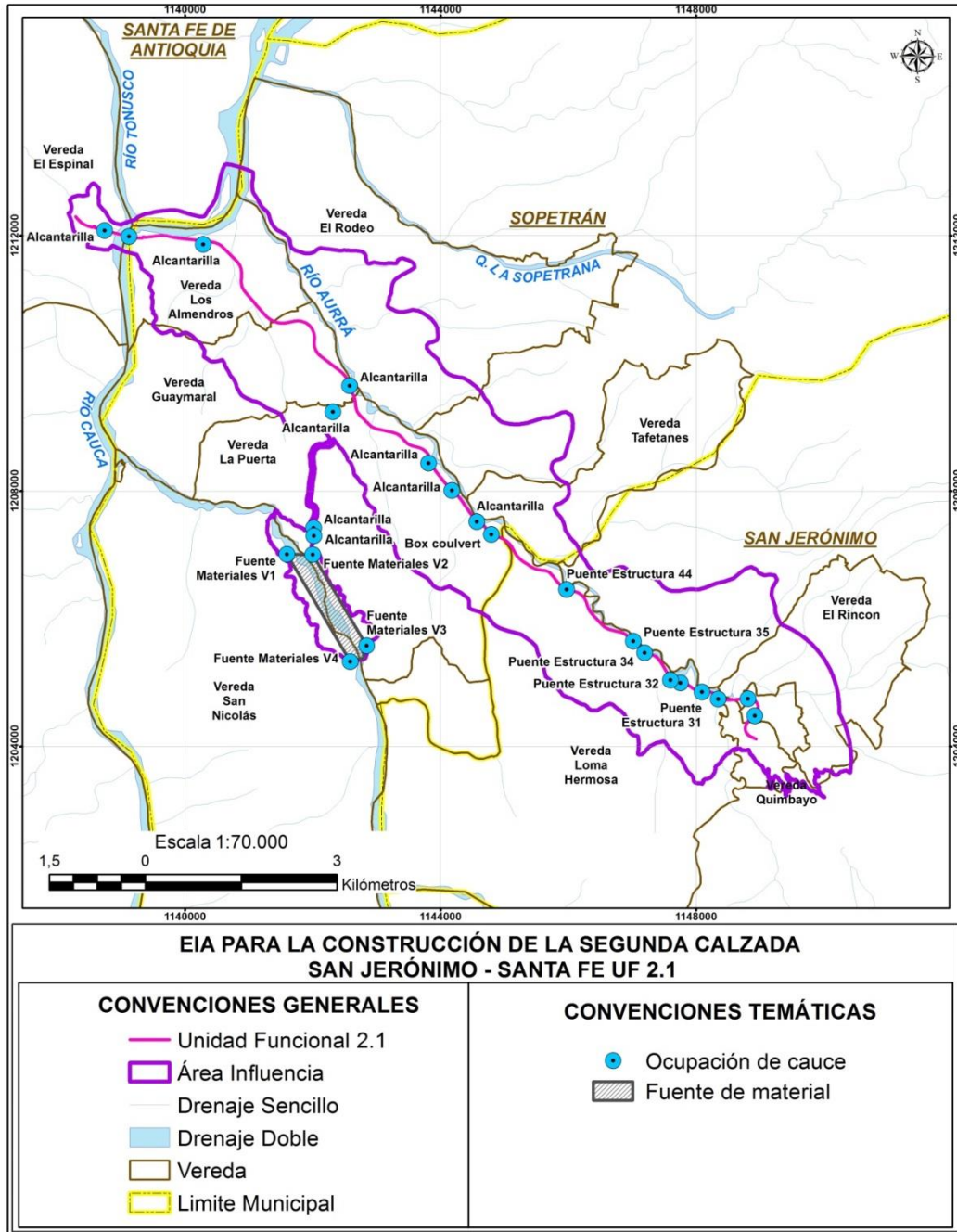
Descripción de la Obra	Nombre de la fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste	
		Este	Norte
Box coulvert	Acequia Tafetanes	1144795,87	1207321,47
Alcantarilla	Cañada El Oro	1144569,05	1207521,59
Alcantarilla	Acequia NN	1144177,97	1208011,63
Alcantarilla	Acequia NN	1143812,79	1208437,15
Alcantarilla	Arroyo NN	1142576,13	1209650,17
Alcantarilla	Drenaje NN 22	1140283,20	1211864,50
Alcantarilla	Drenaje NN 114	1138741,50	1212084,00
Ampliación alcantarilla	Drenaje NN 118	1142018,28	1207297,09
Ampliación alcantarilla	Drenaje NN 117	1142013,31	1207424,21
Ampliación de Alcantarilla	Drenaje NN 18	1142312,54	1209242,6
Extracción de materiales*	Quebrada Seca	1	1141592,59
		2	1142000,04
		4	1142583,46
		3	1142842,78

\*Se presentan las coordenadas de los vértices del polígono de explotación autorizado (HFDA-05) dado que dentro de esta franja se podrán desarrollar las actividades de explotación de materiales.

Fuente. (DEVIMAR, 2016).

Las dimensiones consideradas para las alcantarillas a construir variaran entre los Ø900 mm y Ø1200 mm, dependiendo en las condiciones de la corriente y condiciones particulares de la zona, en cuanto a las dimensiones consideradas para los *Boxcoulvert*, estarán entre los 1,5 x 1,5 m y 5,0 x 5,0 m.

**Figura 7-84 Localización de ocupaciones de cauce**

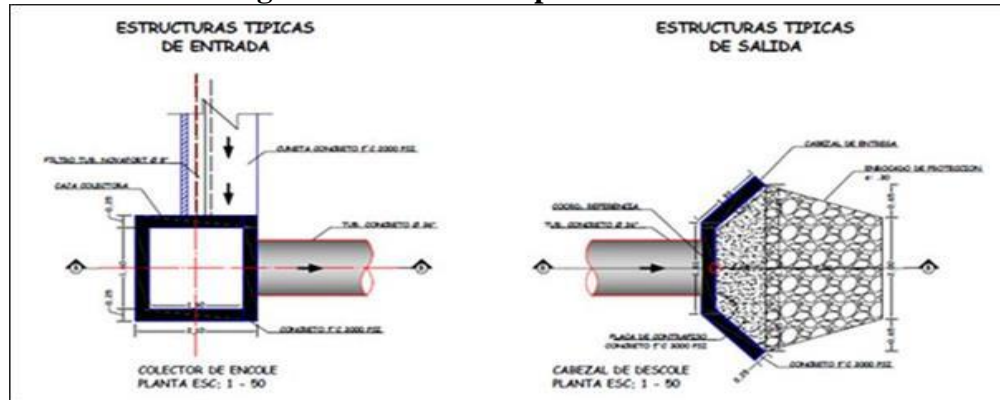


Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

## 7.4.2 Métodos constructivos

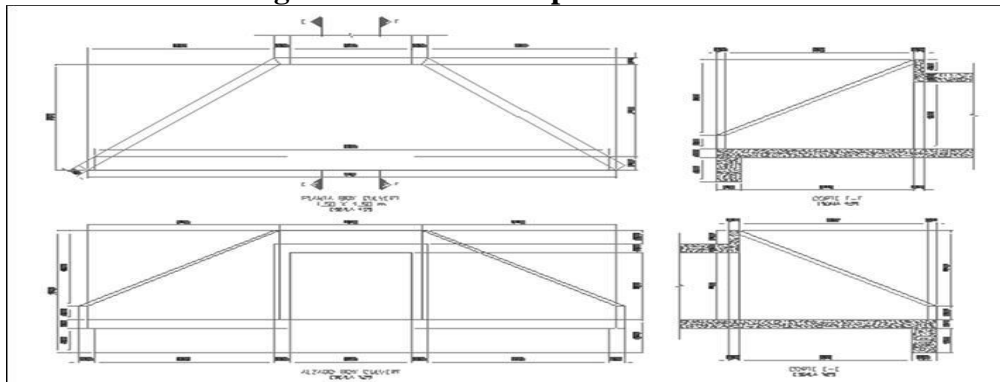
A continuación se presenta los posibles diseños tipo para la construcción de las obras menores:

**Figura 7-85. Diseño Tipo de Alcantarillas**



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

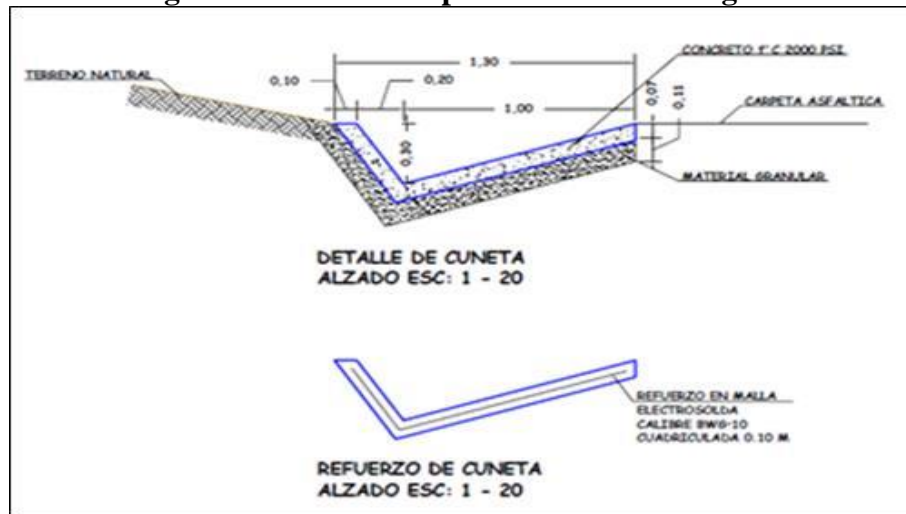
**Figura 7-86. Diseño Tipo Box Culvert**



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

Como obras de drenaje longitudinal, se propone la construcción de cunetas triangulares en concreto con el fin de recoger las aguas de escorrentía de la vía.

**Figura 7-87. Diseño Tipo de Cunetas Triangular**



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016



De acuerdo con el Manual de Drenaje de Inviás, como se muestra en la Tabla 7-106 se han adoptado los siguientes periodos de retorno para el dimensionamiento de las obras:

**Tabla 7-106 Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial**

Tipo de obra	Periodo de retorno (años)
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 502 m.	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m.	100
Drenaje subsuperficial	2

Fuente: Manual de Drenaje INVIAS, 2010

En cuanto a los estudios hidráulicos, en el anexo B. Aspectos civiles de construcción del presente documento, se incluye el Estudio de Hidrología, hidráulica y socavación donde se presenta un análisis detallado de las metodologías, dimensiones y capacidad de las estructuras hidráulicas planteadas para el proyecto.

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

## 7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL

De acuerdo con la Resolución 0751 del 26 de marzo de 2015 (MADS) en lo correspondiente al aprovechamiento Forestal, define que se debe realizar: “inventario forestal de los individuos presentes en las unidades de ecosistema vegetal de cada ecosistema donde se prevé realizar el aprovechamiento forestales (en relación con las actividades y obras del proyecto), mediante un muestreo estadístico que debe cumplir con un error de muestreo no superior al 15% y una probabilidad del 95%”.



### 7.5.1 Censo e Inventario Forestal y datos obtenidos

Dadas las condiciones propias del proyecto para la Unidad Funcional 2.1 el área total a intervenir por las diferentes actividades del proyecto es de 134,87 has distribuidas en 24 ecosistemas terrestres como se muestra en la Tabla 7-107.

**Tabla 7-107 Ecosistemas terrestres presentes en el área**

Ecosistemas	Área (ha)	Área (%)
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	20.14	14.93
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	4.68	3.47
Arbustal denso bajo del Orobioma bajo de los Andes	1.48	1.10
Arenales del Helobioma del Magdalena y Caribe	28.57	21.18
Arenales del Orobioma bajo de los Andes	0.27	0.20
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	7.13	5.29
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	1.92	1.43
Cuerpos de agua artificiales del Orobioma bajo de los Andes	1.12	0.83
Explotación de materias de construcción del Orobioma bajo de los Andes	3.39	2.52
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	14.20	10.53
Mosaico de pastos con espacios naturales del Orobioma bajo de los Andes	3.59	2.66
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	5.49	4.07
Pastos enmalezados del Orobioma bajo de los Andes	1.02	0.75
Pastos limpios del Orobioma bajo de los Andes	6.11	4.53
Remoción en masa del Orobioma bajo de los Andes	1.09	0.81
Ríos del Helobioma del Magdalena y Caribe	5.49	4.07
Tejido urbano continuo del Orobioma bajo de los Andes	1.41	1.04
Tejido urbano discontinuo del Orobioma bajo de los Andes	1.93	1.43
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	14.27	10.58
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	1.52	1.13
Vía pavimentada del Orobioma bajo de los Andes	0.05	0.04
Vivienda rural dispersa del Orobioma bajo de los Andes	2.27	1.68
Vivienda rural nucleada del Orobioma bajo de los Andes	6.49	4.81
Zonas de extracción minera del Orobioma bajo de los Andes	1.22	0.91
<b>TOTAL</b>	<b>134.87</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

La Tabla 7-108 muestra los ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal, divididos en ecosistemas naturales y transformados, omitiendo los ecosistemas de Ríos del Helobioma del Magdalena y Caribe y Cuerpos de agua artificiales del Orobioma bajo de los Andes, debido a que precisamente no se hará aprovechamiento de individuos arbóreos en éstos.

**Tabla 7-108 Ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal**

Actividades	Área (Ha)	Área (%)
<b>Total Accesos</b>	<b>24.17</b>	<b>18.85</b>
Ecosistema Natural	17.55	13.69
Ecosistema Transformado	6.62	5.16
<b>Total Área afectación (Chaflanes – vía)</b>	<b>29.04</b>	<b>22.64</b>
Ecosistema Natural	15.51	12.09
Ecosistema Transformado	13.53	10.55
<b>Total Área de servicio</b>	<b>0.69</b>	<b>0.54</b>
Ecosistema Natural	0.69	0.53
Ecosistema Transformado	0.01	0.00
<b>Total Campamento</b>	<b>0.83</b>	<b>0.65</b>
Ecosistema Transformado	0.83	0.65
<b>Total Captación</b>	<b>0.38</b>	<b>0.30</b>
Ecosistema Natural	0.38	0.30
<b>Total Planta</b>	<b>9.36</b>	<b>7.30</b>
Ecosistema Natural	9.19	7.17
Ecosistema Transformado	0.17	0.13
<b>Total Fuente de Material</b>	<b>58.18</b>	<b>45.36</b>
Ecosistema Natural	49.17	38.34
Ecosistema Transformado	9.01	7.02
<b>Área de Almacenamiento</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
Ecosistema Natural	0.01	0.01
Ecosistema Transformado	0.00	0.00
<b>Total ZODME</b>	<b>5.59</b>	<b>4.35</b>
Ecosistema Natural	2.77	2.16
Ecosistema Transformado	2.81	2.19
<b>TOTAL</b>	<b>128.25</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

El 25,71% del área total equivalente a 32,97 ha, pertenece a ecosistemas transformados (Tabla 7-109), por tal motivo se desarrolló sobre este tipo de ecosistemas censo forestal de todos los individuos arbóreos presentes mayores a 10 cm. de DAP (diámetro a la altura del pecho).



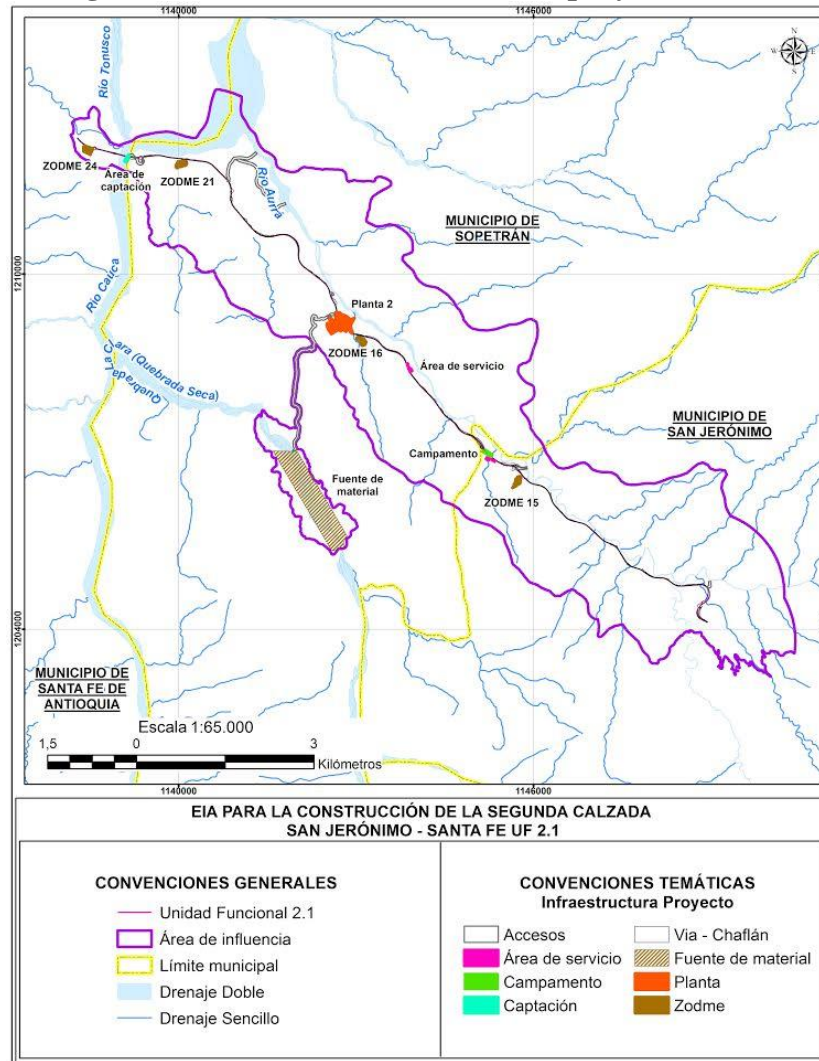
**Tabla 7-109 Distribución del área de influencia en los tipo de ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal**

Tipo de ecosistema	Área (Ha)	Área (%)
Ecosistema natural	95.28	74.29
Ecosistema transformado	32.97	25.71
<b>TOTAL</b>	<b>128.25</b>	<b>100.00</b>



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

La Figura 7.88, muestra el área de intervención del proyecto, con la respectiva localización de cada una de las actividades constructivas del proyecto susceptibles a aprovechamiento.

**Figura 7.88 Área de Intervención del proyecto UF 2.1**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

De acuerdo con lo anteriormente expuesto y para contar con los datos de volúmenes de aprovechamiento de todos los ecosistemas presentes en el área de intervención del proyecto, los resultados del cálculo del aprovechamiento forestal, se presenta de la siguiente manera:

- Inventario forestal sobre ecosistemas naturales
- Censo forestal para los ecosistemas transformados, donde se realizarán cada una de las actividades en el área de intervención del proyecto

#### 7.5.1.1 Muestreo forestal sobre ecosistemas naturales

El muestreo se llevó a cabo para los ecosistemas naturales susceptibles de aprovechamiento forestal identificados dentro de las áreas de intervención del proyecto, mediante el establecimiento de parcelas, teniendo en cuenta que el número de parcelas a realizar por ecosistema, cumpla con los requisitos estadísticos por medio del error de muestreo (probabilidad del 95% y error de muestreo inferior al 15%).

Los ecosistemas naturales sobre los cuales se realizó inventario forestal a partir de parcelas se encuentran relacionados en la Tabla 7-110.

**Tabla 7-110 Ecosistemas naturales presentes en el área de influencia**

Ecosistema	Área (Ha)	Área (%)
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	20.14	31.53
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	4,68	7.32
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	7.13	11.16
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	1.92	3.01
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	14.20	22.22
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	14.27	22.34
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	1.52	2.38
<b>TOTAL</b>	<b>63,86</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Con la información de las áreas de los ecosistemas se hizo el cálculo de los parámetros estadísticos (Tabla 7-111). Previamente se calcularon las variables dasométricas: área basal, volumen total y volumen comercial, para obtener sus promedios por parcela y tener la base de información para los análisis estadísticos.



**Tabla 7-111 Parámetros estadísticos**

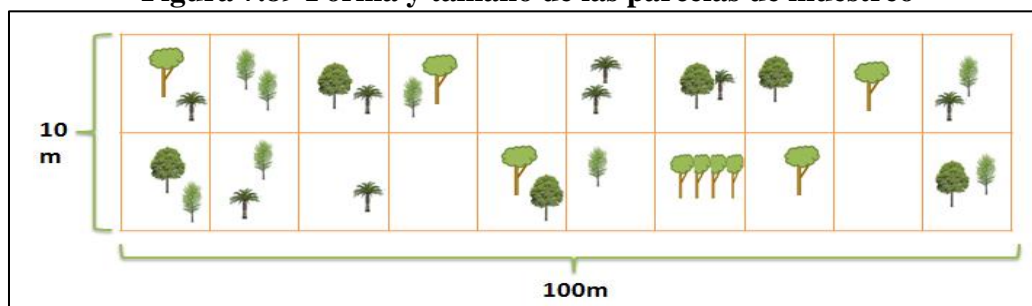
Parámetros Estadísticos	
Promedio (X)	$X = \frac{\sum Xi}{n}$ donde: $Xi$ = valor observado de unidad i-ésima de la muestra $n$ = número de unidades de la muestra (tamaño muestra)
Desviación estándar (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n - 1}}$
Coefficiente de variación (CV)	$CV = \frac{S}{X} * 100$
Error estándar (Sx)	$Sx = \frac{S}{\sqrt{N \frac{1-n}{N}}}$ donde: $S$ = Desviación estándar $N$ = Tamaño de la muestra (número de unidades muestréales) $n$ = Tamaño de la población (expresado en parcelas)
Error de muestreo absoluto (ECM)	$ECM = X - t(Sx)$
Error de muestreo relativo (E%)	$E\% = \frac{t(Sx)}{X} * 100$

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

### 7.5.1.2 Selección de sitios de muestreo



De acuerdo con la información suministrada por el mapa temático de ecosistemas terrestres los puntos se escogieron al azar; sin embargo, se eliminan como sitios posibles los predios con los que no se cuenta con permiso de ingreso, zonas con dificultad extrema de acceso y zonas con algún problema de orden público; en este diseño la unidad de muestreo es una parcela de 1.000 m<sup>2</sup> (0.1 ha.) de extensión, correspondiente a un rectángulo de 100 m. de longitud por 10 m. de ancho como se muestra a continuación.

**Figura 7.89 Forma y tamaño de las parcelas de muestreo**





Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

La Tabla 7-112 muestra la ubicación geográfica de las parcelas de muestreo de los ecosistemas naturales; el tamaño de las parcelas corresponde a unidades de muestreo de cien por diez metros (0,1 ha).

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

**Tabla 7-112 Unidades de parcelas de muestreo**

Ecosistema	Número de Parcela	Comisión	Coordenadas Magna Sirga Origen Oeste	
			Este	Norte
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	1	12	1146004.04	1206294.262
	1	14	1140891.849	1211363.495
	1	19	1142472.433	1209419.506
	3	9	1146171.196	1206248.642
	2	2	1140073.383	1211762.395
	2	8	1140903.101	1211425.442
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	1	18	1144379.634	1207570.737
	1	20	1143351.427	1208716.047
	1	21	1143468.707	1208554.167
	2	9	1148348.043	1204580.04
	2	19	1146576.261	1206263.355
	2	20	1146439.727	1206156.497
	2	21	1148352.133	1204656.79
	3	20	1142495.546	1209212.752
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	1	11	1147695.367	1205043.401
	2	8	1148468.143	1204763.156
	2	10	1146393.365	1206346.04
	2	12	1145730.454	1206971.814
	2	25	1148899.958	1204651.75
	3	8	1147706.433	1204943.683
	3	2	1139469.335	1212067.842
	3	3	1139993.388	1211985.749
	3	4	1140125.403	1212017.937
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	1	16	1142414.837	1209697.484
	1	25	1145002.422	1207155.042
	3	13	1142538.058	1209606.803
	3	21	1145208.239	1206757.024
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	1	13	1139725.729	1211895.628
	3	10	1140576.869	1211941.278
	3	1	1139010.043	1212045.57
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	1	15	1141853.957	1210911.082
	1	23	1144040.129	1207988.601
	1	24	1144880.59	1207505.106
	3	11	1140983.728	1211089.459

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Ecosistema	Número de Parcela	Comisión	Coordenadas Magna Sirga Origen Oeste	
			Este	Norte
	3	12	1141224.998	1210784.814
	3	19	1144508.44	1207618.672
	2	3	1140898.223	1211166.035
	4	1	1141014.749	1211062.706
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	1	22	1143876.68	1208326.306
		1	1141677.655	1207309.045
		2	1142064.146	1206865.231
		3	1142119.671	1206960.28

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Para el cálculo del volumen comercial y volumen total, dentro de las parcelas de muestreo, en campo se tomaron variables de tipo cualitativo y cuantitativo para los individuos en estado fustal, como: especie, CAP (circunferencia a la altura del pecho), altura comercial, altura total, proyección de la copa y estado fitosanitario, mediante planillas de datos. El factor forma usado para el cálculo del volumen fue de 0.7.

#### 7.5.1.2.1 Volumen por ecosistemas

##### 7.5.1.2.1.1 Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes



Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 4 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,4 ha.

**Tabla 7-113 Volumen por parcela para Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes**

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Volumen comercial (m <sup>3</sup> )
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajos de los Andes	1	12	0,72	0,28
	3	9	1,17	0,27
	1	19	1,46	0,64
	2	2	0,81	0,5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Para este ecosistema, el volumen promedio es de 10.4 m<sup>3</sup>/ha, en la Tabla 7-114 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 14.82 %.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-114 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para el Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes**

Parcela	Vol. Total en la parcela
n	4
N	149,9
Media	1,04163253
desví	0,3429064
Sx	0,07351362
valor t	2,10092204
Error absoluto	0,15444638
Error relativo	14,8273385
Lim inferior	0,88718615
Lim superior	1,19607891

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

#### 7.5.1.2.1.2 Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes



Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 3 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,3 ha.

**Tabla 7-115 Volumen por parcela para Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes**

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Volumen comercial (m <sup>3</sup> )
Arbustal denso alto del Orobioma bajos de los Andes	2	19	8,08	3,57
	1	18	2,88	1,35
	3	20	9,91	3,18

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Para este ecosistema, el volumen promedio es de 69.5 m<sup>3</sup>/ha, en la Tabla 7-116 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 13.51 %.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-116 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes**

Parcela	Vol. Total en la parcela
n	3
N	130
Media	6,95623245
desvia	3,64631863
Sx	0,42192982
valor t	2,22813885
Error absoluto	0,94011822
Error relativo	13,5147615
Lim inferior	6,01611423
Lim superior	7,89635068

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

#### 7.5.1.2.1.3 Bosque de Galería del Orobioma bajo de los Andes



Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 4 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,4 ha.

**Tabla 7-117 Volumen por parcela para Bosques de Galería del Orobioma bajo de los Andes**

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Volumen comercial (m <sup>3</sup> )
<b>Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes</b>	1	11	6,93	2,74
	3	8	33,38	9,40
	2	12	39,28	24,43
	3	2	39,03	16,58

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Para este ecosistema, el volumen promedio es de 296.5 m<sup>3</sup>/ha, en la Tabla 7-118 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 14.79 %.

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

**Tabla 7-118 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Bosque de Galería del Orobioma bajo de los Andes**

Parcela	Vol. Total en la parcela
n	4
N	478
Media	29,6563853
desvía	15,3952499
Sx	2,12652364
valor t	2,06389856
Error absoluto	4,38892908
Error relativo	14,7992719
Lim inferior	25,2674562
Lim superior	34,0453144

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

#### 7.5.1.2.1.4 Bosque Fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes



Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 3 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,3 ha.

**Tabla 7-119 Volumen por parcela para Bosque Fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes**

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m³)	Volumen comercial (m³)
<b>Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajos de los Andes</b>	3	21	18,55	4,93
	3	13	4,85	1,32
	1	25	10,90	3,45

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Para este ecosistema, el volumen promedio es de 114.3 m³/ha, en la Tabla 7-120 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 13.06 %.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-120 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Bosque Fragmentado del Orobioma bajo de los Andes**

Parcela	Vol. Total en la parcela
n	3
N	192
Media	11,4312718
desvia	6,86651519
Sx	0,84655611
valor t	2,01063476
Error absoluto	1,4937428
Error relativo	13,067162
Lim inferior	9,93752901
Lim superior	12,9250146

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

#### 7.5.1.2.1.5 Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes



Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 3 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,3 ha.

**Tabla 7-121 Volumen por parcela para Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes**

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Volumen comercial (m <sup>3</sup> )
<b>Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajos de los Andes</b>	3	1	0,24	0,15
	1	13	0,45	0,15
	3	10	0,69	0,21

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Para este ecosistema, el volumen promedio es de 02.2 m<sup>3</sup>/ha, en la Tabla 7-122 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 14.90 %.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-122 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes**

Parcela	Vol. Total en la parcela
n	3
N	98,9
Media	0,46087674
desví	0,22036492
Sx	0,03358098
valor t	2,04522964
Error absoluto	0,06868081
Error relativo	14,9022071
Lim inferior	0,39219593
Lim superior	0,52955754

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

#### 7.5.1.2.1.6 Vegetación Secundaria Alta del Orobioma bajo de los Andes

Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 3 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,3 ha.

**Tabla 7-123 Volumen por parcela para Vegetación Secundaria Alta del Orobioma bajo de los Andes**

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Volumen comercial (m <sup>3</sup> )
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajos de los Andes	1	23	3,37	1,1
	3	19	4,82	1,28
	2	3	7,96	4,92

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Para este ecosistema, el volumen promedio es de 53.8 m<sup>3</sup>/ha, en la Tabla 7-124 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 14.52 %.



**Tabla 7-124 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Vegetación Secundaria Alta del Orobioma bajo de los Andes**

Parcela	Vol. Total en la parcela
n	3
N	21
Media	5,38378919
desvia	2,34507374
Sx	0,36185273
valor t	2,16036866
Error absoluto	0,7817353
Error relativo	14,5201693
Lim inferior	4,60205388
Lim superior	6,16552449

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

#### 7.5.1.2.1.7 Vegetación Secundaria Baja del Orobioma bajo de los Andes

Para la determinación del volumen de este ecosistema, se establecieron en campo cuatro (4) parcelas, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,4 ha para cumplir con el error de muestreo.

**Tabla 7-125 Volumen por parcela para Vegetación Secundaria Baja del Orobioma bajo de los Andes**

Ecosistema	Número de Parcela	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Volumen comercial (m <sup>3</sup> )
<b>Vegetación Secundaria Baja del Orobioma bajo de los Andes</b>	1	1.70	1.06
	2	1.49	0.25
	3	1.32	0.32
	22	1.61	0.40

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Para este ecosistema, en la Tabla 7-126 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 14,56 %.

**Tabla 7-126 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Vegetación Secundaria Baja del Orobioma bajo de los Andes**

Parcela	Vol. Total en la parcela
n	4
Media	1.5
desvíá	0.16
Sx	0.068671606
Error absoluto	0.218543699
Error relativo	14.56957992
Lim inferior	1.281456301
Lim superior	1.718543699

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016



### 7.5.2 Censo forestal para los ecosistemas transformados dentro del área de intervención del proyecto

Se realizó la identificación y conteo de todos los individuos arbóreos cuyo diámetro a la altura del pecho es mayor a 10 cm. de DAP, que se encuentran dentro de las áreas de intervención del proyecto.

Los resultados del censo forestal de todos los individuos arbóreos con su respectivo ecosistema, número de individuos y volúmenes que se encuentran en los **chaflanes** dentro del área de intervención del proyecto, se observan a continuación.

**Tabla 7-127 Resultados del censo forestal en chaflanes**

Ecosistemas	Nº de Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	153	120.30	57.74
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	174	277.69	100.08
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	18	7.27	3.12
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	49	115.75	67.24
Mosaico de pastos con espacios naturales del Orobioma bajo de los Andes	10	27.80	8.67
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	397	290.44	123.26
Pastos enmalezados del Orobioma bajo de los Andes	63	33.89	18.22
Pastos limpios del Orobioma bajo de los Andes	98	69.05	23.92

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Ecosistemas	N° de Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Tejido urbano continuo del Orobioma bajo de los Andes	51	13.56	6.25
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	15	4.49	0.99
Vía pavimentada del Orobioma bajo de los Andes	21	32.69	13.31
Vivienda rural dispersa del Orobioma bajo de los Andes	54	72.23	20.69
Vivienda rural nucleada del Orobioma bajo de los Andes	336	460.30	150.07
<b>TOTAL</b>	<b>1439</b>	<b>1525.45</b>	<b>593.56</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Dentro de las áreas de afectación chaflanes fueron censados 1439 individuos, con un volumen total de 1525,45 m³ y comercial de 593,56 m³.

En la Tabla 7-128 y Tabla 7-129 se relacionan el sitio del **campamento** y los resultados del censo para esta área respectivamente.

**Tabla 7-128 Identificación del sitio del campamento**

Municipio	Área (Ha)	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
		Este	Norte
San Jerónimo	0.83	1145253	1206926



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

**Tabla 7-129 Resultados del censo forestal para campamento**

Ecosistema	N° de individuos	Volumen total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Vivienda rural nucleada del Orobioma bajo de los Andes	81	120,69	36,18

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Referente a las zonas de manejo de materiales sobrantes, la Tabla 7-130 presenta la propuesta de los sitios, en donde se realizará el aprovechamiento forestal respectivo:

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-130 Identificación de sitios de ZODME**

ZODME	Municipio	Área (Ha)	Coordenadas Magna Sirgas Origen	
			Oeste	
			Este	Norte
ZODME 15	San Jerónimo	1,27	1145735,33	1206503,16
ZODME 16	Sopetrán	1,22	1143090,92	1208858,47
ZODME 21	Sopetrán	1,5	1140047,36	1211853,42
ZODME 24	Santa Fe de Antioquia	1,59	1138463,05	1212097,04

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

En la siguiente tabla se muestran los resultados del censo forestal para las ZODME y su relación por ecosistema, número de individuos y volúmenes (total y comercial). Es de aclarar que el ZODME 16 no se relaciona en la Tabla 7-131, ya que no posee coberturas arbóreas.



**Tabla 7-131 Resultados del censo forestal para ZODME**

ZODME	Ecosistema	N° de individuos	Volumen total (m³)	Volumen Comercial (m³)
ZODME 15	Arbustal abierto esclerófilo del Orobionas bajos de los Andes	117	31,88	12,22
	Total Zodme 15	117	31,88	12,22
ZODME 21	Arbustal abierto esclerófilo del Orobionas bajos de los Andes	10	8,07	1,83
	Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobionas bajos de los Andes	17	8,85	2,50
	Total Zodme 21	27	16,92	4,33
ZODME 24	Pastos limpios del Orobionas bajos de los Andes	69	18,60	12,47
	Total Zodme 24	69	18,6	12,47
	<b>Total</b>	<b>213</b>	<b>67,40</b>	<b>29,03</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Dentro de las ZODME fueron censados 213 individuos, con un volumen total de 67,40 m³ y comercial de 29,03 m³. (Ver Anexo O DEMANDA (FUN Aprovechamiento))

Para la Unidad Funcional 2.1, se considera la ubicación de una **planta (N°2)** en el municipio de Sopetrán, con un área aproximada de 9,36 ha, según se describe en la Tabla 7-132.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-132 Identificación del sitio para la planta N° 2**

Planta	Municipio	Área (Ha)	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
			Este	Norte
Planta 2	Sopetrán	9,36	1142837,746	1209269,009

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

En la siguiente tabla se muestran los resultados del censo forestal para la Planta N° 2 y su relación por ecosistema, número de individuos y volúmenes (total y comercial).

**Tabla 7-133 Resultados del censo forestal para la planta N° 2**

Planta	Ecosistema	N° de individuos	Volumen total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Planta 2	Arbustal abierto esclerófilo del Orobionas bajos de los Andes	194	83,54	40,60
	Arbustal denso alto del Orobionas bajos de los Andes	87	20,90	9,01
	Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobionas bajos de los Andes	7	20,55	7,88
<b>Total</b>		<b>288</b>	<b>124,99</b>	<b>57,48</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Dentro de la Planta N° 2 fueron censados 288 individuos, con un volumen total de 124,99 m³ y comercial de 57,48 m³.



De igual manera se considera la ubicación de dos (2) **áreas de servicio** en el municipio de San Jerónimo, con un área aproximada para el área de servicio N°1 de 0,34 ha y para el área de servicio N° 2 de 0,34 ha, según se describe en la Tabla 7-134.

**Tabla 7-134 Identificación del sitio para áreas de servicio**

Áreas de servicio	Municipio	Área (Ha)	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
			Este	Norte
Área de servicio 1	Sopetrán	0,34	1145229,6	1206886,6
Área de servicio 2	San Jerónimo	0,34	1145246,171	1206869,26

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

En la siguiente tabla se muestran los resultados del censo forestal para el área de servicio N°2 y su relación por ecosistema, número de individuos y volúmenes (total y comercial). Es de aclarar que el área de servicio N°1 no se describe en la tabla debido a que no se encontraron individuos arbóreos en el momento del censo forestal.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-135 Resultados del censo forestal para áreas de servicio**

Área de servicio	Ecosistema	N° de individuos	Volumen total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Área Servicio 2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobiomas bajos de los Andes	153	90,56	60,81
	Vegetación secundaria baja del Orobiomas bajos de los Andes	2	0,64	0,43
	Vivienda rural nucleada del Orobiomas bajos de los Andes	5	1,77	1,09
<b>Total</b>		<b>160</b>	<b>92,98</b>	<b>62,33</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Dentro del área de servicio N° 2 fueron censados 160 individuos, con un volumen total de 92,98 m³ y comercial de 62,33 m³.

Se considera la explotación directa de la **fuerate de materiales HFDA-05** (Agregados San Nicolás), la cual se encuentra en la quebrada La Seca de la vereda La Seca, perteneciente a la jurisdicción de los municipios de San Jerónimo y Sopetrán, como se observa en la Tabla 7-136.

**Tabla 7-136 Identificación del sitio para la fuente de material**



Fuente de Material	Municipio	Área (Ha)	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
			Este	Norte
Fuente de material	Sopetrán	68.76	1142297,68	1206157,09

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

La Tabla 7-137 muestra los resultados para el censo forestal realizado en la fuente de material.

**Tabla 7-137 Resultados del censo forestal para la Fuente de material**

Ecosistemas	N° de Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	4	2.76	2.18
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	47	23.51	12.31
Arenales del Helobiomas del Magdalena y Caribe	48	22.06	8.31
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	3	0.10	0.04
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	4	1.93	1.02
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	10	22.40	15.27
Mosaico de pastos con espacios naturales del Orobioma bajo de los Andes	245	384.00	161.88
Pastos limpios del Orobioma bajo de los Andes	3	2.14	1.31

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

Ecosistemas	N° de Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Remoción en masa del Orobioma bajo de los Andes	10	36.58	16.45
Tejido urbano discontinuo del Orobioma bajo de los Andes	46	11.75	3.35
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	376	301.48	148.53
<b>TOTAL</b>	<b>796</b>	<b>808.70</b>	<b>370.65</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

En la fuente de material se censaron 796 individuos que presentan un volumen total de 808,70 m³ y un volumen comercial 370,65 m³.

El **acceso hacia la fuente de materiales HFDA-05** (Agregados San Nicolás) de la quebrada La Seca se hace a partir de la actual Ruta Nacional 62 (Medellín – Santa Fe de Antioquia), y sus coordenadas se muestran en la Tabla 7-138.

**Tabla 7-138 Identificación del acceso a la fuente de material**

Acceso	Municipio	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste			
		Inicio		Fin	
		Este	Norte	Este	Norte
Acceso a la fuente de material	Sopetrán	1.142.646	1.209.397	1.141.980	1.206.997



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

El censo forestal levantado en el área de este acceso se presenta a continuación en la Tabla 7-139.

**Tabla 7-139 Resultados del censo forestal para el acceso a la fuente de material**

Ecosistemas	N° de Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	20	5.88	2.29
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	9	1.45	0.86
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	1	0.31	0.16
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	25	12.36	6.07
Mosaico de pastos con espacios naturales del Orobioma bajo de los Andes	7	0.71	0.41
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	99	101.63	49.02
Tejido urbano discontinuo del Orobioma bajo de los Andes	29	21.73	10.94
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	55	34.60	8.94
<b>TOTAL</b>	<b>245</b>	<b>178.66</b>	<b>78.68</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

El censo realizado en la vía de acceso reportó un total de 245 individuos con un volumen total de 178,66 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 78,68 m<sup>3</sup> de madera.

### 7.5.3 Volúmenes del aprovechamiento forestal

A continuación, en la Tabla 7-140 se muestra el consolidado de los volúmenes totales y comerciales por ecosistema natural, a partir de las parcelas utilizadas en el muestreo forestal.

**Tabla 7-140 Volúmenes totales por muestreo en ecosistemas naturales**

Ecosistema	Volumen Total (m <sup>3</sup> )	Volumen Comercial (m <sup>3</sup> )	Área AID (ha)	Área Parcela (ha)	Volumen Total (m <sup>3</sup> /ha)	Vol./Ecosistema (m <sup>3</sup> /ha)
Arbustal abierto esclerófilo del Oroboma bajo de los Andes	4.167	1.691	20.14	0.6	2.500	50.348
Arbustal denso alto del Oroboma bajo de los Andes	20.869	8.097	4.68	0.5	2.083	41.957
Bosque de galería del Oroboma bajo de los Andes	118.626	53.142	7.13	0.9	3.750	75.523
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Oroboma bajo de los Andes	34.294	9.708	1.92	0.4	1.667	33.566
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Oroboma bajo de los Andes	1.383	0.515	14.2	0.3	1.250	25.174
Vegetación secundaria alta del Oroboma bajo de los Andes	16.151	7.307	14.27	0.8	3.333	67.131
Vegetación secundaria baja del Oroboma bajo de los Andes	6.121	2.048	1.52	0.4	1.667	33.566
<b>Total</b>	<b>201.610</b>	<b>82.508</b>	<b>63.86</b>	<b>3.9</b>	<b>16.249</b>	<b>327.264</b>



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

En la Tabla 7-141 se observan los volúmenes hallados mediante el censo realizado, en los ecosistemas naturales que se presentan en las áreas de las actividades del proyecto. No se muestran los resultados del censo en los ecosistemas transformados, los cuales se aprecian posteriormente.



**Tabla 7-141 Censo forestal en ecosistemas naturales presentes en los tipos de actividad**

Ecosistema	Tipo de actividad	Volumen Total (m <sup>3</sup> )	Volumen Comercial (m <sup>3</sup> )	No. Individuos
Arbustal abierto esclerófilo del Oroboma bajo de los Andes	Chaflanes	120.297	57.738	153
	Fuente de material	2.765	2.178	4
	PLANTA 2	83.541	40.595	194
	Vía de acceso	5.877	2.286	20
	ZODME 15	31.879	12.223	117
	ZODME 21	8.068	1.828	10
<b>SubTotal</b>		<b>252.427</b>	<b>116.848</b>	<b>498</b>
Arbustal denso alto del Oroboma bajo de los Andes	Fuente de material	23.510	12.314	47
	PLANTA 2	20.899	9.007	87
	Vía de acceso	1.447	0.858	9
<b>SubTotal</b>		<b>45.857</b>	<b>22.179</b>	<b>143</b>
Bosque de galería del Oroboma bajo de los Andes	Chaflanes	277.692	100.082	174
	Fuente de material	0.100	0.038	3
<b>SubTotal</b>		<b>277.791</b>	<b>100.120</b>	<b>177</b>
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Oroboma bajo de los Andes	Área Servicio 2	90.561	60.807	153
	Chaflanes	7.273	3.119	18
	Fuente de material	1.927	1.017	4
	PLANTA 2	20.550	7.876	7
	Vía de acceso	0.314	0.157	1
<b>SubTotal</b>		<b>120.625</b>	<b>72.976</b>	<b>183</b>
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Oroboma bajo de los Andes	Chaflanes	115.746	67.243	49
	Fuente de material	22.396	15.274	10
	Vía de acceso	12.357	6.066	25
	ZODME 21	8.850	2.504	17
<b>SubTotal</b>		<b>159.349</b>	<b>91.087</b>	<b>101</b>
Vegetación secundaria alta del Oroboma bajo de los Andes	Chaflanes	4.493	0.986	15
	Fuente de material	301.476	148.534	376
	Vía de acceso	34.598	8.939	55
<b>SubTotal</b>		<b>340.567</b>	<b>158.459</b>	<b>446</b>
Vegetación secundaria baja del Oroboma bajo de los Andes	Área Servicio 2	0.645	0.432	2

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR		 <b>Devimar</b>
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

Ecosistema	Tipo de actividad	Volumen Total (m <sup>3</sup> )	Volumen Comercial (m <sup>3</sup> )	No. Individuos
<b>SubTotal</b>		<b>0.645</b>	<b>0.432</b>	<b>2</b>
Arenales del Helobioma del Magdalena y Caribe	Fuente de material	22.056	8.308	48
<b>SubTotal</b>		<b>22.056</b>	<b>8.308</b>	<b>48</b>
Remoción en masa del Orobioma bajo de los Andes	Fuente de material	36.578	16.447	10
<b>SubTotal</b>		<b>36.578</b>	<b>16.447</b>	<b>10</b>
<b>TOTAL</b>		<b>1255.895</b>	<b>586.855</b>	<b>1608</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Por último, la Tabla 7-142 presenta el consolidado de los volúmenes por ecosistema natural, producto de la sumatoria de los volúmenes totales por ecosistema del muestreo (Tabla 7-140) y los volúmenes totales del censo (Tabla 7-141).

**Tabla 7-142 Volúmenes totales por ecosistema natural (censo y muestreo)**

ECOSISTEMA	Volumen Total (m <sup>3</sup> )
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	302.776
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	87.813
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	353.314
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	154.191
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	184.523
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	407.698
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	34.210
Arenales del Helobioma del Magdalena y Caribe	22.056
Remoción en masa del Orobioma bajo de los Andes	36.578
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1583.159</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

#### 7.5.4 Especies en amenaza, veda y/o endemismo en las áreas de intervención del proyecto

Durante el censo forestal en las áreas de intervención del proyecto, se registraron especies en categoría de veda, amenaza, peligro y/o vulnerables. La Tabla 7-143 muestra las especies amenazadas de acuerdo con la consulta realizada en los libros rojos de plantas de Colombia, categoría CITES, UICN, Resolución 192 de 2014 y Resolución 10194 de 2008 (CORANTIOQUIA).

**Tabla 7-143 Especies en amenaza, en peligro y/o vulnerables dentro registradas en el censo forestal para el área de intervención del proyecto**

Especie	Endémica	Categoría UICN			CITES	Veda		No de Individuos
		Casi amenazada	Preocupación menor	No evaluada	Apéndice II	Nacional	Regional	
<i>Albizia carbonaria</i>				x				6
<i>Amyris pinnata</i>				x				2
<i>Annona muricata</i>				x				134
<i>Astronium graveolens</i>				x			x	1
<i>Azadirachta indica</i>				x				3
<i>Cassia fistula</i>				x				1
<i>Cavendishia pubescens</i>				x				10
<i>Cestrum racemosum</i>				x				2
<i>Cochlospermum vitifolium</i>				x				2
<i>Croton mutisianus</i>			x					9
<i>Cupania americana</i>				x				7
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>				x				104
<i>Ficus americana</i>				x				1
<i>Guazuma ulmifolia</i>			x					1
<i>Hymenaea courbaril</i>		x					x	18
<i>Inga acrocephala</i>				x				1
<i>Inga edulis</i>			x					28
<i>Machaerium biovulatum</i>			x	x				8
<i>Machaerium glabratum</i>				x				130
<i>Machaerium goudotii</i>				x				33
<i>Malpighia glabra</i>				x				3
<i>Melicoccus bijugatus</i>				x				146
<i>Miconia caudata</i>				x				15

Especie	Endémica	Categoría UICN			CITES	Veda		No de Individuos
		Casi amenazada	Preocupación menor	No evaluada	Apéndice II	Nacional	Regional	
<i>Myrcia fallax</i>				x				3
<i>Myrsine latifolia</i>				x				22
<i>Persea americana</i>				x				137
<i>Persea caerulea</i>				x				49
<i>Piper aduncum</i>			x					4
<i>Platymiscium pinnatum</i>				x				19
<i>Sapindus saponaria</i>				x				8
<i>Senna spectabilis</i>			x					74
<i>Trichilia martiana</i>			x					8
<i>Urera caracasana</i>				x				1
<i>Vachellia farnesiana</i>				x				6



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

### 7.5.5 Justificación del aprovechamiento forestal

El tipo de aprovechamiento que se va a realizar es de tipo único, ya que el corte es a tala rasa retirando totalmente la cobertura vegetal de manera manual o mecánica, con caída direccionada, utilizando las medidas de seguridad apropiadas, con el fin de evitar accidentes en las labores y afectar los recursos naturales aledaños a las áreas establecidas como aprovechamiento. Durante el aprovechamiento forestal, se deberán tomar las medidas ambientales acordes con la legislación ambiental vigente y con lo establecido por la autoridad ambiental competente.



### 7.5.6 Sistema de aprovechamiento y extracción (Labores de remoción de la cobertura)

El sistema de aprovechamiento forestal sugerido a implementarse durante la etapa de construcción, corresponde a la “Técnica de impacto reducido en las operaciones de tumba, descope y trozado de árboles en bosques naturales objeto de aprovechamiento forestal”, el cual consiste en la aplicación de técnicas adecuadas que buscan aumentar la eficiencia en relación con el volumen posible de aprovechar un árbol, reducir los desperdicios de madera, prevenir o disminuir los impactos negativos sobre la vegetación, los suelos y las aguas, evitar accidentes sobre los trabajadores forestales y prevenir impactos sociales adversos asociados con estas actividades.

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

A continuación se enumeran una serie de aspectos importantes al momento de efectuar las labores de aprovechamiento forestal



- Solicitar autorización del propietario o encargado del predio para el ingreso y desarrollo de labores de aprovechamiento forestal
- Evaluar la ubicación y la contextura de cada árbol con el fin de definir la dirección de caída segura y el procedimiento de tala, siempre hacía el centro del área de servidumbre.
- Talar los árboles usando técnicas que garanticen direccionar la caída del árbol hacia los sitios seleccionados con anterioridad, con el fin de evitar accidentes a personas, proteger la vegetación aledaña, áreas ambientalmente sensibles, infraestructura comunitaria y privada, y evitar por lo tanto daños materiales, muerte de animales y daño de vegetación y cultivos en zonas fuera de servidumbre. Es importante considerar en su tala aspectos topográficos, ecológicos y características de crecimiento de las especies presentes en el corredor. Se evitará talar árboles en presencia de vientos fuertes o lluvias.
- Asegurar el árbol con manilas o guayas si el caso lo requiere.
- Dar alerta antes de iniciar el corte y cuando inicia caída.
- Las técnicas de tala segura contemplan los siguientes aspectos:
  - Boca de caída: corte horizontal en el tronco realizado por el lado seleccionado para la caída, a 70 cm del nivel del suelo, con una profundidad aproximada de 1/3 del grosor del árbol y corte inclinado a 45° para sacar la cuña o boca.
  - Bisagra: dejar sin cortar el eje sobre el que girara el árbol durante la caída, tendrá un ancho de 1/8 del grosor del árbol.
  - Corte de caída: corte horizontal por el lado opuesto al de caída, a la mitad de la altura de la boca y con una profundidad de aproximadamente 1/2 del grosor del árbol.
  - Eliminación de bisagra en el tocón: corte horizontal que garantice una altura del tronco menor a 70 cm.
- En cada frente de trabajo de despeje, se establecerán áreas temporales y móviles de cargue y descargue de combustible y aceite para las motosierras, estos sitios se definirán de acuerdo con las condiciones topográficas de cada área, con el propósito de evitar el vertimiento de estos elementos en el suelo o cuerpos de agua; adicionalmente, se tomaran todas las previsiones necesarias para el manejo de derrames accidentales, para lo cual será necesario que se disponga de un kit anti derrame por cada frente de trabajo, así como las previsiones necesarias para realizar la labor de tal manera que cualquier tipo de derrame de

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

combustible y/o aceite pueda ser controlado rápidamente y no se generen focos de contaminación.

- Identificar las rutas de evacuación y mantenerlas despejadas, previendo caminos de escape en caso de cambio inesperado de dirección de caída del árbol. Estas rutas de evacuación deben estar hacia un lado respecto a la dirección de caída del árbol.
- Cuando la vegetación corresponda a rastrojo bajo, bosque natural o bosque plantado y se ubique en zonas despobladas, luego del repicado de las ramas producto de las talas o podas de árboles, se procede a la distribución uniforme de los residuos vegetales en el terreno de la servidumbre, o donde se acuerde con el propietario del predio o la autoridad ambiental en el caso de árboles aislados y cercas vivas.
- Todos los sobrantes o residuos generados durante la actividad de despeje de servidumbre no deben tener como receptor final los cuerpos de agua, vías o caminos.
- Realizar el troceo del tronco con cortes perpendiculares a lo largo del mismo y en trozas de 2,5 m. o en longitudes acordadas con los propietarios o requerimientos establecidos en los permisos ambientales; el apilado de trozas o madera se realizará en los sitios definidos entre el ejecutor y el propietario del predio.
- Durante el corte de la vegetación, se deberán cumplir los compromisos adquiridos con las corporaciones, comunidades o propietarios de predios, con respecto a la protección áreas ambiental y socialmente sensibles como: nacimientos de agua, acueductos veredales y bosques protectores, cruce de vías, líneas de electrificación rural, cultivos y otras, utilizando tecnologías y metodologías apropiadas como cuerdas, poleas, desviantes, pórticos y otras.
- Se debe tener cuidado de no dejar montones que al secarse puedan ser de fácil combustión, o que al ser arrastrados por el agua puedan represar los recorridos de cauces de agua o interferir caminos.

En la Tabla 7-144 se presenta el resultado obtenido del censo en los ecosistemas transformados y ZODMES, no se incluyen las estimaciones de los volúmenes en los ecosistemas naturales, los cuales resultan de la caracterización florística de los ecosistemas susceptibles a afectación, por medio de parcelas de muestreo.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-144 Censo forestal en ecosistemas transformados presentes en los tipos de actividad**

Ecosistema	Tipo de actividad	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	No. Individuos
Mosaico de pastos con espacios naturales del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	27.798	8.671	10
	Fuente de material	384.002	161.881	245
	Vía de acceso	0.708	0.414	7
<b>SubTotal</b>		<b>412.508</b>	<b>170.967</b>	<b>262</b>
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	290.443	123.259	397
	Vía de acceso	101.630	49.020	99
<b>SubTotal</b>		<b>392.073</b>	<b>172.279</b>	<b>496</b>
Pastos enmalezados del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	33.888	18.224	63
<b>SubTotal</b>		<b>33.888</b>	<b>18.224</b>	<b>63</b>
Pastos limpios del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	69.049	23.917	98
	Fuente de material	2.141	1.308	3
	ZODME 24	18.599	12.470	69
<b>SubTotal</b>		<b>89.788</b>	<b>37.694</b>	<b>170</b>
Tejido urbano continuo del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	13.557	6.252	51
<b>SubTotal</b>		<b>13.557</b>	<b>6.252</b>	<b>51</b>
Tejido urbano discontinuo del Orobioma bajo de los Andes	Fuente de material	11.746	3.354	46
	Vía de acceso	21.728	10.941	29
<b>SubTotal</b>		<b>33.474</b>	<b>14.295</b>	<b>75</b>
Vía pavimentada del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	32.688	13.306	21
<b>SubTotal</b>		<b>32.688</b>	<b>13.306</b>	<b>21</b>
Vivienda rural dispersa del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	72.228	20.687	54
<b>SubTotal</b>		<b>72.228</b>	<b>20.687</b>	<b>54</b>
Vivienda rural nucleada del Orobioma bajo de los Andes	Área Servicio 2	1.771	1.092	5
	Campamento	120.691	36.176	81
	Chaflanes	460.302	150.072	336
<b>SubTotal</b>		<b>582.764</b>	<b>187.340</b>	<b>422</b>
<b>TOTAL</b>		<b>1662.968</b>	<b>641.044</b>	<b>1614</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

En la Tabla 7-145 se presenta el resultado obtenido del censo en los ecosistemas naturales y transformados (Tabla 7-141 y Tabla 7-144) que tienen lugar en las diferentes áreas de las actividades. No se incluyen las estimaciones de los volúmenes en los ecosistemas naturales, los cuales resultan de la caracterización florística de los ecosistemas susceptibles a

afectación, por medio de parcelas de muestreo, como se dijo anteriormente (Tabla 7-140).

**Tabla 7-145 Resultados del censo forestal (Ecosistemas transformados, ZODMES, Campamentos, Áreas de Servicio, Planta, Fuente de material y su acceso)**

Tipo de área	No. de Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen comercial (m³)
Total Censo áreas de chaflanes	1439	1525.45	593.56
Total ZODMES	213	67.4	29.03
Total Campamentos	81	120.69	36.18
Total Áreas de Servicio	160	92.98	62.33
Total Plantas	288	124.99	57.48
Total Fuente de material	796	808.7	370.65
Total acceso a la fuente de material	245	178.66	78.68
<b>Total</b>	<b>3222</b>	<b>2918.87</b>	<b>1227.91</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016



Durante el aprovechamiento forestal, se deberán tomar las medidas ambientales acordes con la legislación ambiental vigente y con lo establecido por la autoridad ambiental competente.

### 7.5.7 Destinación de los productos forestales

Las trozas, varillones y troncos obtenidos del aprovechamiento forestal, se dispondrán en pilas, conservando un orden por tamaño. En campo se decidirá la mejor forma de conservarlos pues existen muchas formas para almacenarlos.

- Los productos como bloques, tablas, varillones, repisas y estacones podrán ser utilizados en las obras de construcción y se debe dejar una buena parte para las obras de revegetalización.
- La madera sobrante se donará entre los habitantes del área de influencia como medida de mitigación de la presión que sufre los bosques circundantes, no se realizará comercialización de los productos obtenidos del aprovechamiento.
- La madera que presente menor densidad o que no tenga uso práctico se puede dejar para que se descomponga y ser utilizado como insumo en las actividades de revegetalización.
- Por ningún motivo se realizarán quemas de los residuos de las podas.



	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

## 7.6 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

El proyecto Autopista al Mar 1 que contempla la “Construcción de la segunda calzada San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia” permitirá entre tantos beneficios mejorar el tránsito; en este sentido, es de esperarse que el proyecto genere emisiones atmosféricas en las fases de construcción.

No obstante si bien el corredor vial tiene como objeto fundamental el tránsito de vehículos, en Colombia el transporte es considerado como una actividad privada la cual está ligada a la libertad de movimiento y circulación (Constitución Política -CP<sup>1</sup>- art. 24, Convención Interamericana art. 22, Pacto de Derechos Civiles y Políticos Art. 12) presupone la existencia de formas y modos de transporte, pues mal podrían las personas transitar libremente por el territorio nacional, si la sociedad no les ofrece los medios para hacerlo, es decir el estado debe proveer los medios y los mecanismo de regulación necesarios que garanticen el goce efectivo del derecho en concordancia con la goce efectivo de los demás derechos entre estos el derecho a un ambiente sano.



En el Código Nacional de Tránsito Terrestre Ley 769 de 2002 Artículo 28<sup>2</sup> establece las condiciones Tecno mecánica, de Emisiones Contaminantes y de Operación de los vehículos entre ellos asegurar el cumplimiento de las normas de emisiones contaminantes que establezcan las autoridades ambientales.

En este contexto el proyecto va a generar un cambio en la calidad ambiental producto de las emisiones de los vehículos automotores que transitaran por el corredor vial, sin embargo el manejo y control de actividad es competencia del estado, por tanto, no requiere de la solicitud de permiso de emisiones ni la implementación de medidas de manejo; sin embargo con el fin de contemplar la magnitud del impacto producto de la vía, se incluyó en los cálculo de las emisiones y en el modelo de dispersión, anotando que en los términos de referencia solamente solicita información de las fuentes de generación que requieran permiso para emisiones atmosféricas.

Respecto a la fase de construcción las emisiones serán generadas por los procesos de re-suspensión del material particulado proveniente de las vías destapadas y por las actividades de excavación y descapote, gases producto de la combustión de los motores de vehículos y maquinaria, gases producto de la elaboración del asfalto y material particulado generado con la trituration.

<sup>1</sup> Artículo 24. Todo colombiano, con las limitaciones que establezca la ley, tiene derecho a circular libremente por el territorio nacional, a entrar y salir de él, y a permanecer y residenciarse en Colombia. El Gobierno Nacional podrá establecer la obligación de llevar un informe de residencia de los habitantes del territorio nacional, de conformidad con la ley estatutaria que se expida para el efecto.

<sup>2</sup> Modificado Artículo 8º Ley 1383 de 2010.)

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.1</p>	

### 7.6.1 Identificación de las fuentes de emisión existentes

Durante el mes de febrero, se realizó trabajo de campo y en él cual se incluía el inventario de fuentes de emisión, las cuales estuvieran generando contaminación atmosférica en el área de estudio del corredor vial entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia. Finalmente se identificaron puntos que ejercen presión y cambio en el medio, donde se clasificaron en fuentes fijas, móviles y de área; sin embargo se debe tener en cuenta que la cantidad de fuentes de emisión en esta zona no es grande, aun así a continuación se presenta lo observado en el trabajo de campo, por lo cual las fotografías y descripción que se muestra abarca el inventario realizado.



Según lo establecido en el Artículo 18 del decreto 948 de 1995, las fuentes se sub clasifican así:

- Fuentes Fijas: puntuales, dispersas o área – fuente
- Fuentes Móviles: aérea, terrestres y fluviales

#### *Fuentes fijas*

Las fuentes fijas se pueden clasificar, de acuerdo a la envergadura y distribución espacial de las emisiones, en fuentes fijas puntuales y fuentes fijas difusas o dispersas. Las fuentes fijas puntuales se definen como aquellas que emiten contaminantes al aire por ductos o chimeneas y las fuentes fijas difusas son aquellas 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 por ejemplo, en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales (MADS, 2008).

Las fuentes identificadas en el área de influencia se dan a actividades comerciales asociadas a parqueaderos de vehículos, establecimientos de restaurantes y asaderos, estas actividades son predominantes generando impactos atmosféricos asociados a la calidad del aire; estas instalaciones se destacan los existentes a la altura del Municipio de San Jerónimo y restaurantes localizados a lado y lado de la vía existente. (Fotografía 7-2).

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

### **Fotografía 7-2. Fuentes fijas (Vía San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia)**

X: 1149004,1 Y: 1204614,0

X: 1150579,6 Y: 1198204,5



Fuente: Google Earth, 2016. - (Consultoría Colombiana S.A, 2016)



Otra zona de generación de emisiones atmosféricas corresponde al punto de control de vehículos que transportan materiales, ubicado en el margen derecho de la vía actual, sentido Medellín - Santa Fe de Antioquia en el sitio conocido en la zona como estadero en este punto los vehículos detienen su marcha implicando que salgan del corredor vial a un área desprovista de asfalto, lo que implica generación de material particulado y emisión de gases de combustión producto de la detención de los vehículos. (Ver Fotografía 7-3)

### **Fotografía 7-3. Punto de control de vehículos, vereda La Puerta del municipio de Sopetrán**

X: 1142659,03 Y: 1209415,41



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

### ***Centros urbanos***

Los poblamientos y asentamiento humanos identificados en toda el área de estudio pueden verse afectados por la contaminación atmosférica que se presentara durante la etapa de construcción del proyecto, sin embargo se debe tener en cuenta que estos centros urbanos también son generadores de emisiones, ya que debido a la concentración urbana se incrementan las emisiones a la atmosfera.

En todo el corredor vial se observó que la zona con presencia de centros urbanos se ubica en la cabecera municipal de San Jerónimo y llegando a Santa Fe de Antioquia, a lo largo de la vía hay presencia de urbanizaciones, condominios, colegios, restaurantes y viviendas dispersas (Fotografía 7-4).

**Fotografía 7-4. Centros urbanos**

X: 1139067,1 Y: 1215647,3

X: 1139269,1 Y: 1211956,1

X: 1139212,3 Y: 1212042,1





Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

### ***Fuente móvil***

Las fuentes móviles son aquellas que por razón de uso o propósito, es susceptible al desplazarse, como los automóviles, o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

En el área se presentan actividades comerciales, además se cuenta con presencia continua de automotores, camiones, tractomulas, buses de transporte público, motocicletas y en general toda clase de vehículos los cuales transitan por la vía existente. Sin embargo se debe tener en cuenta que los fines de semana iniciando el viernes; las personas se trasladan hacia San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia viniendo desde Medellín, lo que hace que la cantidad de flujo vehicular aumente considerablemente y con ello las emisiones atmosféricas (Ver Fotografía 7-5). En consecuencia a lo anterior, el tráfico vehicular presenta una fuente de emisión constante de Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Óxidos de azufre (SOx) como resultado de la combustión de la gasolina y el diésel. El tránsito vehicular se considera que es frecuente y permanente, esto conlleva a

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

que se incrementen los cambios en la calidad del aire por las emisiones que generan los diferentes vehículos que transitan por la vía existente.

#### **Fotografía 7-5. Fuentes Móviles (Vía San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia)**

X: 1139295,3 Y: 1212124,5

X: 1153839,4 Y: 1191317,1

X: 1139333,1 Y: 1212054,8



Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)



#### **- Fuentes Lineales**

Las vías de acceso del área de influencia se encuentran en diferentes estados y según el material de construcción puede producir un mayor o menor impacto a la atmosfera. En el *Capítulo 3. Descripción del Proyecto* del presente estudio, se desarrolla con mayor detalle el inventario y estado de las vías principales y secundarias presentes en el área de influencia de la zona de estudio.

En el área de influencia del proyecto se observaron sectores sin pavimentar lo que ocasiona que cuando un vehículo viaja en este tipo de carreteras la fuerza de las llantas contra la superficie del camino causa pulverización del material en la superficie, lo que hace que las partículas sean levantadas y lanzadas de las ruedas y la superficie del camino es expuesta a fuertes corrientes de aire. La turbulencia levantada detrás del vehículo continúa en la superficie del camino después de que el vehículo ha pasado<sup>3</sup>(Fotografía 7-6).

<sup>3</sup> EPA (Environmental Protection Agency).Unpaved roads.U.S.EPA Office of Air and Radiation.ResearchTriangle Park, NC, USA. 2006.



	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

### **Fotografía 7-6. Vía secundaria**

X: 1140640,2 Y: 1211893,7



Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

#### **- Fuentes de Área**

Las fuentes de área representan aquellos puntos de contaminación que son demasiado numerosos y dispersos como para poder ser incluidos de manera eficiente en un inventario de fuentes puntuales debido al enorme esfuerzo que sería necesario para recopilar los datos y estimar las emisiones a nivel individual. Por otra parte es una 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<sup>4</sup>.

Para el área de estudio, las Zonas de Extracción de Material de Arrastre localizadas sobre la ronda hídrica del Río Cauca y el Río Aurrá, se encuentran relacionadas como una fuente de área debido a las actividades de extracción, almacenamiento de material y actividades asociadas al transporte del mismo. Estas actividades tienen implícitas movimientos de tierra, implementación de depósitos para disposición del material extraído, entre otros aspectos que generan emisiones de material particulado en la zona e inclusive en áreas aledañas, así mismo el estacionamiento de maquinaria pesada, por lo tanto se presenta descarga de combustible, una de las fuentes identificadas se encuentra ubicada finalizando el puente que comunica a Sopetrán con Santa Fe de Antioquia ver Fotografía 7-7.

<sup>4</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2010). Resolución 610.

### **Fotografía 7-7 Zona de actividades industriales y comerciales**

X: 1141671,3 Y: 1210970,4



Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

Las fuentes de área identificadas en el corredor vial, se asocian a las intercepciones de la vía principal con las vías de acceso a las veredas, a áreas de explotación de materiales y a zonas recreativas. Entre los puntos identificados se encuentra la intercepción de la vía de acceso a la trituradora Santa Fe dado que por el tránsito frecuente de vehículos de carga se genera material particulado en la zona. (Ver

Fotografía 7-8)

### **Fotografía 7-8. Acceso a trituradora Santa Fe, vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán**



X: 1140833,35 Y: 1211549,00



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

## **7.6.2 Identificación de fuentes de emisión atmosférica proyectadas**

Las fuentes de contaminación de aire del proyecto construcción segunda calzada entre el San Jerónimo UF 2.1; están relacionadas con el tráfico de vehículos pesados, material particulado proveniente de las vías destapadas, gases producto de la combustión de los

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

motores de vehículos y maquinaria, gases producto de la elaboración de concreto y material particulado generado con la trituración. En Tabla 7-146 se listan las potenciales fuentes de emisión del proyecto.

**Tabla 7-146 Potenciales fuentes de contaminación atmosférica asociadas al proyecto**



Fuente	Tipo	Emisión		Contaminantes
		Ruido	Gases y/o partículas	
Tráfico de vehículos por las vías industriales	Móviles	X	X	Partículas en suspensión (PST); principalmente material arcilloso muy fino.
Operación de Maquinaria y equipos en el frente de obra - vehículos livianos y pesados, así como la maquinaria de tipo pesado	Móviles	X	X	Gases y partículas de combustión
Plantas eléctricas y motobombas	Fijas	X	X	Gases y partículas de combustión
Planta de concreto, asfalto y trituración	Fijas	X	X	Partículas en suspensión (PST) Gases
Planta de trituración	Fija	X	X	Partículas en suspensión (PST)
ZODMES	Área		X	Partículas en suspensión (PST)

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

La principal fuente de emisión de gases estará relacionada con la combustión del diésel y gasolina de las diferentes máquinas, equipos y vehículos utilizados. La calidad del aire puede afectarse, dado que en el proceso de combustión se generan emisiones a la atmósfera de gases como CO, CO<sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno. El tránsito de vehículos por vías y sectores sin pavimentar, la operación de maquinaria y/o equipos principalmente durante los movimientos de tierras, generarán emisiones de material particulado.

De acuerdo al marco normativo para la construcción y operación se requieren permiso de emisión atmosférica para el desarrollo de las actividades referenciadas en la Tabla 7-147.



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-147 Actividades objeto de permiso de emisiones**

Actividad	Legislación	Fuente de Emisión
Plantas de preparación o beneficio de minerales o materiales cerámicas o silicocalcareos: Cuando la capacidad de molienda sea superior a 5 Ton/día.	Numeral 2.13 Artículo 1 de la Resolución 619 de 1997	Planta de Trituración
Industrias, obras, actividades o servicios que cuenten con calderas y hornos, cuyo consumo nominal de combustible sea igual o superior a: A. Carbón Mineral: 500 Kg/hora. B. Bagazo de Caña: 3.000 Ton/año C. 100 galones/hora de cualquier combustible líquido, tales como ACPM, Fuel Oil o Combustóleo, Búnker, petróleo crudo.	Numeral 4.1 Artículo 1 de la Resolución 619 de 1997	Planta de Concreto

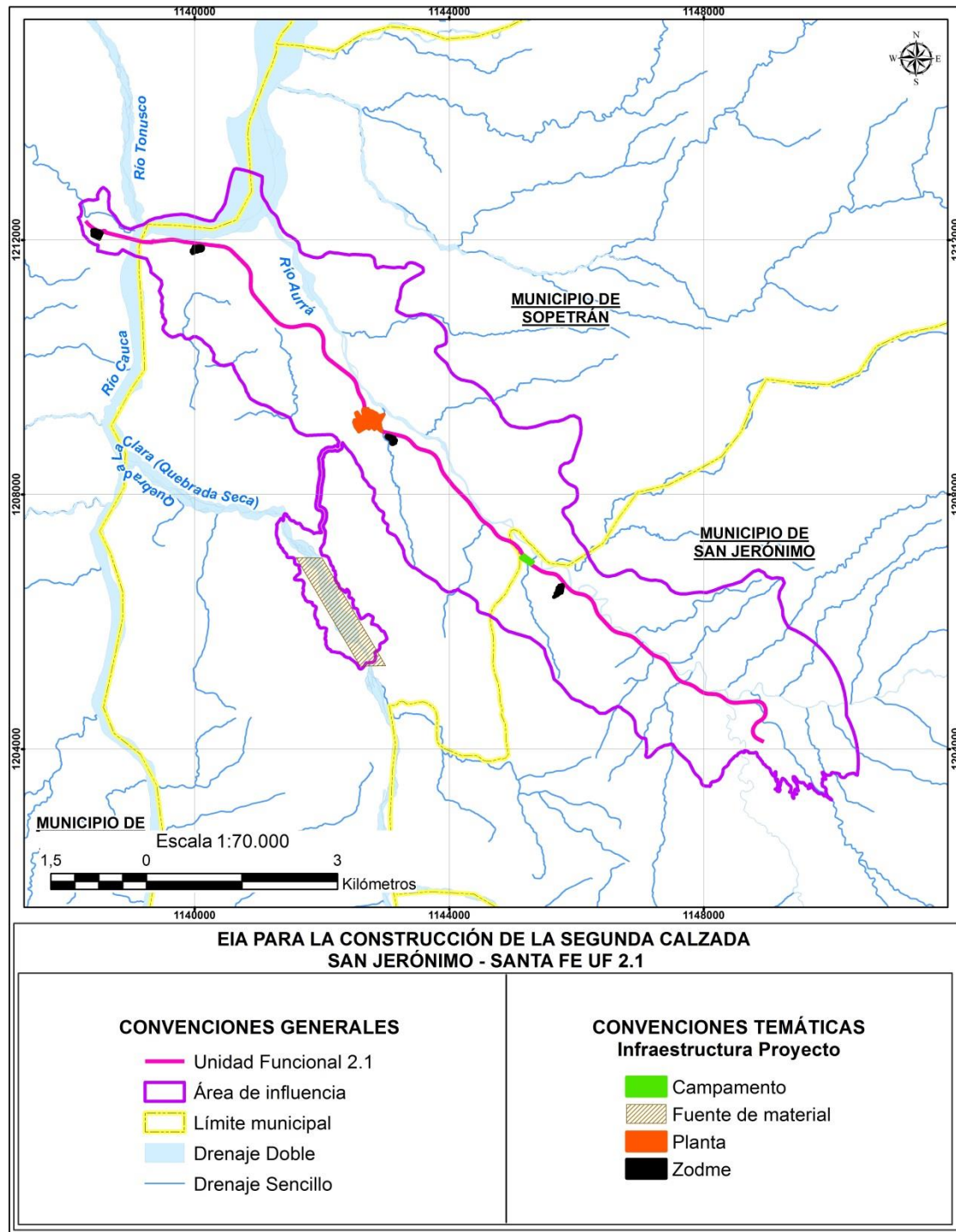
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En este contexto se requiere la expedición de un permiso de emisiones atmosféricas durante el desarrollo del proyecto, particularmente para las fuentes fijas como la planta de producción de concreto y planta de trituración a lo largo del corredor vial, en los sitios que se detallan en la Tabla 7-148. En la Figura 7-90 se presenta la localización sobre el plano general de las instalaciones, señalando la posible ubicación de las fuentes de emisión dentro del área de influencia.



**Tabla 7-148. Características y Criterios**

Criterio	Planta de concreto y trituración
Cantidad (un)	1
Tipo de material procesado	Mezclas de Concretos Hidráulicos – Preparación de Materiales
Características técnicas general plantas	Balanza, cinta elevadora, silos de cemento, cabina de operación, capacidad 60 m <sup>3</sup> /h.
Sistema de manejo de emisiones	Recirculación agua y filtros presurizados en cilos de cemento.
Horas producción (h/d)	10
Tipos de vías circulación (afirmado, concreto, asfalto, afirmado humectado)	Afirmado humectado

**Figura 7-90. Localización General de las Instalaciones**



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

### **7.6.3 Modelo de Dispersión**

Teniendo en cuenta que se prevé la adecuación de dos áreas cuya operación implicara posiblemente la generación de contaminantes, a continuación se presenta los modelos de dispersión de contaminantes para dichas áreas (Planta 2 y Planta de trituración (fuente de materiales)); los informes detallados generados por el laboratorio se presentan en el Anexo O. Demanda, del presente estudio de impacto ambiental en los cuales se puede observar la descripción de los aspectos meteorológicos, estimación de emisiones atmosféricas, los resultados detallados del modelo para cada uno de los contaminantes analizados, identificación de receptores y concentraciones de fondo y el análisis de contaminantes por tipo de fuente. Los cálculos de dispersión de contaminantes fueron efectuados aplicando el modelo de dispersión de contaminantes AERMOD de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).

#### **7.6.3.1 Fuentes de emisión**

Dentro de la infraestructura asociada a las fuentes de emisión de contaminantes se encuentran principalmente obras civiles (fuentes de área/ dispersas o difusas), vías de acceso (fuentes de área/línea/dispersas o difusas) las cuales se describen brevemente a continuación:



Para la identificación de las fuentes lineales se realizó un estudio de tráfico, el cual se incluye en el Anexo B. Aspectos civiles constructivos del presente estudio de impacto ambiental.

En relación a las fuentes de área dispersas, se contempla la operación en el área denominada Planta 2 de: una planta trituradora, una planta de concreto y una planta de asfalto y, una planta de trituración prevista en la zona de explotación de materiales de arrastre. La descripción de los equipos a instalar se presenta a continuación:

##### **7.6.3.1.1 Planta 2**

###### **7.6.3.1.1.1 Planta de concreto**

- Planta dosificadora KONECO 80, con una producción de 80 m<sup>3</sup>/hora.
- Se compone de 4 silos de almacenamiento de cementante, 3 de cemento (100 toneladas) y 1 de ceniza (60 toneladas).
- Tolvas de agregados (arena y grava de ½” y 1”)
- Diques de aditivos (acelerantes, plastificantes, retardantes), los cuales se distribuyen dosificados por tubería al shut de descargue a la mixer.
- Sistema de control de emisiones: Recirculación de agua, y filtros presurizados en silos de cemento.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

#### 7.6.3.1.1.2 Planta de asfalto

En la Tabla 7-149 se observan las características generales de la planta de asfalto a instalar.



**Tabla 7-149. Características generales planta de asfalto**

Infraestructura	Componentes	Componentes unitarios	
		Tolva dosificadora	Capacidad (m³)
Planta de asfalto Ciber iNOVA1200P1	Sistema de alimentación de agregados	3	8
	Área (m²)	Producción máxima nominal (ton/h)	Humedad agregados (%)
	3070	120	3
	Combustible	Cantidad Consumida	
	Aceite tipo Diesel	5,0 kg/t equivalentes a 5,9 l/t [1,55 gal/t] para Diesel de densidad 0,85 kg/l y Poder Calorífico Inferior – PCI de 10'000 kcal/kg, en las condiciones nominales de operación del equipo (anexo), equivalente a máximos 720 litros/h [187 gal/h]	
Condiciones nominales de operación			
Producción	Producción Máxima de 120 t/h (métricas)		
	Rango de producción: 80 t/h - 120 t/h		
Agregados	Contenido promedio de humedad de los agregados ≤ 3%		
	Granulometría de los agregados ≤ 25.4 mm [1"]		
	Peso específico aparente de los agregados ≥ 1'600 kg/m³		
	Peso específico aparente del filler ≥ 1'000 kg/m³		
	Contenido máximo de agregados que pasa en malla #200 ≤ 10%		
	Contenido máximo de filler artificial en el mezclado ≤ 3%		
	Absorción de agua (porosidad) ≤ 1.5%		
Temperatura	Temperatura ambiente ≥ 20°C [68°F]		
	Temperatura de entrega de mezcla asfáltica igual a 150°C [302°F]		
	ΔT entre temperatura ambiente y de salida de la mezcla ≤ 130°C [266°F]		
	Temperatura de los gases en la salida de tambor secador: 120°C ~ 140°C [248°F ~ 284°F]		
Otros	Altitud de operación ≤ 1'000 metros sobre el nivel del mar [3'280 ft over the sea level]		
	PCI (Poder Calorífico Inferior) del combustible: ≥ 10'000 kcal/kg [18'000 BTUs/lb] – equivalente al Diesel		
	Rango del contenido cemento asfáltico: 4.5% ~ 6.5%		

Fuente: Ciber Equipamentos Rodoviários Ltda.

#### 7.6.3.1.1.3 Planta de trituración

El esquema descrito a continuación se implementara tanto en el área denominada Planta 2, como en la planta de trituración a instalar en la zona de extracción de materiales de arrastre

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

del proyecto:

- Planta primaria móvil de trituración con trituradora de mandíbulas marca STRIKER JQ1180 sobre orugas.
- Planta secundaria móvil de trituración con trituradora de impacto marca STRIKER HQ1112 sobre orugas.
- Planta de cribado marca ANACONA SR514 sobre orugas.
- Banda móvil de transferencia marca STRIKER LDQ15.

#### **7.6.3.1.2 Planta de trituración (Fuente de material)**

Las instalaciones necesarias para la trituración del material en la fuente son:

- Generador eléctrico 60 KVA para conexión de herramientas eléctricas
- Equipo de soldadura
- Cesta elevadora, para trabajos en altura
- Grúa telescópica de al menos 80 toneladas, para el armado y elevación de conjuntos
- Grúa telescópica adicional de unas 180 t para colocar la machacadora y el molino de impacto
- Camión pluma para trabajos auxiliares
- Herramientas de mano y eléctricas (Pistola de impacto, amoladora y el taladro)



Estas instalaciones se ubicaran dentro del área establecida para la planta de triturado, la cual tiene un área aproximada de 3,996 hectáreas. A continuación se describen los equipos que se prevé instalar en esta área:

Equipo primario de trituración:

- Tolva de alimentación de 12m<sup>3</sup>.
- Alimentador vibratorio de pre cribador 3 x 12 pies inclinado
- Trituradora de mandíbulas de 30" X 42" (76 X 106 cm) con bastidor en acero soldado, mandíbulas y revestimientos en acero
- Banda de salida de trituradora, ancho 36", longitud 8 metros

Equipo secundario de trituración

- Transportador de banda de alimentación de zaranda
- Zaranda vibratoria clasificadora de 5 X 2 metros
- Trituradora de conos hidráulica modelos kubria f/m-110 marca Thyssenkrupp
- Transportador de banda de retorno de triturador de cono a banda principal

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

Conjunto terciario con impactador

- Zaranda vibratoria clasificadora de 6 X 2 metros
- Trituradora de impacto ti-300 con bastidor en acero soldado

Equipos complementarios

- Transportadora de banda alimentadora de triturador de impacto
- Transportador de banda de alimentación de zaranda
- Transportador de banda de retorno
- Cinco (5) apiladores de producto

### **7.6.3.2 Metodología modelación de contaminantes**

Para realizar la modelación de contaminantes, se evalúan los siguientes factores:

- Topografía del terreno.
- Ubicación de las fuentes de emisión.
- Cantidad de emisión desde las fuentes en g/s o g/s-m<sup>2</sup> y demás características dependiendo del tipo de fuente como velocidad, altura de emisión, temperatura, etc.
- Meteorología y cobertura del suelo (parámetros superficiales).
- Presencia de estructuras y obstáculos sobre las corrientes de viento respecto a las fuentes de emisión.



### **7.6.3.3 Resultados estimaciones y modelación**

A continuación se presenta los resultados consolidados de la modelación de contaminantes para el área de Planta 2 y zona de fuente de materiales.

#### **7.6.3.3.1 Descripción meteorológica**

El resumen de los datos meteorológicos considerados para el desarrollo del modelo de dispersión se presenta en la Tabla 7-150 y Figura 7-91, estos fueron obtenidos a partir de un modelo regional de simulación atmosférica WRF (Weather Research and Forecast), lo anterior teniendo en cuenta que el modelo requiere datos horario de las variables.



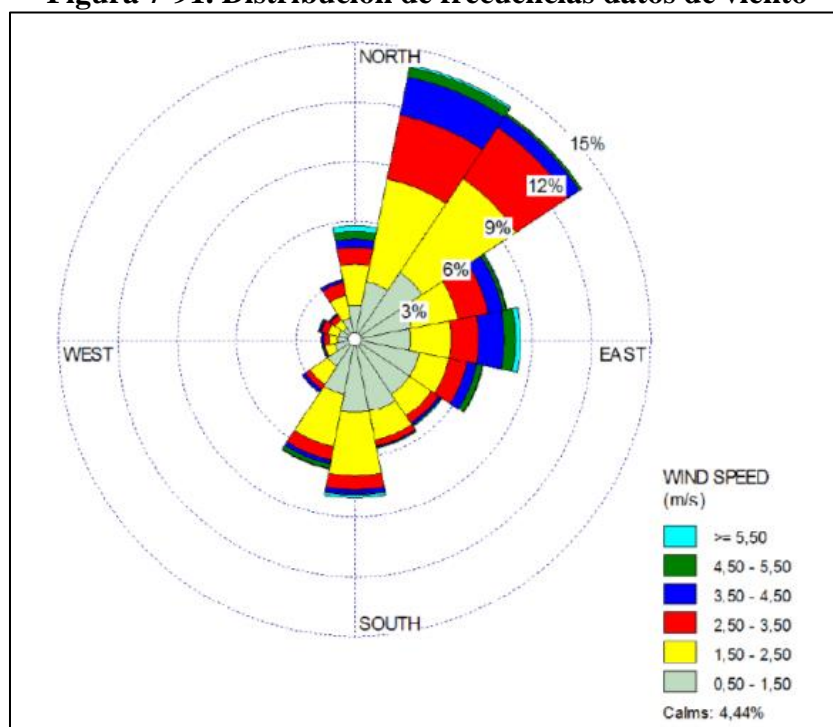
 <b>ANI</b> Agencia Nacional de Infraestructura	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	 <b>Devimar</b>
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

**Tabla 7-150. Datos meteorológicos**

PERÍODO DE MODELACIÓN	Enero 01 de 2015 a Diciembre 31 de 2015			DEPARTAMENTO	Antioquia		
TIPO DE DATOS	Datos horarios generados por modelo de pronóstico WRF			COORDENADAS GPS WGS84	-75.81E 6.41N		
PARÁMETROS GENERADOS	Sensible Heat Flux (W/m²), Surface Friction Velocity (m/s), Convective Velocity Scale (m/s), Vertical Potential Temperature Gradient above PBL (m), Height of Convectively-Generated Boundary Layer – PBL (m), Height of Mechanically-Generated Boundary Layer – SBL (m), Monin-Obukhov Length (m), Surface Roughness Length (m), Bowen Ratio, Albedo, Wind Speed – Ws (m/s), Wind Direction - Wd (degrees °), Reference Height for Ws and Wd (m), Temperature – temp (K), Reference Height for temp (m), Precipitation Code , Precipitation Rate (mm/h), Relative Humidity (%), Surface Pressure (mb), Cloud Cover (tenths).						
MES	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	PRECIPITACION TOTAL (mm)	HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO (%)	PRESION ATMOSFÉRICA (mmHg)	COBERTURA DE NUBES (OCTAS)	RADIACION (W/m²)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
ENERO-2015	17.1	184.9	79.2	609.7	7.0	241.7	2.7
FEBRERO-2015	24.4	66.8	66.5	689.7	6.4	363.3	1.6
MARZO-2015	17.4	506.7	81.9	609.0	7.4	209.3	2.6
ABRIL-2015	20.6	303.2	76.0	639.9	6.9	305.2	2.2
MAYO-2015	25.0	132.6	67.9	693.2	5.9	427.7	1.7
JUNIO-2015	26.0	80.5	60.4	692.7	5.8	408.0	1.6
JULIO-2015	25.5	121.4	63.0	693.0	5.6	454.4	1.7
AGOSTO-2015	25.8	96.5	62.3	692.6	5.7	485.2	1.7
SEPTIEMBRE-2015	25.9	34.3	57.5	692.5	5.6	450.1	1.7
OCTUBRE-2015	24.2	159.7	70.2	693.5	6.2	386.2	1.6
NOVIEMBRE-2015	23.7	73.1	72.6	692.9	6.2	365.6	1.5
DICIEMBRE-2015	25.7	17.5	59.3	692.0	5.9	340.3	1.5

Fuente: ANASCOL, 2016.

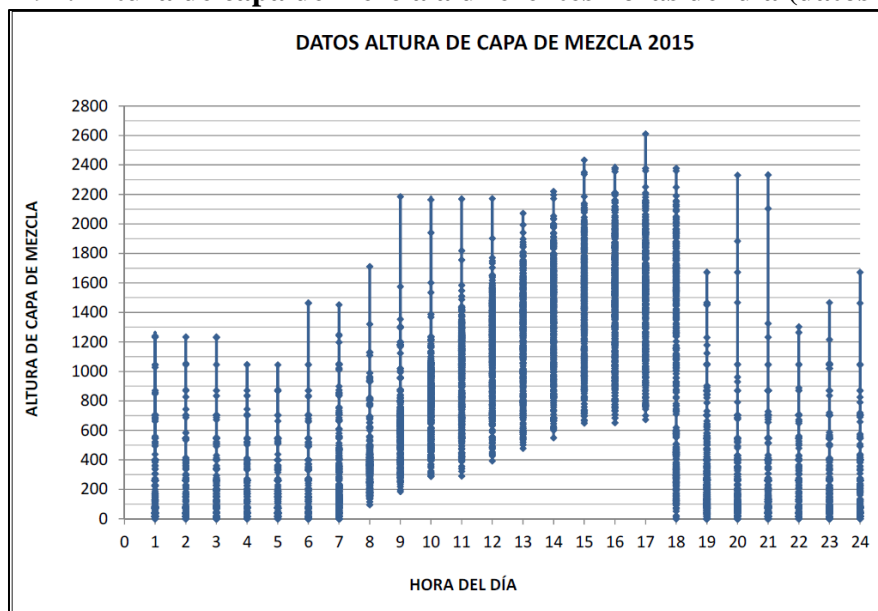
**Figura 7-91. Distribución de frecuencias datos de viento**



Fuente: ANASCOL, 2016.

A partir de la interacción de factores como la dirección y velocidad del viento, el brillo solar, la temperatura y la nubosidad es posible crear condiciones en las cuales puede o no favorecer la dispersión de los contaminantes, lo cual se conoce como estabilidad atmosférica; y a la altura en la cual se presenta la dispersión se conoce como altura de mezcla. (Ver Figura 7-92)

**Figura 7-92. Altura de capa de mezcla a diferentes horas del día (datos anuales)**



Fuente: ANASCOL, 2016.

En la Tabla 7-151, se presenta la altura de capta de mezcla y la clase de estabilidad para cada uno de los meses; dichos valores se obtuvieron para una periodicidad horaria y se contabilizó el número de datos por estabilidad para determinar el valor predominante. Estas categorías de estabilidad corresponden a las determinadas por Pasquill<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Pasquill F. The estimation of the dispersión of windborne material. Meteor, Mag. 90. Pág. 33-49. 1961.



**Tabla 7-151. Valores promedio de altura de mezcla y tipo de estabilidad atmosférica para el área a partir de los datos modelados (datos anuales)**

Fecha	Valor de velocidad del viento (m/s)	Clase de estabilidad atmosférica		Fecha	Valor de velocidad del viento (m/s)	Clase de estabilidad atmosférica	
		DÍA	NOCHE*			DÍA	NOCHE*
ENERO-15	2.7	C	D	JULIO-15	1.7	A-B	E
FEBRERO-15	1.6	C	D	AGOSTO-15	1.7	A-B	E
MARZO-15	2.6	A-B	D	SEPTIEMBRE-15	1.7	A-B	E
ABRIL-15	2.2	A-B	E	OCTUBRE-15	1.6	A-B	E
MAYO-15	1.7	A-B	E	NOVIEMBRE-15	1.5	B-C	E
JUNIO-15	1.6	A-B	E	DICIEMBRE-15	1.5	B-C	E

\*A (Muy Inestable), B (Inestable), C (Ligeramente inestable), D (Neutral), E (Ligeramente estable), F (Estable)

Fuente: Turner. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Washington D.C.

De los anteriores resultados se destaca que en la noche y horas muy nubladas durante el día se presenta una estabilidad E o D (Ligeramente estable y estable), esta situación es favorable para la jornada diurna ya que los valores de altura de mezcla de los contaminantes supera los 500 metros de altura haciendo que los contaminantes se dispersen de forma más rápida, y para la noche y días nublados es desfavorable, teniendo en cuenta que a bajas temperaturas el viento tiende a permanecer en calma lo que impide la dispersión de contaminantes.

#### 7.6.3.3.2 Estimación de emisiones atmosféricas

A continuación se presentan los resultados de los modelos desarrollados en el escenario de las fuentes lineales identificadas dentro del área.

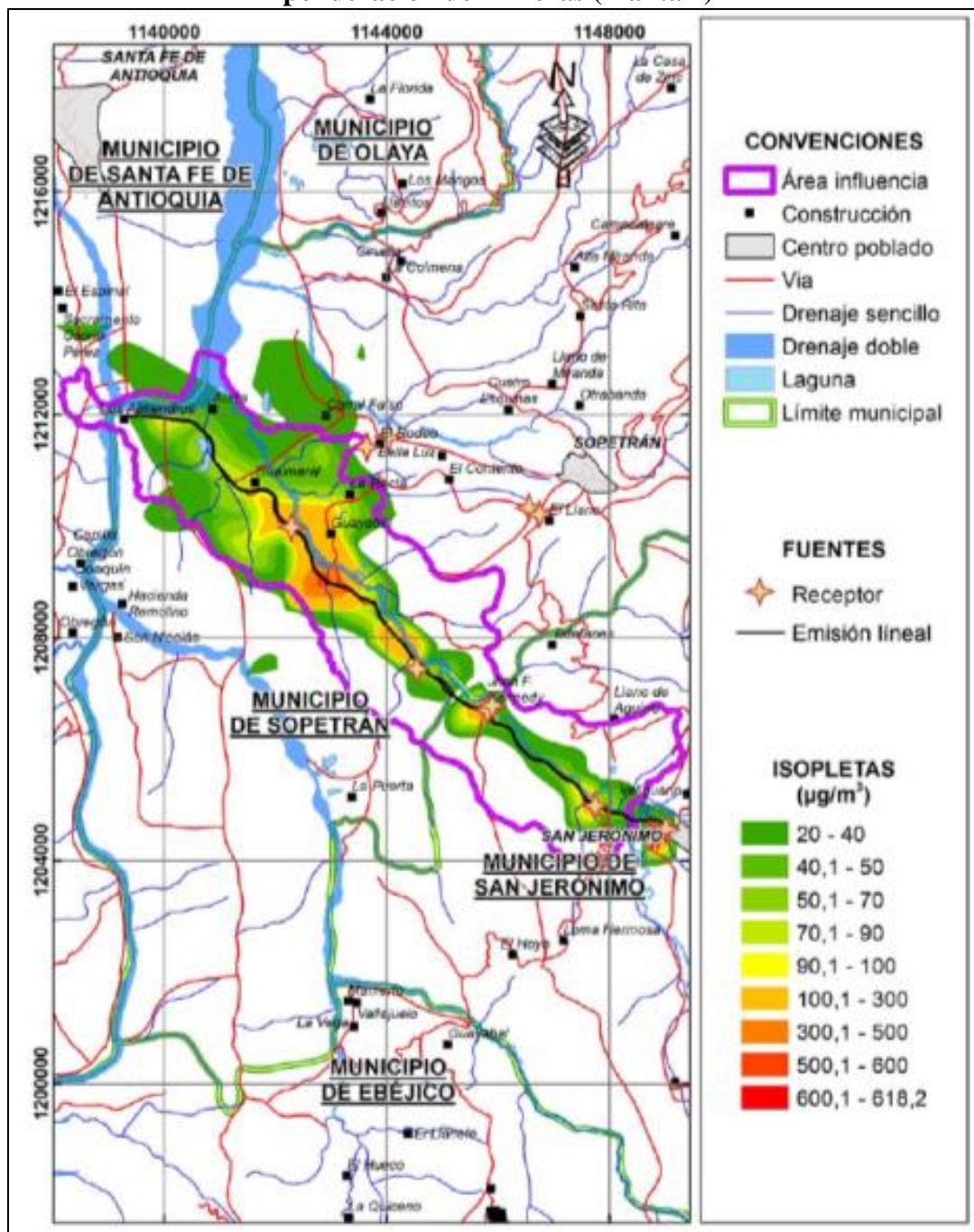
##### 7.6.3.3.2.1 Resultados para Planta 2

Como se indicó inicialmente, se cuenta con dos modelaciones de contaminantes uno para el área de Planta 2 y el segundo para la zona donde se localiza la fuente de materiales del proyecto, a continuación se presentan los resultados obtenidos para la primera área.

##### 7.6.3.3.2.1.1 Partículas suspendidas totales –PST

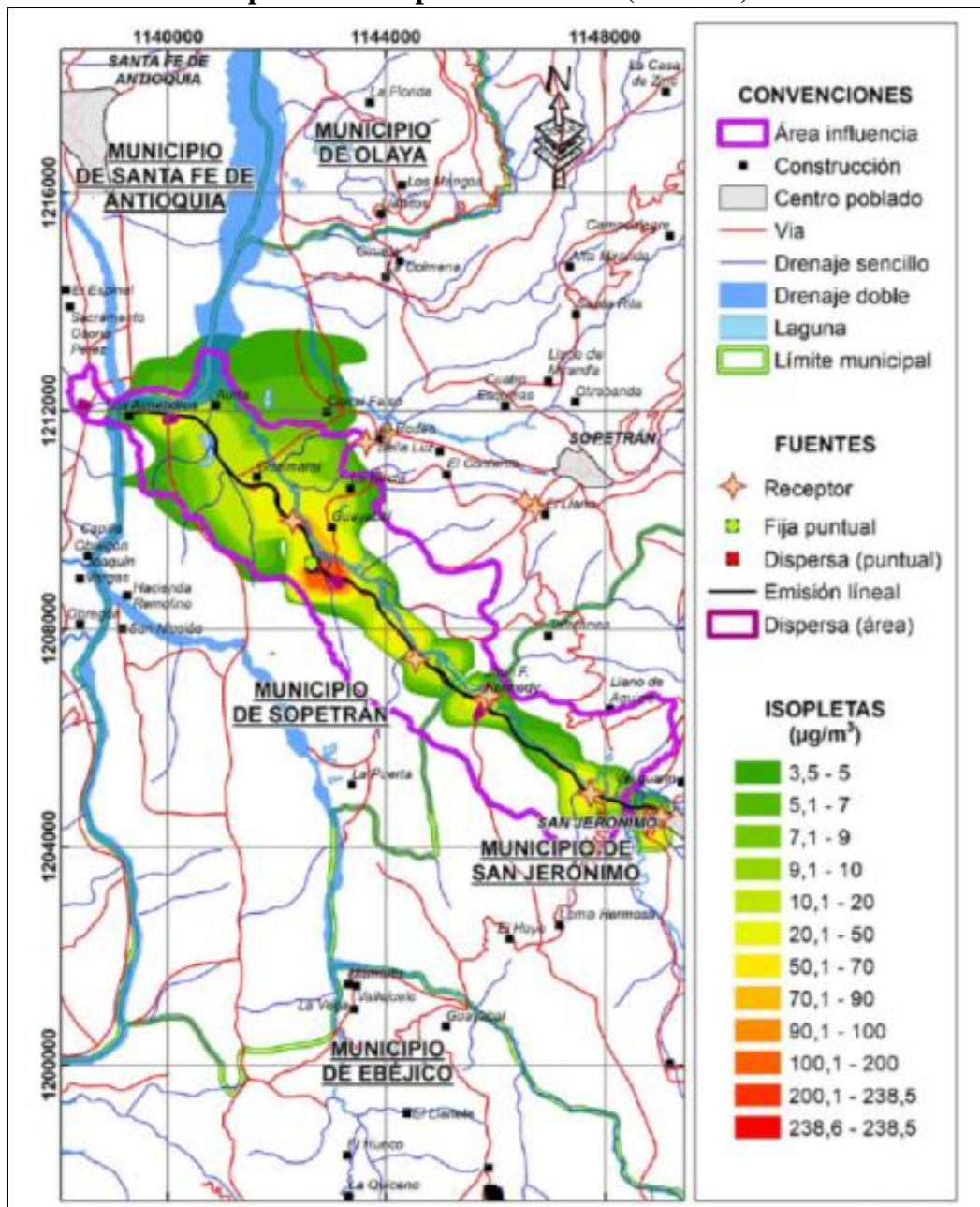
En la Figura 7-93 y Figura 7-94 se muestran las isopletras sobre el área de estudio, las cuales se encuentran en detalle en el Anexo 3. Información Cartográfica del informe de modelación contenido en el Anexo O. Demanda del presente estudio de impacto ambiental.

**Figura 7-93. Isopletras partículas suspendidas totales –PST para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2)**



Fuente: ANASCOL, 2016.

**Figura 7-94. Isopletras partículas suspendidas totales –PST para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2)**



Fuente: ANASCOL, 2016.

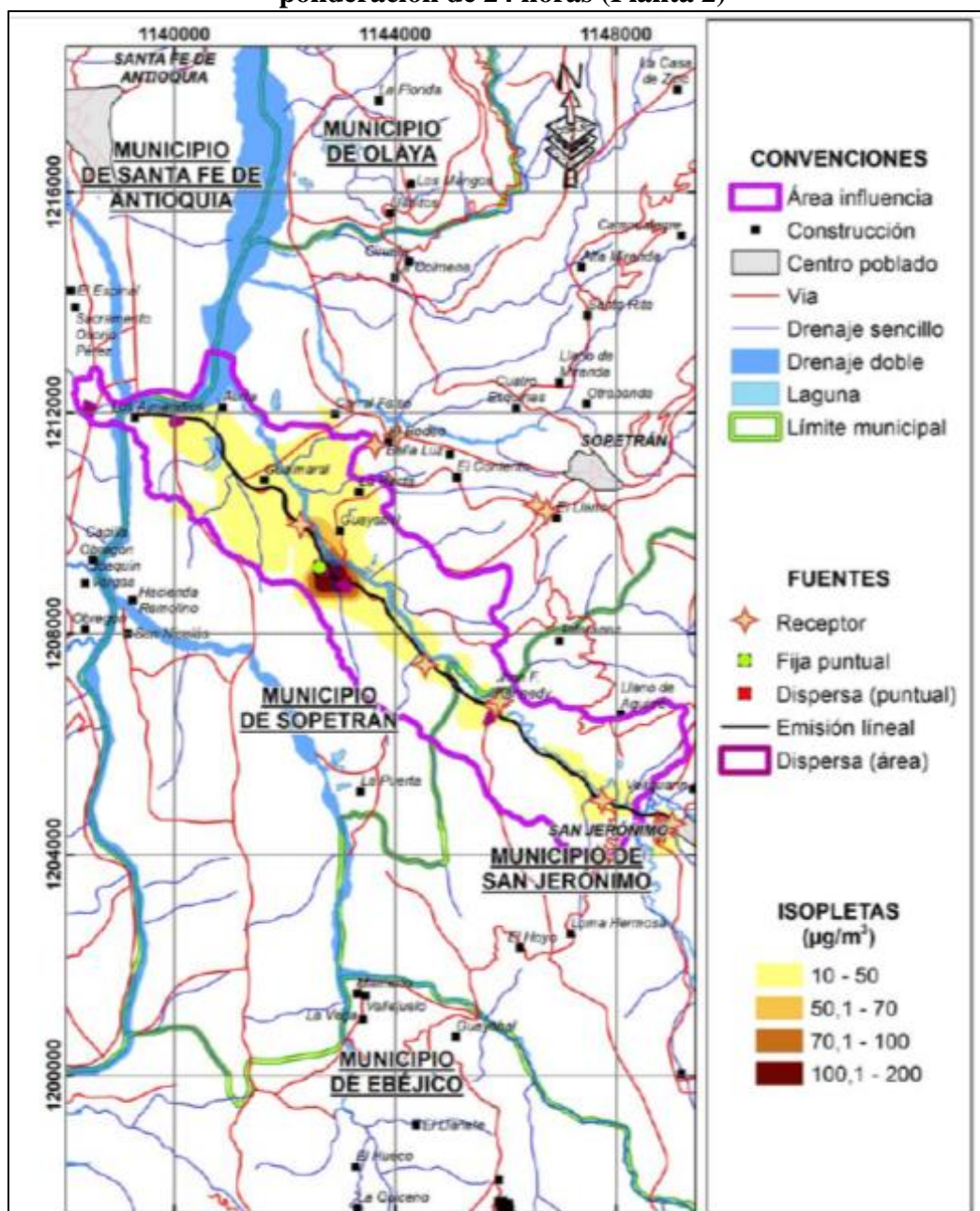
En este estudio, el pico de concentración de material promedio 24 horas y anual se encuentra a 190 metros aproximadamente al suroriente de las instalaciones de la Planta 2, las concentraciones reportadas se encuentran en cercanía a la vía y el promedio anual excede los límites normativos establecidos en la resolución 610 de 2010.



#### 7.6.3.3.2.1.2 Material particulado respirable –PM10

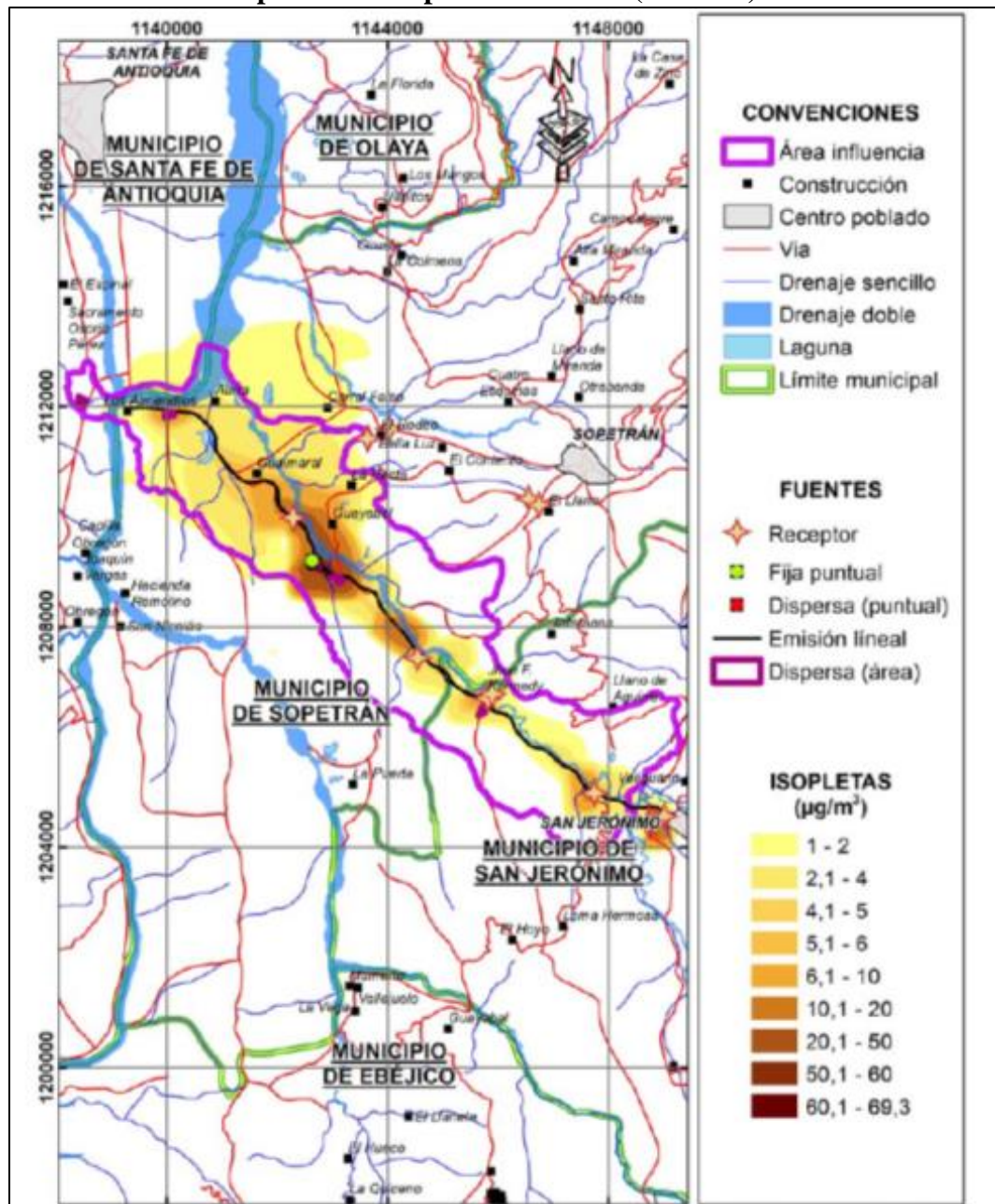
Las isopletras obtenidas para material particulado respirable se presentan en la Figura 7-95 y Figura 7-96.

**Figura 7-95. Isopletras material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2)**



Fuente: ANASCOL, 2016.

**Figura 7-96. Isopletas material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2)**



Fuente: ANASCOL, 2016.

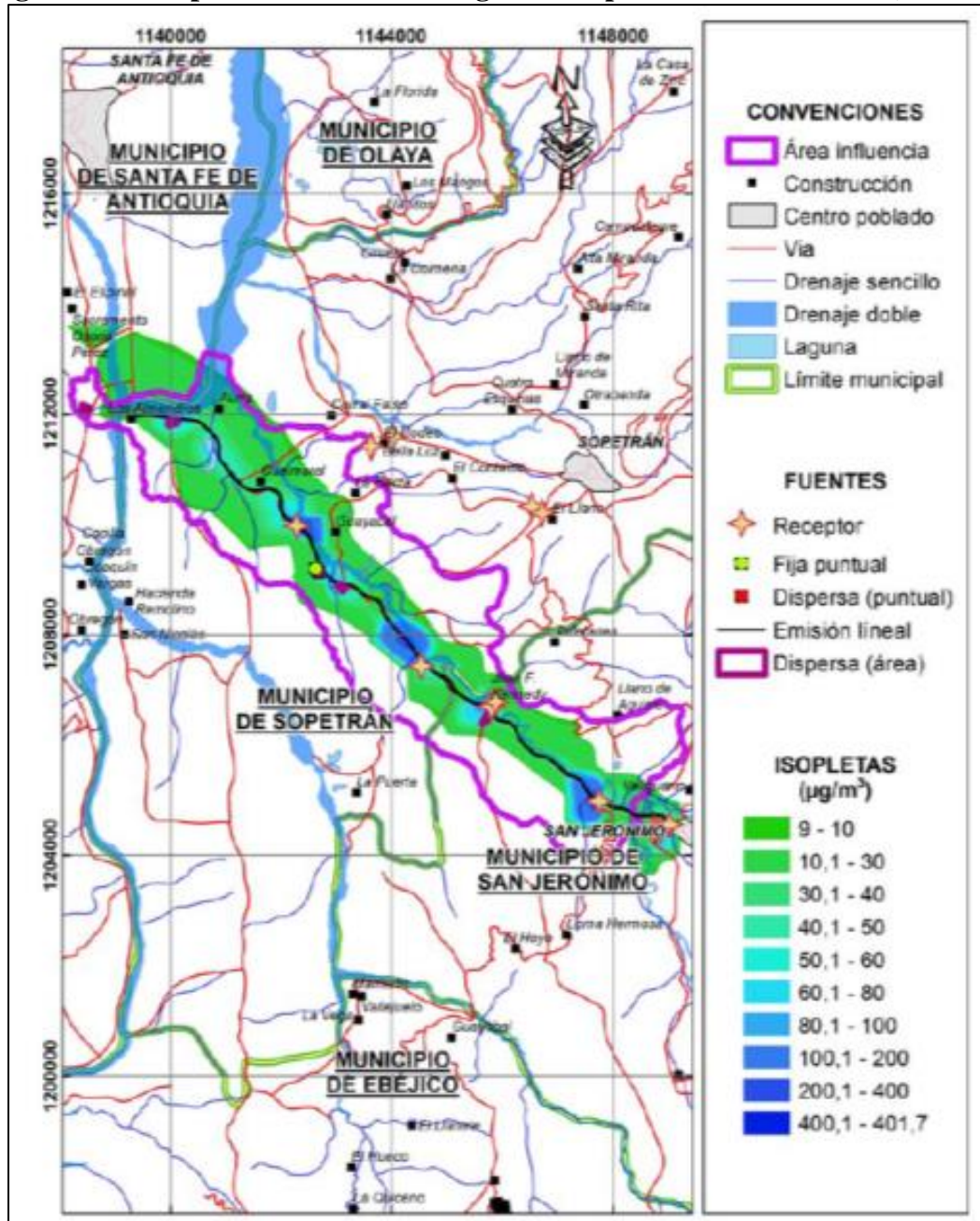
De las anteriores figuras se resalta que el pico de concentración de material promedio 24 horas y anual se encuentra a 190 metros aproximadamente al suroriente de las instalaciones de la Planta 2, las concentraciones reportadas se encuentran en cercanía a la vía y el promedio anual excede los límites normativos establecidos en la resolución 610 de 2010.



#### 7.6.3.3.2.1.3 Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>

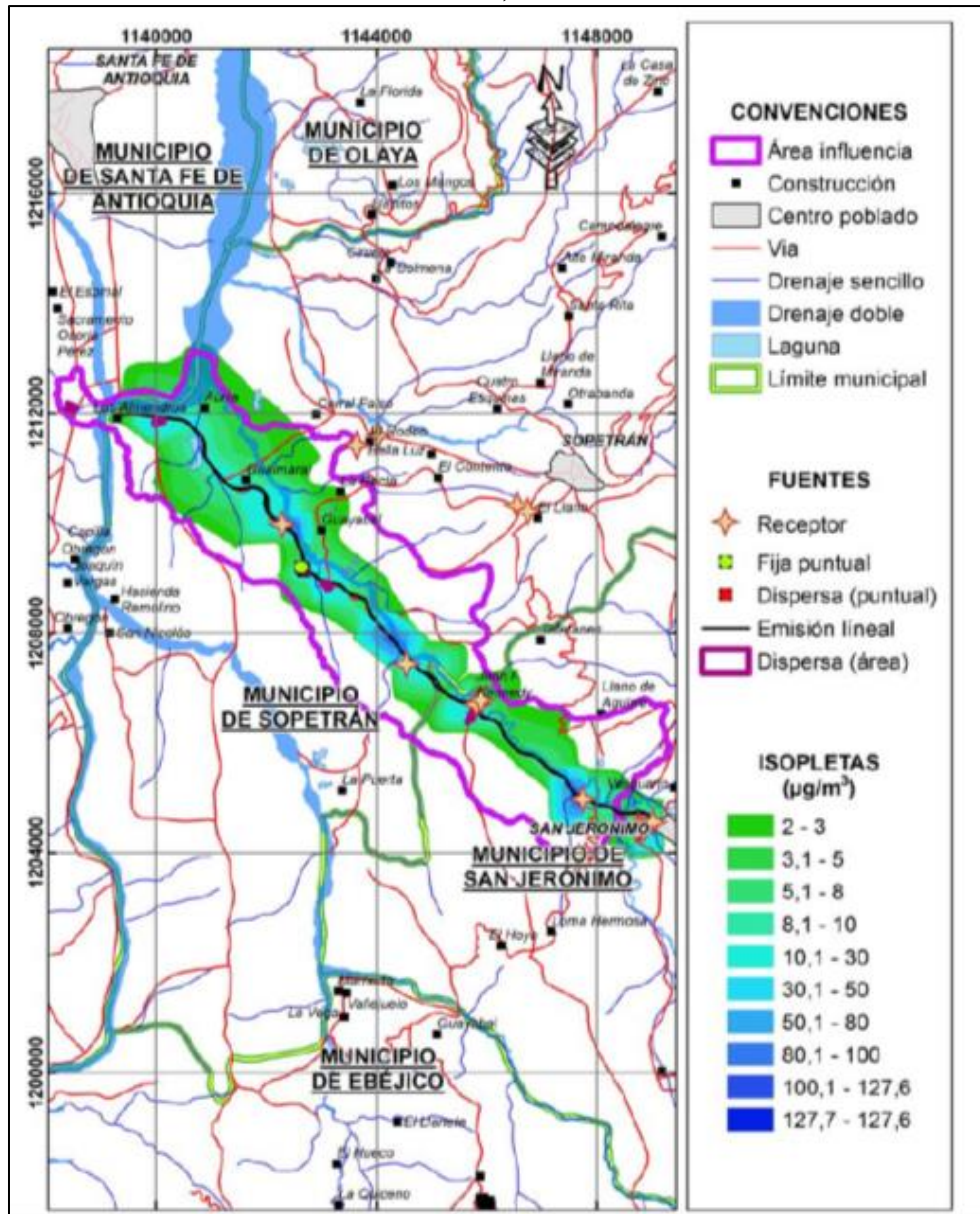
La modelación de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) se puede observar en la Figura 7-97 y Figura 7-98.

**Figura 7-97. Isopletas dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> ponderación 24 horas (Planta 2)**



Fuente: ANASCOL, 2016.

**Figura 7-98. Isopletas dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> ponderación promedio anual (Planta 2)**



Fuente: ANASCOL, 2016.

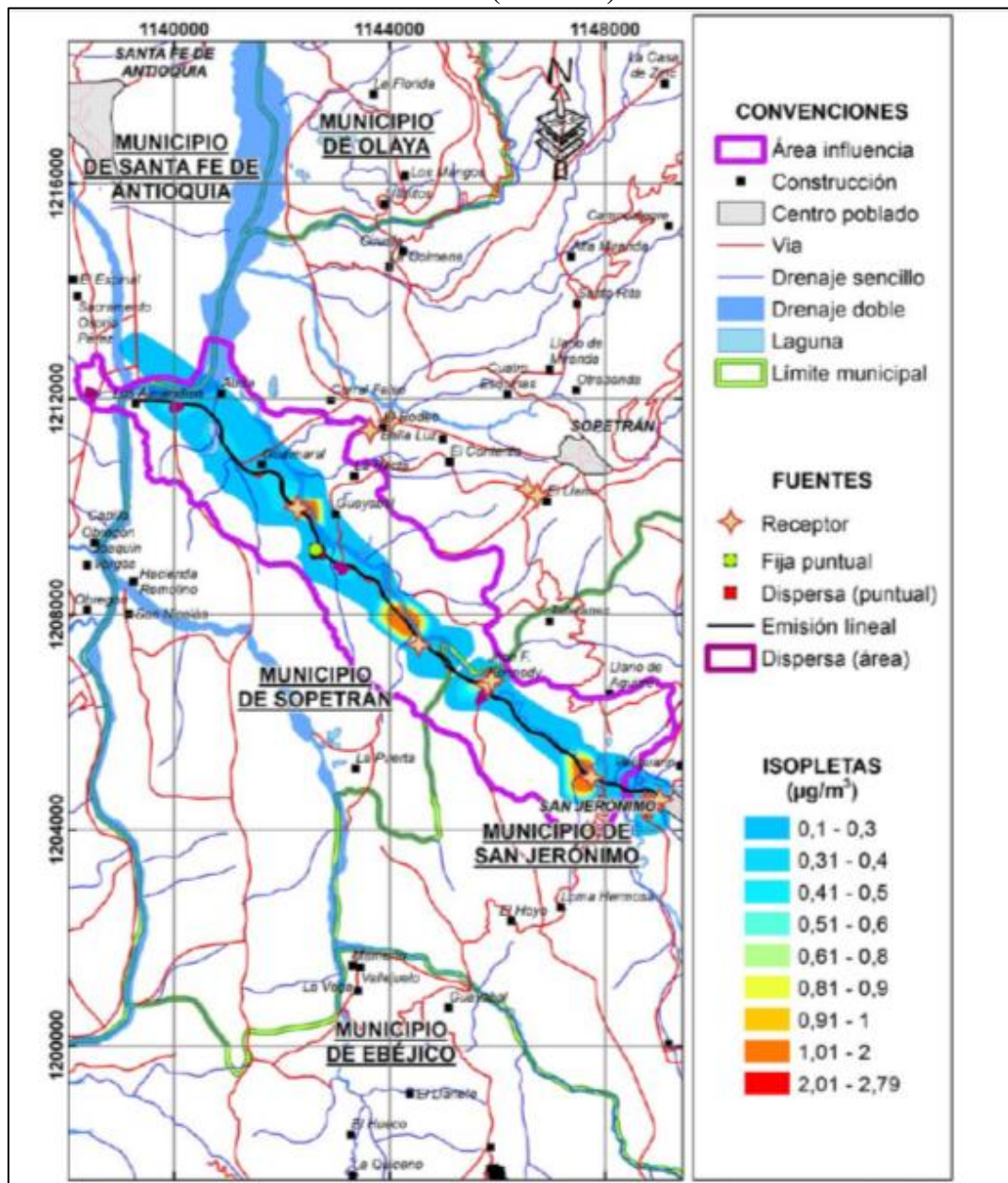
Los picos de concentración máxima de dióxido de nitrógeno, exceden los límites normativos establecidos en la resolución 610 de 2010 para un promedio 24 horas y para periodo anual, sin embargo, dicho sobrepaso es identificado en un área cercana a la vía a una distancia aproximada de 950 metros al noroccidente de las instalaciones de la planta 2 dadas las condiciones topográficas de la zona la cual genera concentración de contaminantes en zonas de valle.



#### 7.6.3.3.2.1.4 Dioxido de Azufre –SO<sub>2</sub>

En la Figura 7-99 y Figura 7-100 se muestran las isopletras de la modelación del contaminante criterio dióxido de azufre con la información meteorológica horaria anual del modelo de pronóstico WRF.

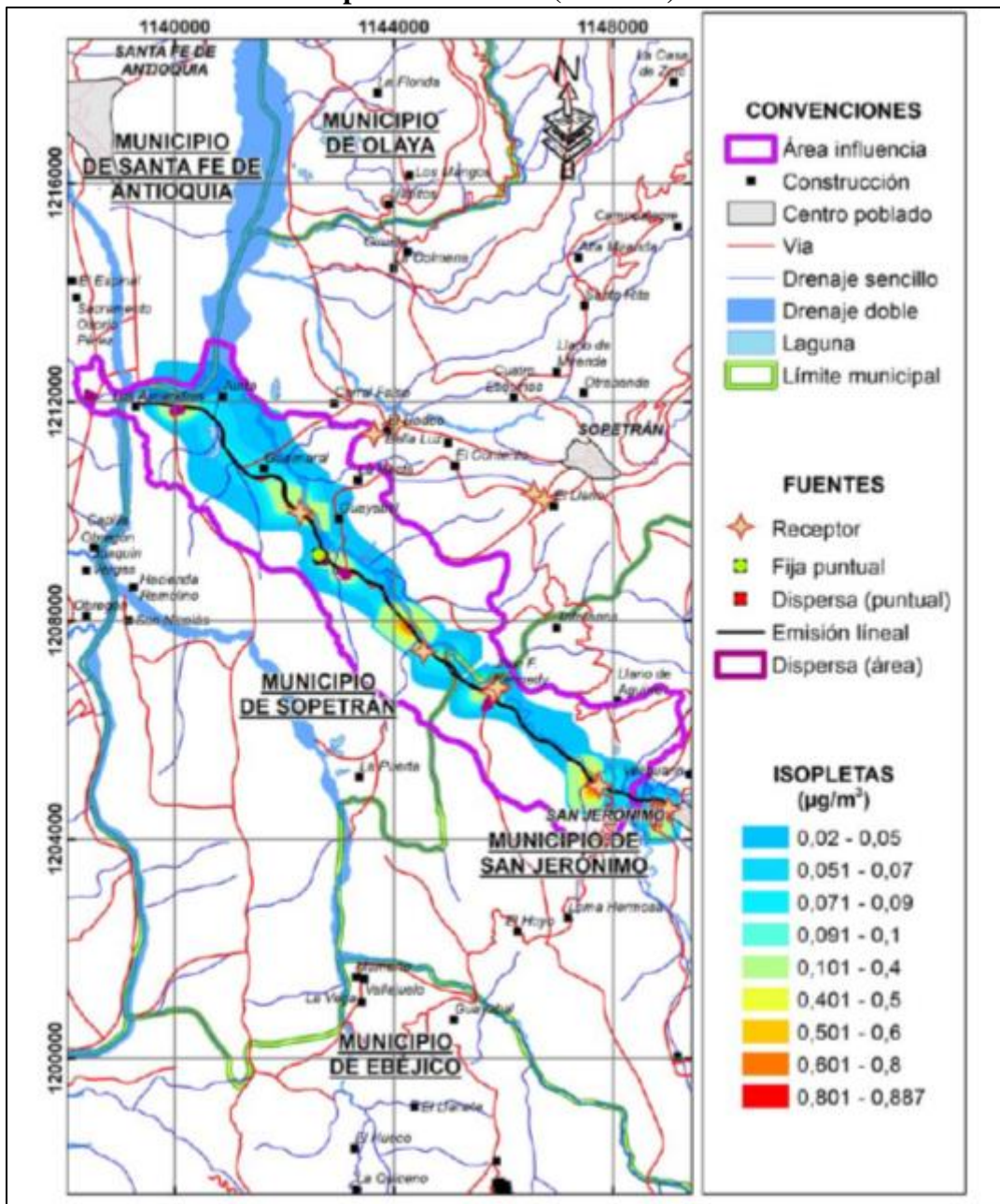
**Figura 7-99. Isopletras dióxido de azufre –SO<sub>2</sub> para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2)**



Fuente: ANASCOL, 2016.



**Figura 7-100. Isopletas dióxido de azufre –SO<sub>2</sub> para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2)**



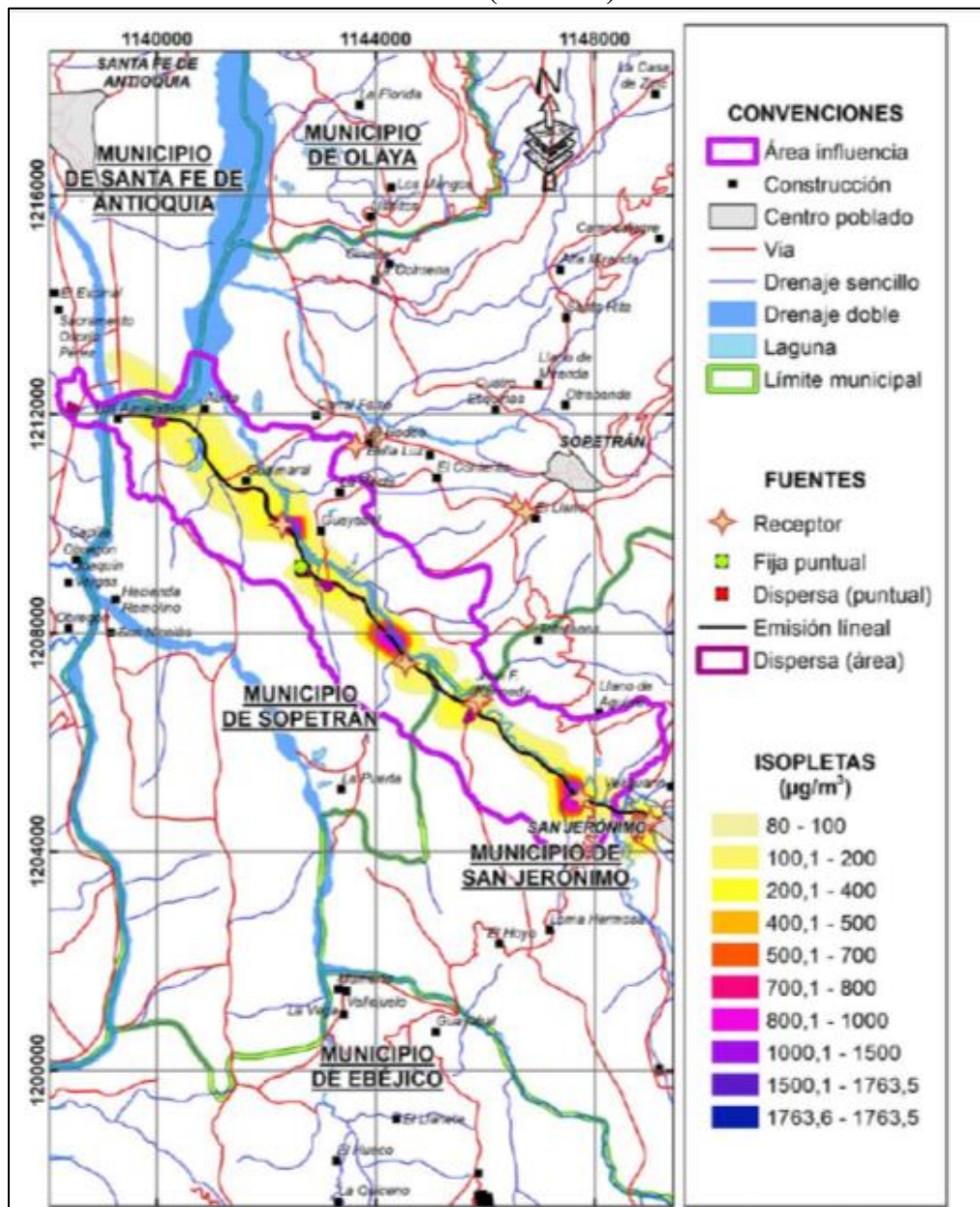
Fuente: ANASCOL, 2016.

De acuerdo con las anteriores figuras, en general se observan concentraciones bajas en relación a la normatividad (inferiores a 10 µg/m³). Al detallar el mapa de dispersión, se puede ver que la concentración sobre el área de estudio es baja y por tanto no existen concentraciones de interés que puedan trascender hasta receptores cercanos.

#### 7.6.3.3.2.1.5 Monóxido de carbono –CO

En la , se evidencian las isopletras de la modelación de dispersión del contaminante monóxido de carbono con la información meteorológica horaria anual del modelo de pronóstico WRF.

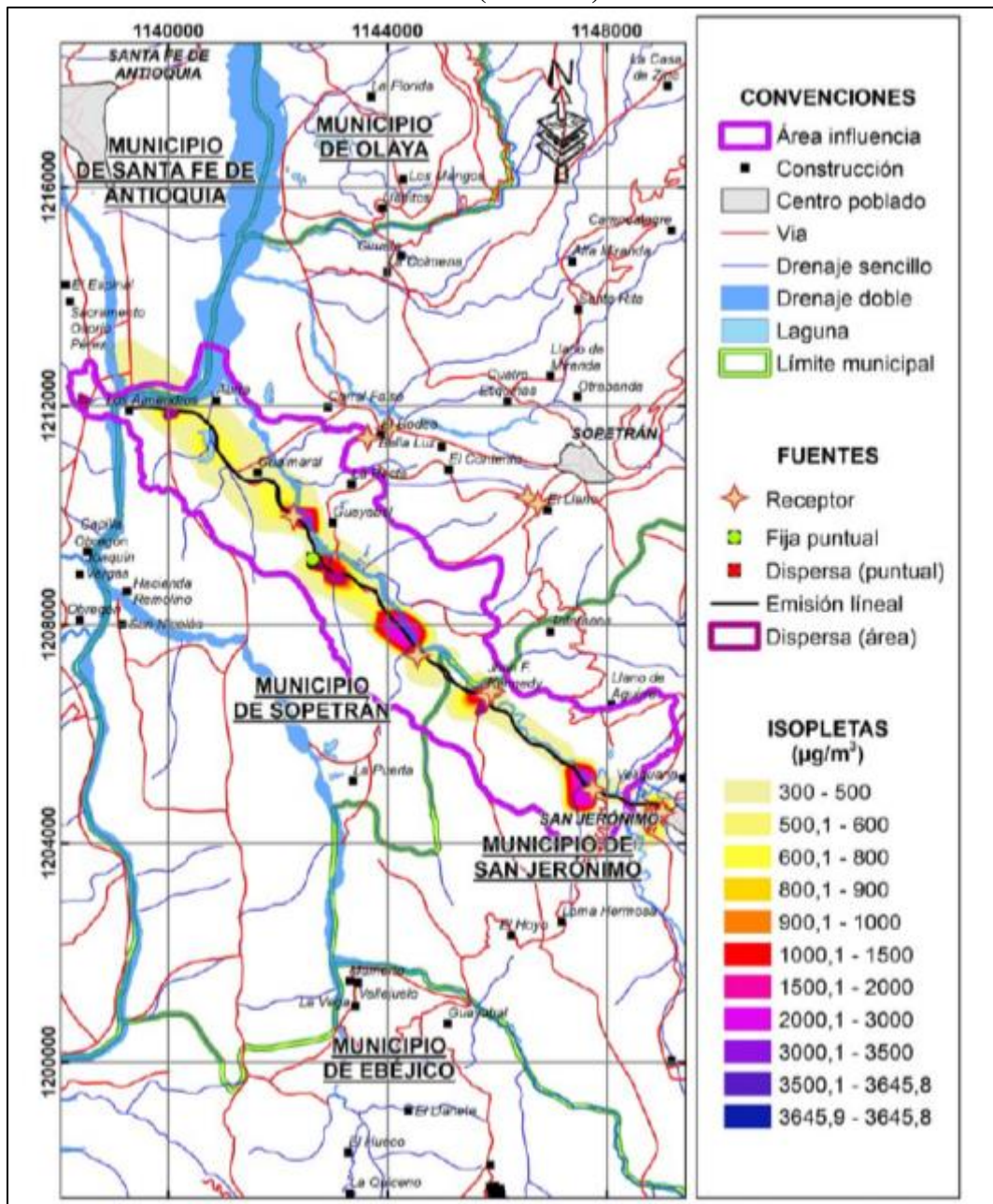
**Figura 7-101. Isopletras monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación de 8 horas (Planta 2)**



Fuente: ANASCOL, 2016.



**Figura 7-102. Isopletas monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación 1 hora (Planta 2)**



Fuente: ANASCOL, 2016.

De acuerdo con las anteriores figuras, en general se observan concentraciones bajas en relación a la normatividad ambiental. Al observar el mapa de dispersión se puede ver que la concentración sobre el área de influencia es baja y por lo tanto las concentraciones no trascienden a niveles significativos hasta los receptores cercanos. Se observan altas

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

concentraciones comparadas con otros contaminantes debido al aporte vehicular; y se aprecia que para el escenario 24 horas la ubicación de la concentración máxima se presenta en el mismo lugar que para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, en cuanto a la concentración horaria, esta se presenta a 6 Km al suroriente del área definida para la Planta 2.

#### 7.6.3.3.2.2 Resultados para fuente de materiales

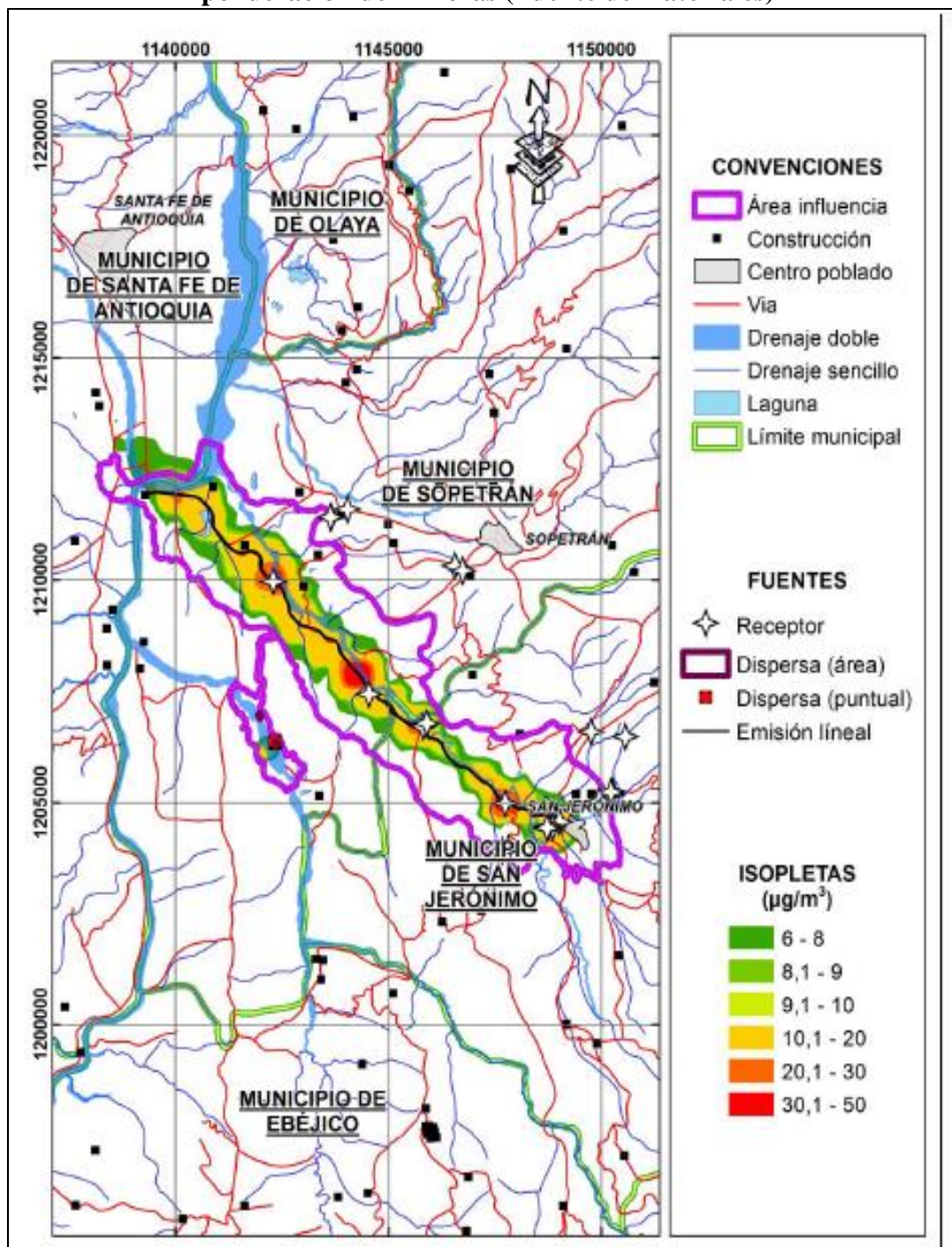
Se presentan los resultados del modelos en el escenario con respecto a la fuente de materiales, los resultados de concentración comparados con la norma son el resultados de corregir a condiciones de referencia los resultados de modelación presentadas en las tablas según los datos de temperatura y presión promedio de los datos meteorológicos incluidos en la modelación. El informe completo se encuentra en el Anexo O. Demanda del presente estudio de impacto ambiental.

##### 7.6.3.3.2.2.1 Partículas suspendidas totales – PST

En la Figura 7-103 y Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-104 se muestran las isopletras sobre el área de estudio, las cuales se encuentran a detalle en el Anexo 3. Información cartográfica del informe de modelación contenido en el Anexo O. Demanda del presente estudio de impacto ambiental.

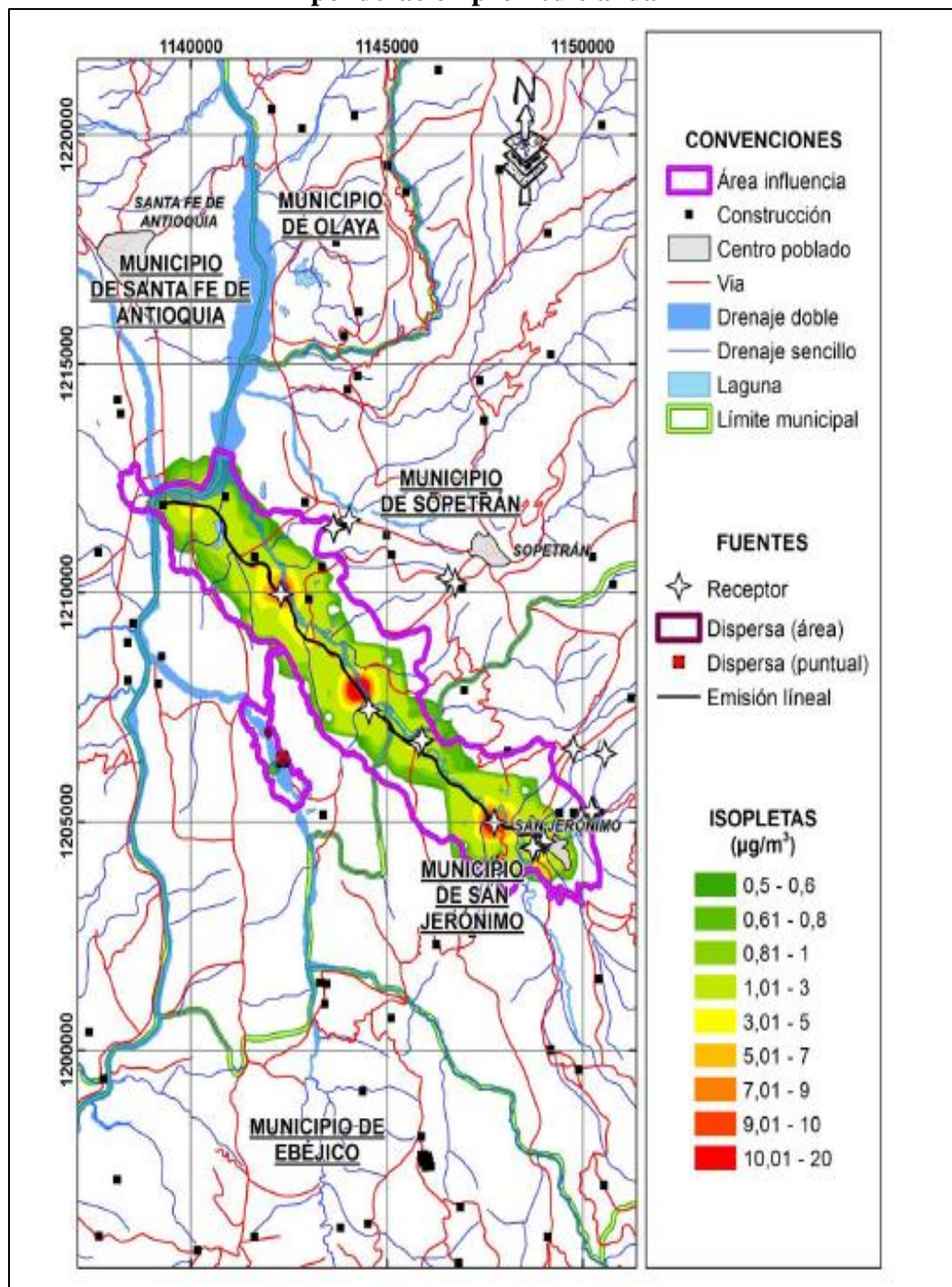
**Figura 7-103. Isopletras partículas suspendidas totales – PST para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de materiales)**





Fuente: ANASCOL, 2016.



**Figura 7-104 Isopletras partículas suspendidas totales – PST para un tiempo de ponderación promedio anual**



Fuente: ANASCOL, 2016.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

En este estudio, el pico de concentración de material promedio de 24 horas anual se encuentra a 2.4 km aproximadamente al nororiente de la fuente de material; las concentraciones reportadas se encuentran en cercanía a la vía y no exceden los límites normativos establecidos. A continuación en la Tabla 7-152 se observa la comparación de la concentración.

**Tabla 7-152. Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo PST con los resultados de la modelación**

ESTACIÓN	GEORREFERENCIACION MAGNA SIRGAS BOGOTA OESTE		EVENTO MODELACIÓN	FECHA / HORA*	CONCENTRACIÓN (µg/m³)	
	Este	Norte			Modelo Ref	Monitoreo**
3. VIVERO	1142785	1208926	Promedio 24 horas	2015-11-18	10.7	97.5
4. LETRERO	1142260	1208806	Promedio 24 horas	2015-12-19	16.2	127.1
5. MONTA- LLANTAS	1143767	1208289	Promedio 24 horas	2015-12-19	19.5	108.2

\* Fecha de máxima concentración durante el año modelado. \*\* Máximo valor diario reportado en la campaña de monitoreo.

Fuente: ANASCOL, 2016.

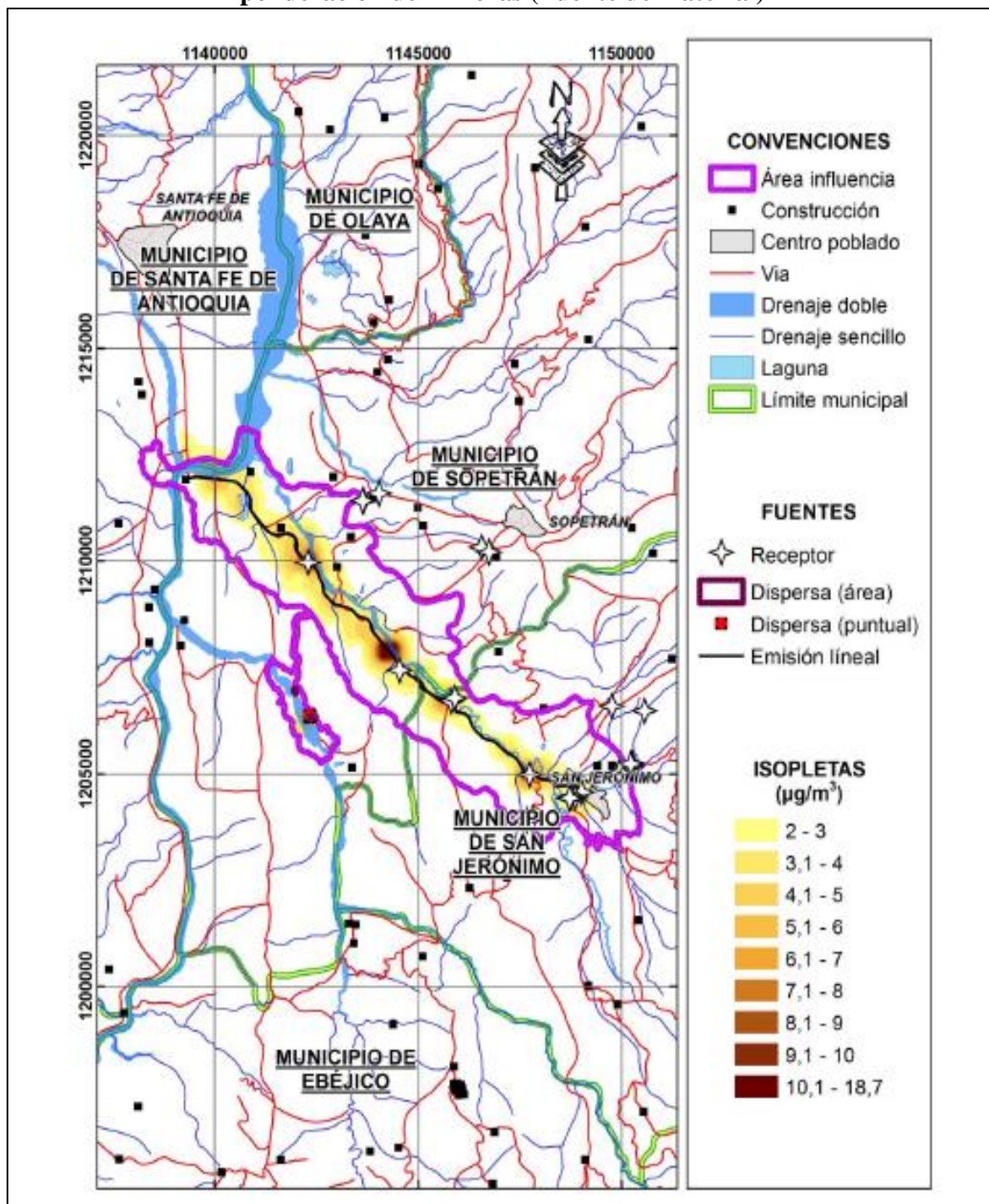
De acuerdo con los resultados obtenidos, se aprecia que las concentraciones obtenidas de la modelación son mayores en las estaciones 3 y 4 y más bajas en la estación 5 lo que indica un potencial incremento de PST el cual no genera sobrepasos a los límites normativos establecidos en la resolución 610 de 2010 de MAVTD.

#### 7.6.3.3.2.2.2 Material particulado respirable – PM10

Las isopletras obtenidas de la modelación para material particulado respirable se presentan en la Figura 7-105 y Figura 7-106.

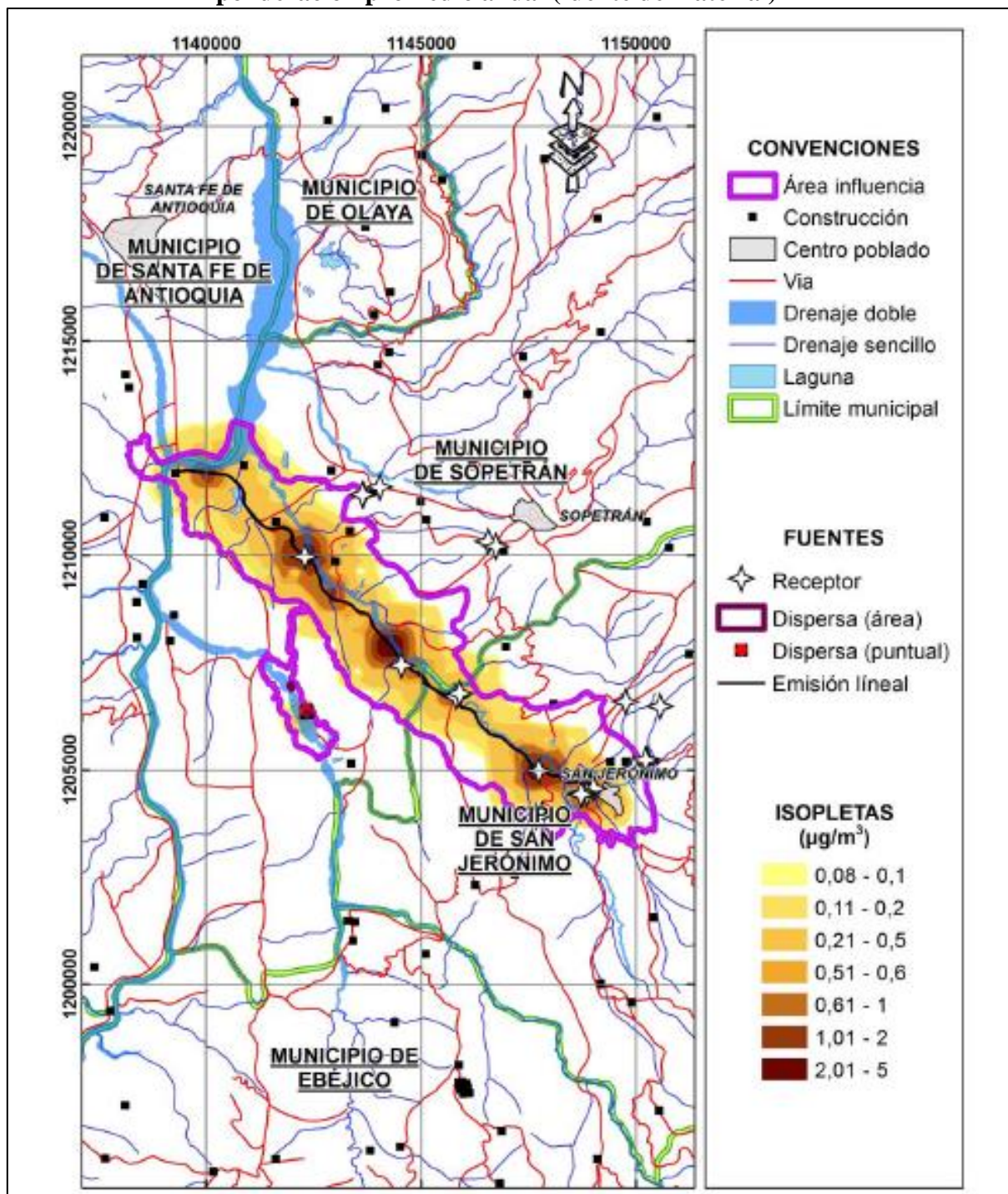


**Figura 7-105 Isopletas material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de material)**





Fuente: ANASCOL, 2016.

**Figura 7-106 Isopletas material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación promedio anual (fuente de material)**



Fuente: ANASCOL, 2016.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR		 Devimar
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

En el estudio se observó que el pico de concentración de material promedio 24 horas y anual se encuentra a 2.5 km aproximadamente al nororiente de la fuente de material, las cuales no exceden los límites normativos. A continuación en la se muestra la comparación de los valores modelados con los reportes de las estaciones de monitoreo.

**Tabla 7-153 Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo PM10 con los resultados de la modelación**

ESTACIÓN	GEORREFERENCIACION MAGNA SIRGAS BOGOTA OESTE		EVENTO MODELACIÓN	FECHA/ HORA*	CONCENTRACIÓN (µg/m³)	
	Este	Norte			Modelo Ref	Monitoreo**
3. VIVERO	1142785	1208928	Promedio 24 horas	2015-11-18	2.8	58.9
4. LETRERO	1142280	1209808	Promedio 24 horas	2015-12-19	4.3	24.9
5. MONTA- LLANTAS	1143767	1208289	Promedio 24 horas	2015-12-19	5.1	41.4

\* Fecha de máxima concentración durante el año modelado. \*\* Máximo valor diario reportado en la campaña de monitoreo.

Fuente: ANASCOL, 2016.

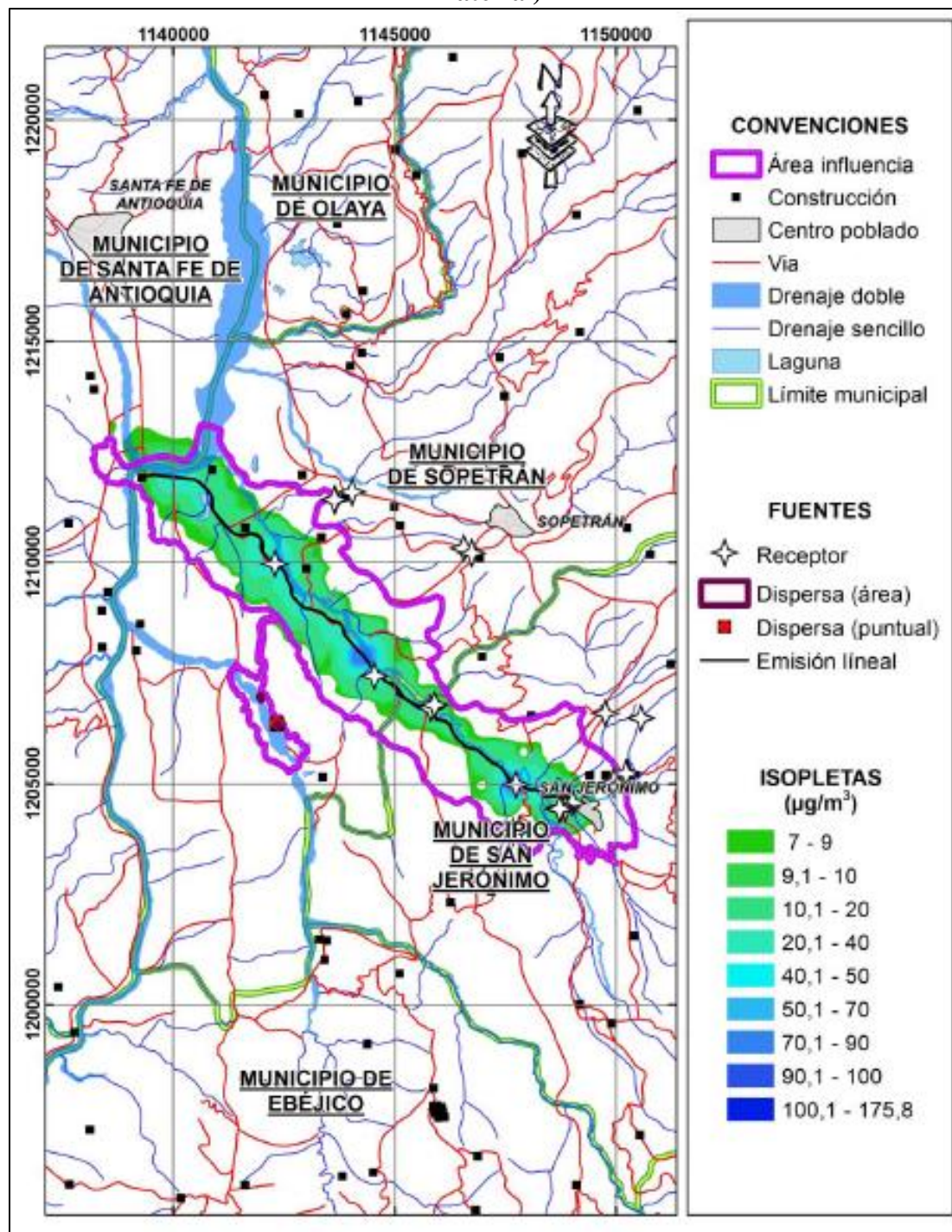
De acuerdo con los resultados obtenidos, se obtiene que las concentraciones de la modelación son menores en relación a las obtenidas por el monitoreo lo que indica una leve alteración a las concentraciones actuales reportadas por el monitoreo de calidad de aire y que no generaran sobrepaso a los límites normativos establecidos en la resolución de 610 de 2010 del MAVDT.

#### 7.6.3.3.2.2.3 Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>

La modelación de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) se puede observar en la Figura 7-107 y Figura 7-108, donde se muestran las isopletras sobre el área del estudio.

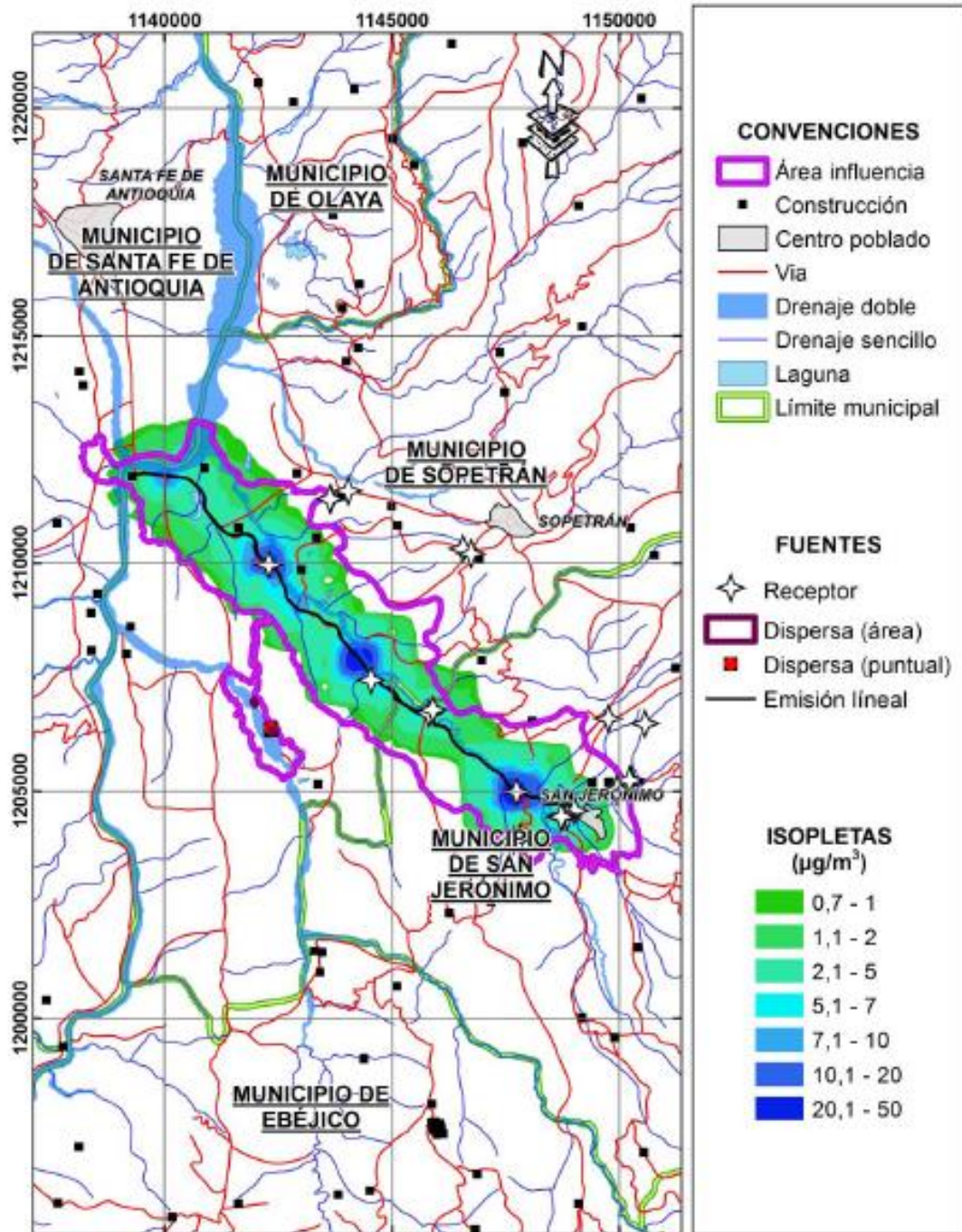


**Figura 7-107 Isopletas dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> ponderación 24 horas (fuente de material)**





Fuente: ANASCOL, 2016.

**Figura 7-108 Isopletas dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> ponderación promedio anual (Fuente de materiales)**



Fuente: ANASCOL, 2016.



 Agencia Nacional de Infraestructura	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>		 <b>Devimar</b>
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>		
	<b>VERSIÓN 0.1</b>		

Se puede observar que los picos de concentración máxima exceden los límites normativos establecidos para 24 horas sin embargo, dicho sobrepaso es identificado en un área cercana a la vía a una distancia aproximada de 5.6 km al suroriente de la fuente de material dadas las condiciones topográficas de la zona la cual genera concentración de contaminantes en zonas valle.

A continuación en la Tabla 7-154 se aprecia los resultados de las concentraciones obtenidas de la modelación las cuales son mayores al compararlas con las concentraciones del monitoreo de calidad del aire, las cuales a su vez son comparadas con la normatividad ambiental por lo que infiere que el potencial aporte de las emisiones generadas de los vehículos de la vida existente para el proyecto bajo el escenario considerado, finalmente no superan los límites normativos.

**Tabla 7-154. Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo NO<sub>2</sub> con los resultados de la modelación**

ESTACIÓN	GEORREFERENCIACION MAGNA SIRGAS BOGOTA OESTE		EVENTO MODELACIÓN	FECHA/ HORA*	CONCENTRACIÓN (µg/m³)	
	Este	Norte			Modelo Ref	Monitoreo**
3. VIVERO	1142785	1208926	Promedio 24 horas	2015-11-06	18.7	0.8
4. LETRERO	1142260	1208806	Promedio 24 horas	2015-12-19	21.8	0.8
5. MONTA- LLANTAS	1143767	1208289	Promedio 24 horas	2015-12-19	26.5	0.3

\* Fecha de máxima concentración durante el año modelado. \*\* Máximo valor diario reportado en la campaña de monitoreo.

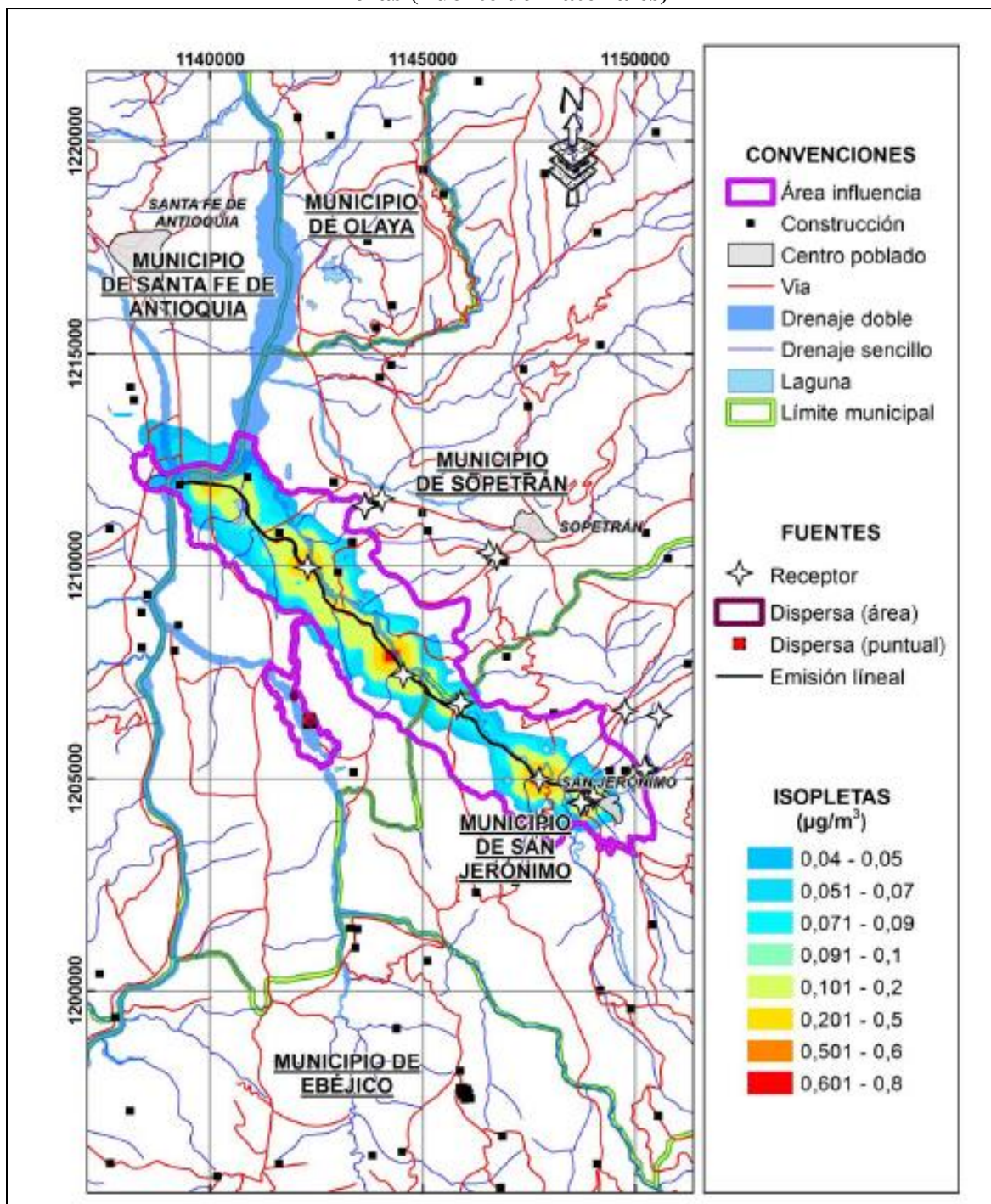
Fuente: ANASCOL, 2016.

#### 7.6.3.3.2.2.4 Dioxido de Azufre – SO<sub>2</sub>

En la Figura 7-109 y Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-110 se muestran las isopletras de la modelación del contaminantes criterio dióxido de azufre con la información meteorológica horaria anual del modelo pronostico WRF.

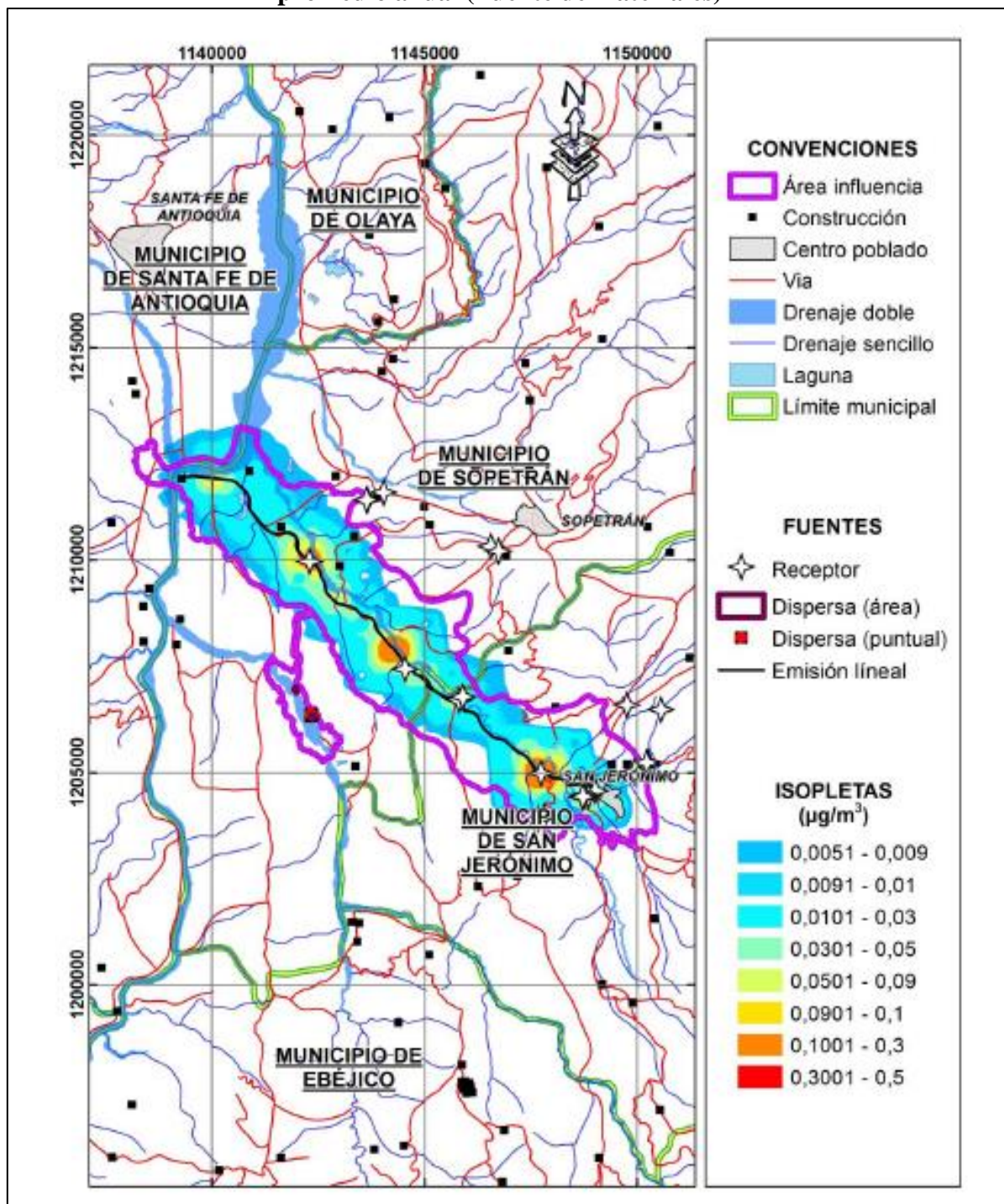
**Figura 7-109 Isopletas dióxido de azufre – SO<sub>2</sub> para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de materiales)**





Fuente: ANASCOL, 2016.



**Figura 7-110 Isopletras dióxidos de azufre –SO<sub>2</sub> para un tiempo de ponderación promedio anual (Fuente de materiales)**



Fuente: ANASCOL, 2016.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR		 Devimar
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

De acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 7-155) se aprecia que las concentraciones obtenidas de la modelación son bajas comparadas con las concentraciones del monitoreo de calidad de aire, por lo que se infiere al potencial aporte de las emisiones generadas por las actividades de los vehículos en la vía.

**Tabla 7-155 Comparación de la concentraciones de la campaña de monitoreo de SO<sub>2</sub> con los resultados de la modelación**

ESTACIÓN	GEORREFERENCIACION MAGNA SIRGAS BOGOTÁ OESTE		EVENTO MODELACIÓN	FECHA/ HORA*	CONCENTRACIÓN (µg/m <sup>3</sup> )	
	Este	Norte			Modelo Ref	Monitoreo**
3. VIVERO	1142785	1208926	Promedio 24 horas	2015-11-08	0.1	19.3
4. LETRERO	1142260	1209806	Promedio 24 horas	2015-12-19	0.2	5.4
5. MONTA- LLANTAS	1143767	1208289	Promedio 24 horas	2015-12-19	0.2	17.7

\* Fecha de máxima concentración durante el año modelado. \*\* Máximo valor diario reportado en la campaña de monitoreo.

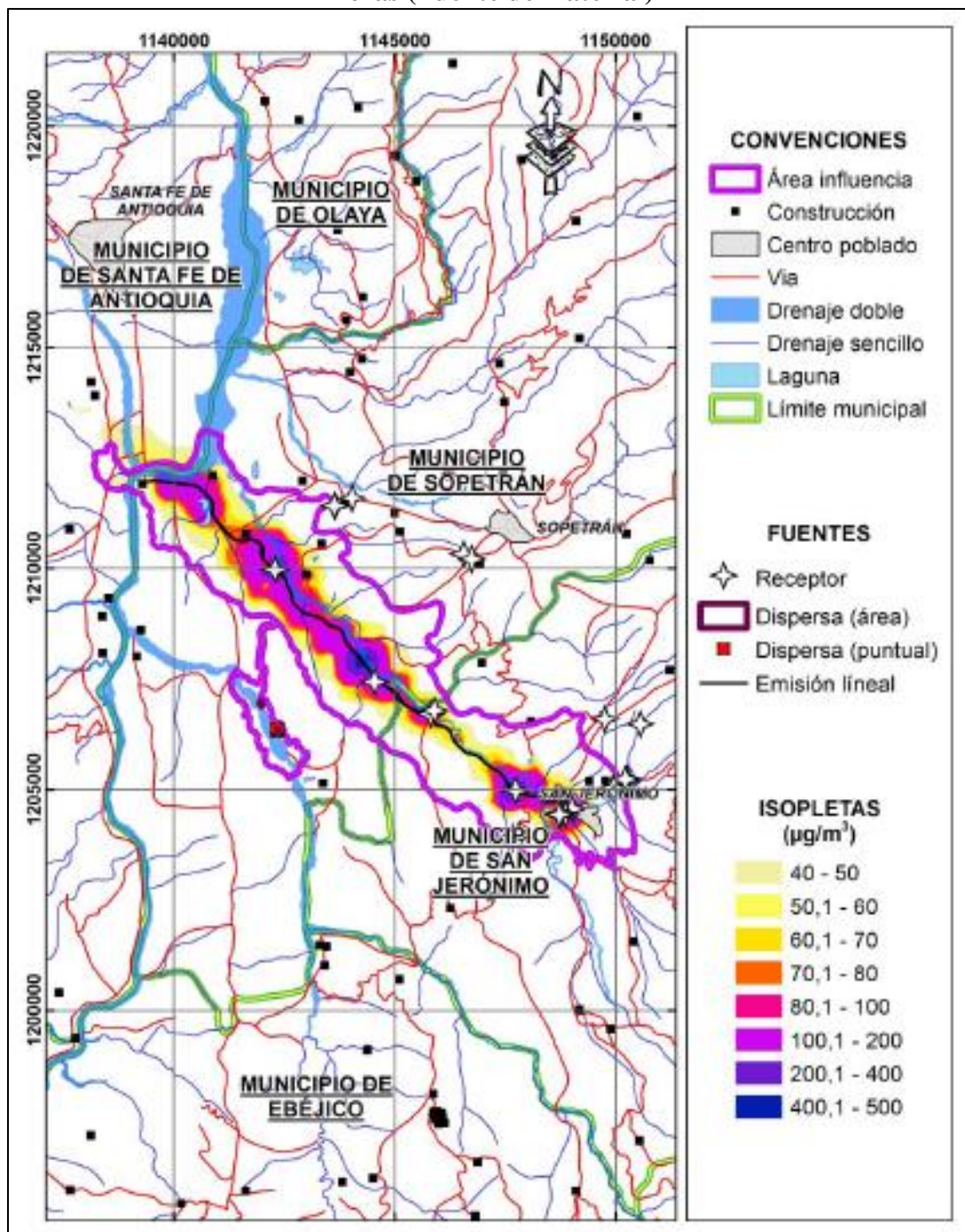
Fuente: ANASCOL, 2016.

#### 7.6.3.3.2.2.5 Monóxido de carbono – CO

En la Figura 7-111 y Figura 7-112 se muestran las isopletras de la modelación de dispersión del contaminante monóxido de carbono, con la información meteorológica horaria anual del modelo de pronóstico WRF.

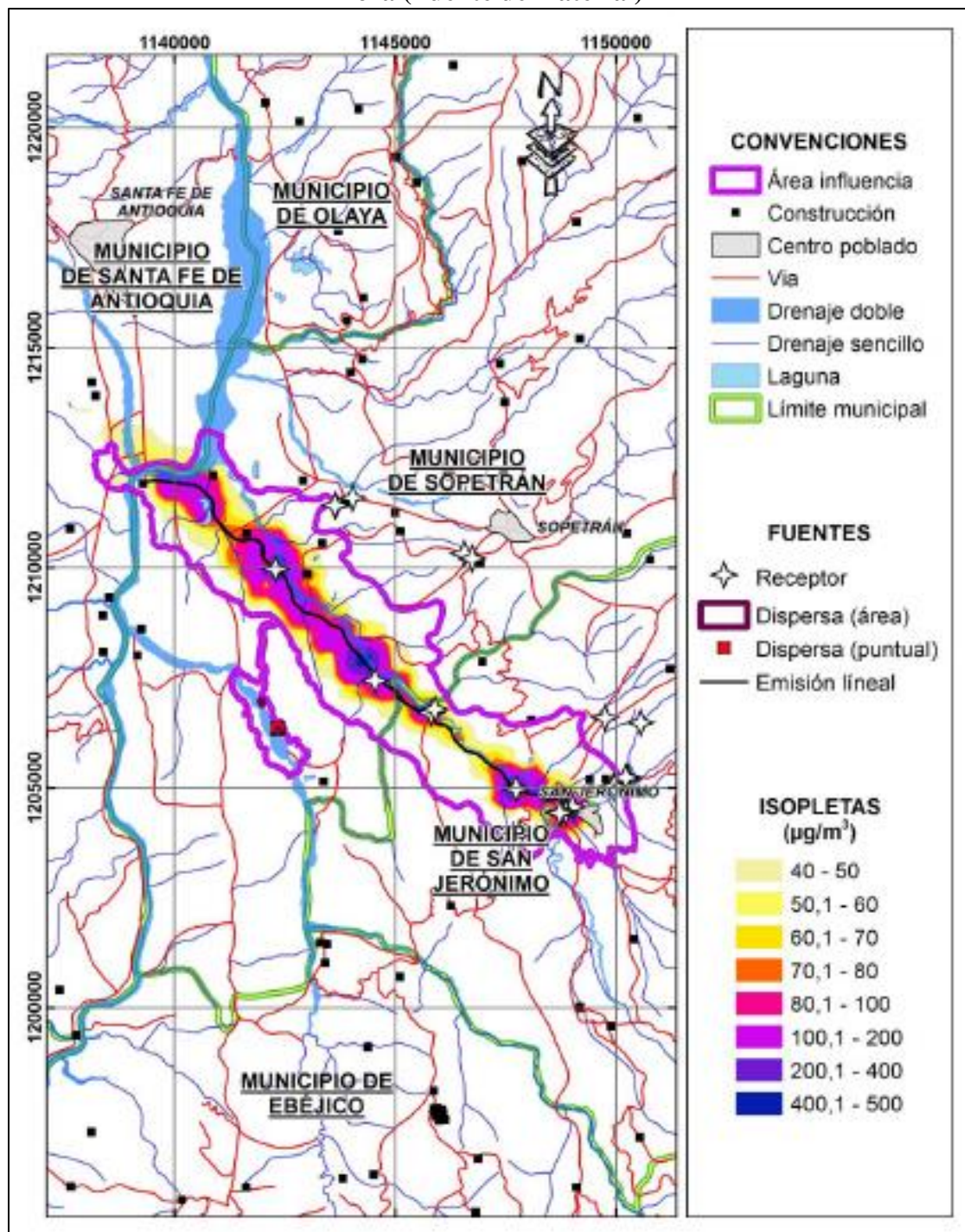


**Figura 7-111 Isopletras monóxido de carbono – CO para un tiempo de ponderación 8 horas (Fuente de material)**





Fuente: ANASCOL, 2016.

**Figura 7-112 Isopletras monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación 1 hora (Fuente de material)**



Fuente: ANASCOL, 2016.



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

De acuerdo a las figuras anteriores se observaron concentraciones bajas en relación a la normatividad ambiental. En la Tabla 7-156 se aprecia que las concentraciones obtenidas de la modelación son bajas comparadas con las concentraciones del monitoreo de calidad e aire, por lo que se infiere que el potencial aporte de las emisiones generadas por las actividades de los vehículos de la vía existente bajo el escenario considerado no superarían los límites normativos establecidos en la resolución 610 de 2010 del MAVDT.

**Tabla 7-156 Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo CO con los resultados de la modelación.**

ESTACIÓN	GEORREFERENCIACION MAGNA SIRGAS BOGOTÁ OESTE		EVENTO MODELACIÓN	FECHA/ HORA*	CONCENTRACIÓN (µg/m³)	
	Este	Norte			Modelo Ref	Monitoreo**
3. VIVERO	1142785	1208928	1 hora	2015-11-18 7:00	528.5	<1230
4. LETRERO	1142280	1208808	1 hora	2015-12-19 7:00	753.3	<1230
5. MONTA- LLANTAS	1143787	1208289	1 hora	2015-12-19 7:00	919.6	<1230

\* Fecha de máxima concentración durante el año modelado. \*\* Valor horario reportado en la campaña de monitoreo.

Fuente: ANASCOL, 2016.



### 7.6.3.3.3 Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas para cada una de las modelaciones desarrolladas.

#### 7.6.3.3.3.1 Modelo de dispersión Planta 2

La modelación realizada con diferentes tiempos de ponderación con datos meteorológicos provenientes de un modelo de pronóstico WRF, arrojaron como resultado concentraciones por encima de la norma para los contaminantes PST-PM10 (24 horas y anual) y NO<sub>2</sub> (24 horas y anual), para el caso de SO<sub>2</sub> (24 horas y anual) y CO (1 hora y 8 horas) no se presenta sobrepaso; es por esto que, se infiere afectación al entorno durante el periodo anual modelado. Así mismo, se identificaron las mayores áreas de concentración de gases a 950 metros al noroccidente del área denominada Planta 2 y las mayores concentraciones de partículas a 150 metros al suroriente bajo el alcance y suposiciones del modelo realizado.

Un mayor detalle de los resultados obtenidos en el modelo puede consultarse en el informe presentado por el laboratorio y que se incluye en el Anexo O. Demanda del presente estudio de impacto ambiental.

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

#### 7.6.3.3.2 Modelo de dispersión Planta de trituración (Fuente de materiales)

Para el modelo de dispersión se empleó el software AERMOD VIEW, que calcula la dispersión por medio de un modelo gaussiano, ya que las características de las fuentes de emisión de la zona de estudio pueden adecuarse a las condiciones requeridas por el software. Se realizó un escenario de modelación donde es posible pronosticar los focos de mayores concentraciones de contaminantes durante las actividades de tránsito y operación de la planta.

Se presentaron concentraciones por encima de la norma para los contaminantes evaluados PST-PM10 (24 horas y anual), NO<sub>2</sub> (24h y anual) y no presenta sobrepaso para SO<sub>2</sub> (24 horas y anual) y CO (1 horas y 8 horas), por lo cual se infiere que hay afectación al entorno durante el periodo anual modelado, así mismo se identificaron las mayores áreas de concentración de partículas a 2.5 km al noroccidente y se gases a 5.6 km al sur occidente de la fuente de materiales.



## 7.7 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El desarrollo del proyecto requerirá la utilización de materiales de construcción para la conformación de sub-bases, bases y rellenos, para la construcción de estructuras, para la preparación de algunos concretos y morteros, y obras en general; cuyas cantidades fueron indicadas en el Capítulo 3 (Descripción del Proyecto) del presente estudio de impacto ambiental.

Para el caso del proyecto, se tiene prevista la adquisición de materiales de canteras o sitios de extracción aluvial operados por terceros que cuenten con la autorización minera y licencia ambiental vigentes o, la explotación directa de materiales de arrastre. Como complemento a la primera opción expuesta, en la Tabla 7-157 se relacionan algunas fuentes de material cercanas a las áreas del proyecto que conforman la unidad funcional 2.1 que de acuerdo a la información suministrada por CORANTIOQUIA a través de comunicado del 15 de marzo de 2016 (referencia: 160HX-1603-108) en la actualidad cuentan con las autorizaciones de ley para el suministro de materiales. Es de mencionar que la adquisición de los materiales no queda limitada a las fuentes relacionadas, y el mismo podrá obtenerse de cualquier otro sitio que no hubiese sido identificado en el presente estudio, siempre que cuente con la totalidad de autorizaciones de ley.

Para el caso de la explotación directa de materiales, a continuación se relaciona la información establecida en los términos de referencia (Resolución 751 de 2015-numeral 7.7.2 *Explotación de materiales de arrastre de cauces o lechos de corrientes o depósitos de agua*), con el propósito que sea tenida en cuenta para obtener la autorización ambiental necesaria para el aprovechamiento del material de arrastre del área autorizada en el registro minero HFDA-05, cuya modalidad es el contrato de concesión (L685) a nombre de Agregados San Nicolás S.A.



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-157 Fuentes de materiales licenciadas a utilizar**

Licencia o Plan de Manejo	Resolución No.	Fecha Expedición	Expediente No.	Vigencia de la Licencia o Plan de Manejo	Titular de la autorización	Identificación	Registro Minero	Exp. Minero No.	Minerales Autorizado(s)	Área del Proyecto (ha)	Ubicación Mina
Licencia ambiental	130HX-3742	2008-08-21	HX3-2005-3	2038-08-21	Albin Geovany Mery Correa	71.691.213	HHBA-14	6265	Materiales de construcción, arenas y gravas naturales	164,2195	Sopetrán
Licencia ambiental	130HX-1105-5182	2011-05-16	HX3-2006-5	2031-05-16	Construcciones e Inversiones Empresariales S.A.S	830.506.557-4	H7130005	7130	Arenas y gravas naturales y oro y sus concentrados	156	Santa Fe de Antioquia y Sopetrán
Licencia Ambiental	130HX-4121	2009-04-15	HX3-2007-3	2039-04-15	Sociedad Agregados El Tonusco Ltda	900.181.621-4	HFSG-03 de 27-07-2007	6457 y 6922	Arenas y gravas naturales	232,3091	Santa Fe de Antioquia y Sopetrán
Licencia ambiental	130HX-4506	2009-12-03	HX3-2008-4	2039-12-02	Ángela Londoño Santiago Londoño Olga Luz Londoño	21.791.567 1.128.407.787 21.791.450	HCIJ-45	5041	Materiales de construcción arenas y gravas naturales	8,818	Sopetrán
Licencia ambiental	130HX-4930	2010-09-07	HX3-2010-2	2040-09-07	Juan Rafael Lalinde Gallego	70.071.719	HEUC-03	4804	Arenas y gravas naturales	69,1612	Sopetrán
Licencia ambiental	130HX-1110-5438	2011-11-09	HX3-2010-3	2031-11-09	Elsa Liliana Marín Guevara	42.067.795	HEPP-05	7130	Arenas Silíceas	81,0475	Ebéjico
Licencia ambiental	130HX-1301-6195	2013-01-11	HX3-2011-1	2037-01-22	Sergio Sierra Tobón	70.120.092	HHBA-01	7174	Materiales de construcción de cantera	99	San Jerónimo

Fuente: CORANTIOQUIA mediante comunicado 160HX-1603-108 del 15 de marzo de 2016.

### 7.7.1 Explotación de materiales de arrastre de cauces o lechos de corrientes o depósitos de agua

Debido a los volúmenes de materiales que se van a requerir por el proyecto, se determinó la necesidad de desarrollar actividades de extracción de materiales de arrastre de cauce en la Fuente de Materiales HFDA-05 (Agregados San Nicolás), en adelante FM-1; para lo cual se tiene planeada las actividades de explotación minera en el corto y en el largo plazo.

Con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos establecidos en los términos de referencia a continuación se hace la descripción de cada uno de estos, para la utilización de la fuente de material por parte del proyecto.

#### 7.7.1.1 Título minero del área a explotar

Se cuenta con el respectivo registro minero, expediente HFDA-05, modalidad contrato de concesión (L685) a nombre de Agregados San Nicolás S.A con NIT.:900.026.669-4, representada legalmente por la Sra. Liliana María Correo Rincón.

#### 7.7.1.2 Nombre de la corriente

Corresponde a la quebrada La Seca ubicada entre los municipio de San Jerónimo y Sopetrán en la vereda La Puerta.

#### 7.7.1.3 Ubicación de la fuente de material

En el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS* se adjunta el levantamiento topográfico y en la Tabla 7-158 se presentan las coordenadas del área autorizada en el registro minero el cual cuenta con un tamaño de 67.99 ha, en la Figura 7-113 se presenta la ubicación de este sector en la quebrada La Seca.

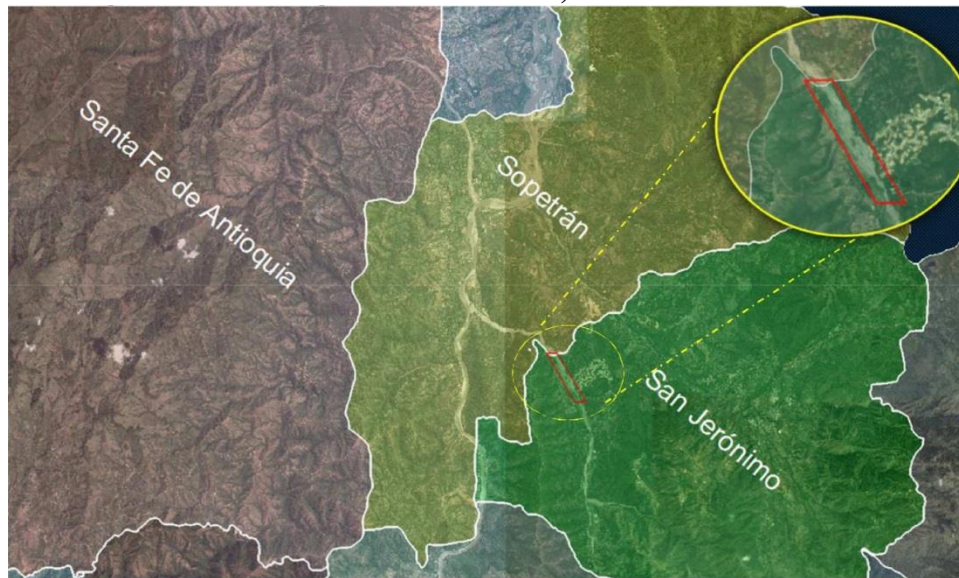
**Tabla 7-158 Coordenadas del área de la fuente de materiales HFDA-05 (Agregados San Nicolás)**

Punto	Coordenadas magna sirgas Origen oeste*	
	Norte	Este
1	1207000.00	1142000.00
2	1205300.00	1143000.00
3	1205300.00	1142600.00
4	1207000.00	1141600.00

\*Coordenadas contenidas en el registro minero HFDA-05

Fuente: Consorcio MAR 1

**Figura 7-113. Localización general de la fuente de materiales HFDA-05 (Agregados San Nicolás)**



Fuente: Consorcio MAR 1

Para acceder al sitio donde se ubica la fuente de explotación de materiales se hace a partir de la Ruta Nacional 62 (Medellín – Santa Fe de Antioquia). Esta vía bidireccional cuenta con un ancho promedio de 9 metros, en pavimento flexible en muy buenas condiciones.

**Fotografía 7-9 Vía Medellín – Santa Fe de Antioquia**



Fuente: Consorcio MAR 1

De la Ruta 62, se desprende una vía terciaria por la cual se puede acceder a la Fuente de Material en estudio, esta vía es conocida como la vía a la vereda La Puerta. En el capítulo 3, numeral 3.2.1.3 del presente documento se describe con detalle esta vía.

## 7.7.2 Caracterización del área a explotar

A continuación se presenta una descripción de las características físicas de la zona donde se encuentra la zona de materiales.

### 7.7.2.1 Geología

#### 7.7.2.1.1 Marco Geológico Regional



El área de estudio se localiza en el departamento de Antioquia al noroccidente del país, en la cordillera Central, donde se encuentran desde rocas sedimentarias hasta ígneas y metamórficas, de edades desde el Paleozoico hasta el Neógeno. La cordillera Central colombiana comprendida entre el cañón del río Cauca y el valle del río Magdalena, presenta características morfológicas y litológicas variadas. La fuente de materiales solicitada se localiza en la margen derecha del río Cauca, vertiente occidental de la Cordillera y aguas arriba de la quebrada Seca, en el municipio de Sopetrán, Figura 7-114.

**Figura 7-114 Ubicación fuente de materiales, Título minero HFDA-05**



Fuente: Imagen Google Earth, 2014.



	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.1</p>	

### 7.7.2.1.2 Marco Estructural

Colombia es un país de alta actividad sísmica generada por un complejo marco geodinámico de convergencia de las placas: Nazca, Caribe y Sur América, y dos micro placas: Panamá y el Bloque Andino. Este ambiente tectónico complejo genera una estructura cortical con un complejo sistema de fallas regionales. Estas estructuras, en el departamento de Antioquia, están enmarcadas dentro de dos grandes sistemas de fallas aproximadamente paralelas entre sí, donde el primer sistema lo conforman la zona de fallas Palestina y el segundo sistema corresponde a Cauca-Romeral (Ingeominas, 2001)<sup>6</sup>.

“La Cordillera Central se caracteriza por ser una cadena que ha sufrido intensos plegamientos, fallamientos e intrusiones batolíticas de gran magnitud, que han oscurecido las relaciones estratigráficas y estructurales originales entre las diferentes unidades litológicas que la constituyen”<sup>7</sup>. El área de estudio ubicado en la Cordillera Central, en el departamento de Antioquia, tiene influencia directa del sistema de fallas Cauca – Romeral, con dirección NE – SW.

El sistema de fallas Cauca-Romeral, se extiende a través de Colombia por más de 800 km, de norte a sur, con prolongación hacia Ecuador. Su traza más oriental es la Falla San Jerónimo y la más occidental la Falla Cauca, con una complejidad de estructuras graben, horts, sinclinales y anticlinales, entre ambas. Asociado a este sistema de fallas se han identificado anomalías gravimétricas y magnéticas (Case et al., 1971), concentración de focos de actividad sísmica, alineamiento de deslizamientos, cárcavas y bifurcaciones de quebradas; pone en contacto unidades muy diversas en edad (Paleozoico hasta Terciario) y composición (intrusivas, efusivas, sedimentarias y metamórficas). La actividad Terciaria es un sistema de esfuerzos tensionantes y descompresivos, con origen de grabenes y sinclinales en el Oligoceno – Mioceno que generaron la Formación Amagá (González, 1976). La actividad cuaternaria originó gruesos depósitos aluviales, flujos de roca, escombros y terrazas escalonadas<sup>8</sup>.

El área de estudio hace parte de un esquema estructural definido por tres grandes bloques tectónicos alargados N-S, limitados por fallas de carácter regional (Figura 7-115), y se ubica en el bloque más oriental que corresponde al Complejo Quebradagrande, cuyo límite al oriente es la Falla San Jerónimo, y al occidente la Falla Silvia-Pijao. Dentro de estos bloques se presentan fallas de gran extensión y que afectan el área de estudio como la Quirimará – La Clara.

<sup>6</sup> Consorcio Microzonificación 2006 – Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Microzonificación Sísmica Detallada de los Municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Sabaneta, La Estrella, Caldas y Envigado.

<sup>7</sup> INGEOMINAS. Mapa Geológico del Departamento de Antioquia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

<sup>8</sup> MEJÍA N., Mario. Reseña Explicativa del Mapa Geológico Preliminar 146 Medellín.

**Figura 7-115 Sistema de fallas que afectan área de estudio**





Fuente: IINGEOMINAS – GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Figura 81.

Las siguientes son las fallas y características principales, que afectan a las diferentes unidades litológicas del área de estudio.

- **Falla San Jerónimo**

La Falla de San Jerónimo representa la traza más oriental del Sistema de Fallas de Romeral. Con base en estudios de gravedad (Case et al., 1971) y gradientes de velocidad sísmica (Meissner et al., 1976), afirman que la Falla Romeral marca el límite entre la corteza oceánica al occidente, conformada por las rocas de la Cordillera Occidental, y la corteza continental al oriente, constituida por las rocas intrusivas y metamórficas de la Cordillera Central. González (1977) denomina el sistema de Fallas Romeral al conjunto de estructuras anastomosadas, limitadas por las fallas Sabanalarga al occidente y San Jerónimo al oriente.



	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

Woodward Clyde Consultants-WCC (1979), considera que este sistema representa una zona de subducción cretácea, conformada por fallas anastomosadas de dirección predominante NNW. Finalmente, González y Maya (1995) definen la Falla San Jerónimo, como la estructura más oriental del SFR y la cual debe corresponder al límite occidental del material de afinidad continental<sup>9</sup>.

La traza principal de la zona de falla San Jerónimo es de tipo inverso, de dirección N-S a N20W, con un buzamiento de alto ángulo al E, y un gran componente sinestro lateral que separa las rocas metamórficas del Grupo Ayurá Montebello de las rocas que conforman el Complejo Quebradagrande<sup>10</sup>.

- **Falla Silvia – Pijao**

Estructura regional definida por Maya & González (1995). En la depresión de Santa Fe de Antioquia la falla presenta un cambio de rumbo NW a NE, parcialmente cubierta cuando cruza por depósitos cuaternarios. Se infiere su continuidad hacia el norte del lado del río Cauca, hasta la quebrada Seca, en cercanías de la localidad de Sucre. Tiene comportamiento de carácter inverso y vergencia al oriente. Asociadas a la Falla Silvia-Pijao, se presentan fallas secundarias con trazos subparalelos, de forma anastomosada<sup>11</sup>.

- **Falla de Uvito**

Denominada por Grosse (1926) como “Sobrescurrimiento de Uvito”. Pasa al norte de la población de San Jerónimo, aproximadamente entre K1+400 – K1+800 del proyecto vial. Este sistema de fallas es de carácter inverso, con vergencia al oriente y dirección N-S.

- **Falla Aurrá**

Denominada por Grosse (1926) como “Sobrescurrimiento de Aurrá”, está relacionada con las Fallas de Uvito. De carácter inverso y bajo ángulo de inclinación con vergencia al occidente, en su trazo más sur enmascara la Falla Romeral<sup>12</sup>. Afecta rocas del Complejo Quebradagrande. En su paso por el área de influencia y trazado de la vía, está identificada con dirección NE – SW a NS, y es cruzada por el proyecto vial entre K1+100 – K1+200, cartografiada como falla cubierta al pasar por depósitos aluviales y coluvio aluviales.

<sup>9</sup> Ordóñez Carmona, Oswaldo, y otros. Generalidades del Sistema de Fallas de Romeral en las cercanías a Medellín. See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/266854403>

<sup>10</sup> INGEOMINAS. Complementación geológica, geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Bogotá, 2005.

<sup>11</sup> INGEOMINAS. Complementación geológica, geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Bogotá, 2005.

<sup>12</sup> INGEOMINAS. Complementación geológica, geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Bogotá, 2005.

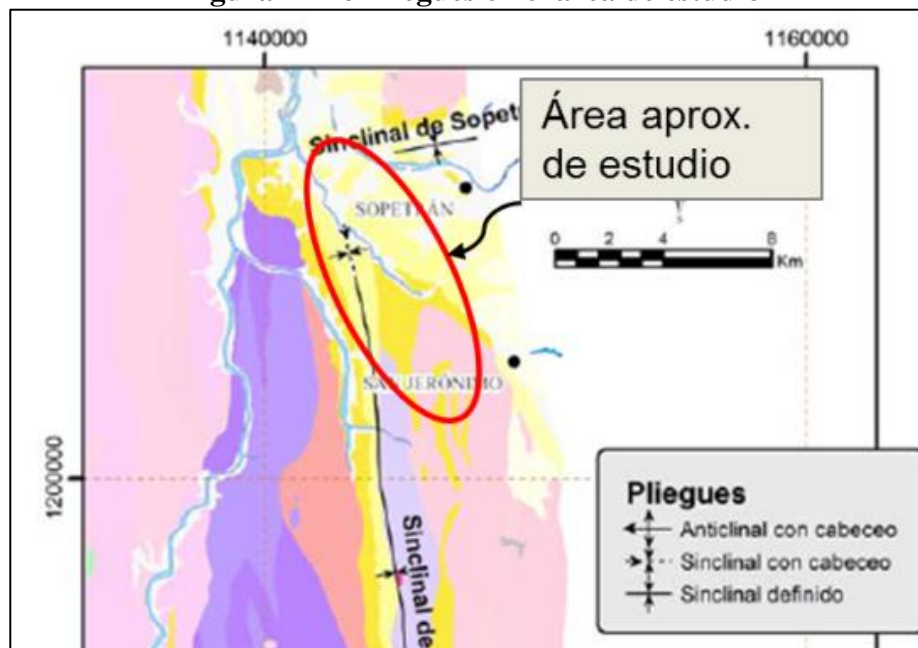
- **Falla Quirimaré – La Clara**

El trazo de la falla tiene una dirección N-S y se puede seguir al menos una distancia de 70 km hasta ser capturada por la Falla Silvia – Pijao; afecta rocas de la Formación Amagá. Su comportamiento es de carácter inverso con vergencia al oriente<sup>13</sup>. Tiene influencia directa sobre las fuentes de materiales, donde se define como falla cubierta hasta encontrarse con la Falla Silvia – Pijao y cruza por depósitos cuaternarios que la enmascaran.

- **Plegamientos**

En cuanto a pliegues, en el área de estudio solamente se cruza por el denominado Sinclinal Ebéjico, con eje de rumbo NS a N15°W. Se puede seguir por 24,5 km desde 6 km al S de Ebéjico hasta el río Aurrá. Se trata de una estructura simétrica apretada, con rocas de la Formación Amagá (miembro medio) en el núcleo de la estructura, delimitada por la Falla de Quirimaré – La Clara al occidente, su eje tiene dirección N10°W, con cabeceo al noroeste (Figura 7-116)<sup>14</sup>.

**Figura 7-116 Pliegues en el área de estudio**



Fuente: INGEOMINAS – GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Figura 82.

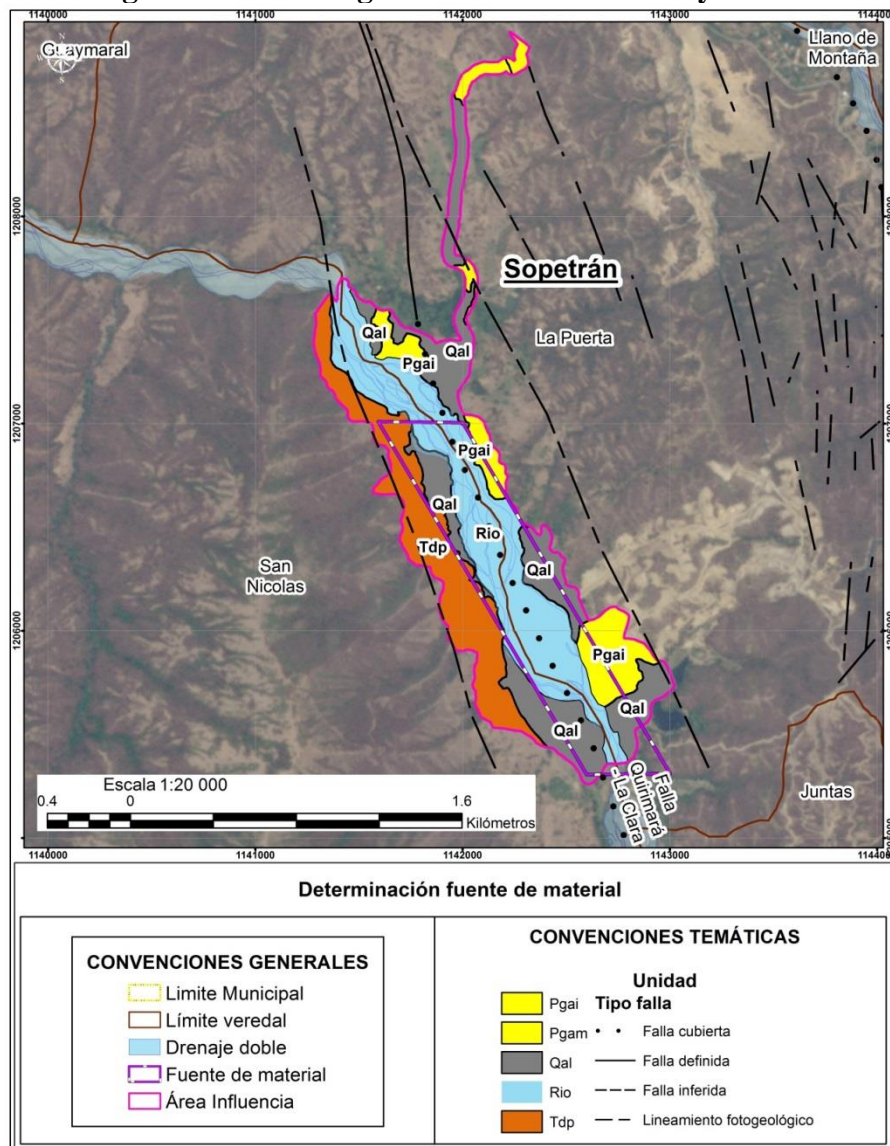
<sup>13</sup> INGEOMINAS. Complementación geológica, geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Bogotá, 2005.

<sup>14</sup> INGEOMINAS. Complementación geológica, geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Bogotá, 2005.

#### 7.7.2.1.3 Caracterización geológica

El acceso y fuente de materiales sobre la quebrada Seca, comprende el paso por rocas sedimentarias de la Formación Amagá, e involucra el aprovechamiento de depósitos aluviales del cauce activo de esta quebrada; limita al occidente con la margen izquierda de la quebrada, cuya unidad litológica es la Diorita de Pueblito. A continuación se presenta una descripción de las características litológicas de los materiales identificados en el área de influencia (Figura 7-117 y Tabla 7-159).

**Figura 7-117 Geología Fuente de materiales y acceso**



Fuente: INGEOMINAS (1983), modificado por Consultoría Colombiana S.A., 2016

**Tabla 7-159 Unidades litológicas**

EDAD			SÍMB.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
ERA	PERIODO	ÉPOCA			
CENOZOICO	CUATERNARIO		<b>Qal</b>	Depósitos Aluviales	Asociados a la quebrada Seca y afluentes. El cauce activo de la quebrada Seca, se compone de playones, islas y barras de cauce, activos. Están conformados por cantos subredondeados de roca fresca, dura, de composición pórfidos grises oscuros, dioritas, gabros y algunos bloques de roca hasta de 30cm de diámetro.
	NEÓGENO	Plioceno			
		Mioceno	<b>Ngas</b>	Formación Amagá <sup>15</sup>	Ngas. Miembro superior. Areniscas bien cementadas, color crema arcillas pizarrosas gris verdosas y ocre. Localmente bancos delgados de conglomerados y carbón. Oligoceno tardío – Mioceno Temprano.
			<b>Pgam</b>		Pgam. Miembro Medio. Arcillas pizarrosas grises, areniscas claras y grises, localmente conglomeráticas, mantos de carbón hasta 2m de espesor. Oligoceno medio.
	PALEÓGENO	Olig.	<b>Pgai</b>		Pgai. Miembro Inferior. Conglomerados, areniscas conglomeráticas, areniscas crema y grises, arcillolitas arenosas, arcillolitas pizarrosas grises y gris verdosas.
MESOZOICO	CRETÁCEO				
	JURÁSICO				
	TRIÁSICO		<b>Tdp</b>	Diorita de Pueblito	Gabros y dioritas hornbléndicas, localmente piroxénicos <sup>16</sup> .

Fuente: Consultoría colombiana S.A., 2016



#### 7.7.2.1.3.1 Diorita de Pueblito (Tdp)<sup>17</sup>

Descrita por Grosse (1926) como “diorita anfibólica” y González (1976) introduce el término de Diorita de Pueblito para describir la prolongación de este cuerpo hacia el sur. Es un cuerpo alargado en dirección general N10°W, con una extensión de 47 km, pasando sobre la margen izquierda de la quebrada Seca, cerca del confluencia de esta con el río Cauca.

<sup>15</sup> INGEOMINAS. Geología de la Plancha 130 Santa fe de Antioquia. Escala 1:100.000. 1983 (versión digital 2009)

<sup>16</sup> GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Mapa Geológico Plancha 130 Santa fé de Antioquia. INGEOMINAS, 2005.

<sup>17</sup> GEOESTUDIOS - INGEOMINAS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000.

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

Consiste principalmente de dioritas (75%) y en menor proporción gabros hornbléndicos. La roca presenta generalmente estructura maciza, con colores gris verdosos (5GY4/1- 6/1), el grano generalmente es fino, localmente medio. La unidad hacia los flancos pasa gradualmente a gabros hornbléndicos foliados, de grano medio a grueso de la unidad Gabros de Romeral; en esta unidad es mayor el contenido de minerales máficos, los cristales son de mayor tamaño y la foliación alcanza un mejor desarrollo.

Según González & Londoño (2.002b), las rocas dioríticas forman más del 90% del cuerpo intrusivo, donde los componentes principales son plagioclasa, hornblenda, piroxenos y en menor proporción cuarzo y biotita. Las relaciones de contacto con las rocas adyacentes son complejas, el límite con el Complejo Arquía se considera intrusivo; cerca del contacto es común encontrar diques de diorita atravesando esquistos. De otro lado, la Diorita de Pueblito presenta contactos graduales con cuerpos de gabros que están ubicados hacia los flancos del cuerpo. La Formación Amagá, al oriente de la quebrada La Clara, reposa discordantemente sobre la Diorita de Pueblito. En la mitad sur del área, los contactos son generalmente fallados.

Las edades isotópicas reportadas para este cuerpo fluctúan entre 102 m.a a 580 m.a (González & Londoño, 2002b). Recientemente, Vinasco (2001) presenta resultados de dataciones Ar-Ar en muestras de la Diorita colectadas cerca de Amagá indican edades de 230 Ma a 238 Ma y que son interpretadas como las edades de cristalización de este plutón.

#### 7.7.2.1.3.2 Formación Amagá (Pgai, Pgam)



La Formación Amagá está dividida en tres miembros, de los cuales, son identificados el Miembro Inferior (Pgai) y Miembro Medio (Pgam).

#### 7.7.2.1.3.3 Miembro inferior (Pgai)

El Miembro Inferior es un conglomerado basal polimíctico de cantos gruesos y fábrica clasto soportada que se interdigita con litoarenitas, arenitas arcillosas y arenitas conglomeráticas en una sucesión con tendencia grano decreciente; en menor proporción se interponen arcillolitas y lodolitas a veces carbonosas de color negro a rojizo. Los clastos de los conglomerados son predominantemente de esquistos verdes, esquistos negros, cuarzo y cuarcitas. Las areniscas son líticas a subarcósicas, por lo general con matriz arcillosa llegando a ser hasta grauvacas<sup>18</sup>. Frecuentemente conglomeráticas, grano decrecientes hacia el techo y constituyen cuerpos lenticulares, de elevada persistencia lateral y base erosiva, es frecuente la estratificación cruzada; hacia el techo se hace mención de la existencia de delgadas capas de carbón de 0,1 – 0,5 m de espesor. Los contactos con las demás unidades

<sup>18</sup> GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. INGEOMINAS. Escala: 1:100.000. Bogotá, octubre de 2005



	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

son tajantes a transicionales (tomado de Ingeominas, 1.984). Grosse (1.926), le asigna un espesor de 220 m<sup>19</sup>.

Sobre el acceso a la fuente de materiales, aproximadamente a 580m, se identificó afloramiento de estas rocas sedimentarias con las siguientes características.

Afloramiento de aproximadamente 5m de altura; capas gruesas de areniscas de grano grueso a conglomeráticas polimícticas, con clastos subangulares a subredondeados de cuarzo y rocas tipo esquistos, basaltos; espesor estimado de las capas de 1-1,2m (Fotografía 7-10). Con interestratificaciones de areniscas gruesas, textura moteada, color pardo amarillo a pardo claro y capas delgadas de arcillas, de espesor 50cm, muy fracturadas y blandas, color gris claro (Fotografía 7-11). Estratificación NS/54E.

**Fotografía 7-10 Afloramiento de areniscas, formación Amagá (Pgai)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

<sup>19</sup> CONSORCIO MAR 1 – DEVIMAR. Estudios y Diseños Definitivos Fase III de la Unidad Funcional 3, Contrato 014 de 2015 Suscrito entre la ANI y la Concesionaria Desarrollo Vial al Mar S.A.S.



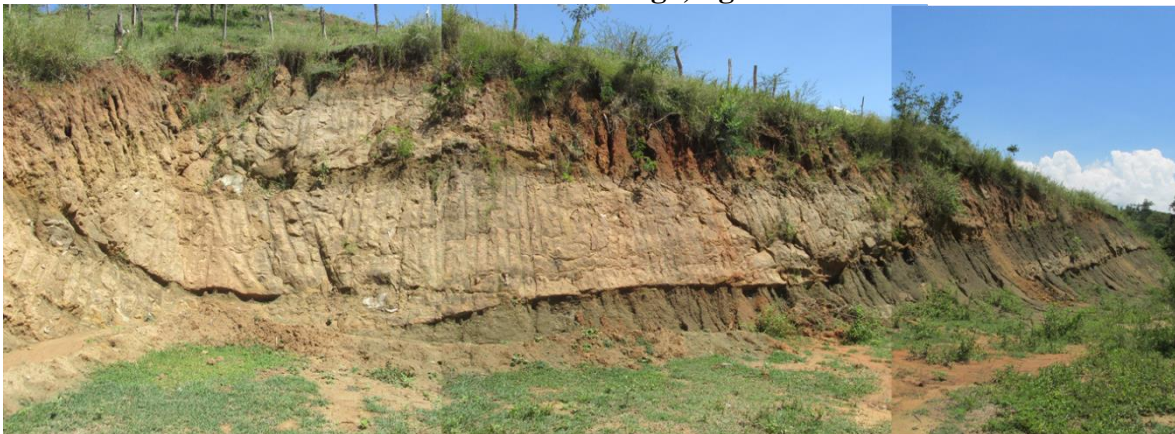
**Fotografía 7-11 Capas gruesas de areniscas de grano grueso, con intercalaciones de arcillolitas grises muy fracturadas, formación Amagá**





Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Esta unidad litológica presenta variaciones composicionales, donde pueden predominar estratos arcillosos, como se observa en la Fotografía 7-12. Son estratos gruesos de 1-1,5m de espesor, compuestos de areniscas de grano medio, con alto grado de meteorización, color pardo oscuro, deleznales, interestratificadas con lodolitas grises, altamente fracturadas, de espesor estimado 1m; sobre los estratos de areniscas se desarrolla erosión en surcos.

**Fotografía 7-12 Afloramiento de areniscas interestratificadas con lodolitas grises, Formación Amagá, Pgai**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

También se observan afloramientos con predominio de estratos de 30-60cm de espesor, de conglomerados de cuarzo, lalitas, redondeados, de diámetro promedio 3cm; matriz de arena gruesa, suelta, cuando se observa completamente meteorizada (grado de meteorización V)<sup>20</sup> y en estado fresco es una matriz compacta. Presenta ocasionales estratos de areniscas conglomeráticas, color crema, deleznable y frágil (Fotografía 7-13). Estratificación N25W/40NE.

**Fotografía 7-13 Afloramiento de conglomerados polimícticos con intercalaciones de areniscas, Formación Amagá (Pgai)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

#### 7.7.2.1.3.4 Miembro Medio (Pgam)

Consta principalmente de arcillolitas de color gris oscuro a claro y rojizo, interpuestas frecuentemente con niveles de carbón de hasta 3 m de espesor y escasas arcosas de grano grueso, colores blanco y gris. Los niveles de carbón de este intervalo son los que en la región de Amagá – Titiribí – Angelópolis, están siendo explotados intensamente por minería a cielo abierto y subterránea<sup>21</sup>.

Se caracteriza por la presencia de mantos de carbón intercalados, en una secuencia predominantemente formada por areniscas y lutitas hojosas negruzcas a grises, con ausencia de conglomerados. Los bancos de arenisca son similares a los descritos para el

<sup>20</sup> Clasificación de Perfil de meteorización según metodología Dearman (1974 – 1991).

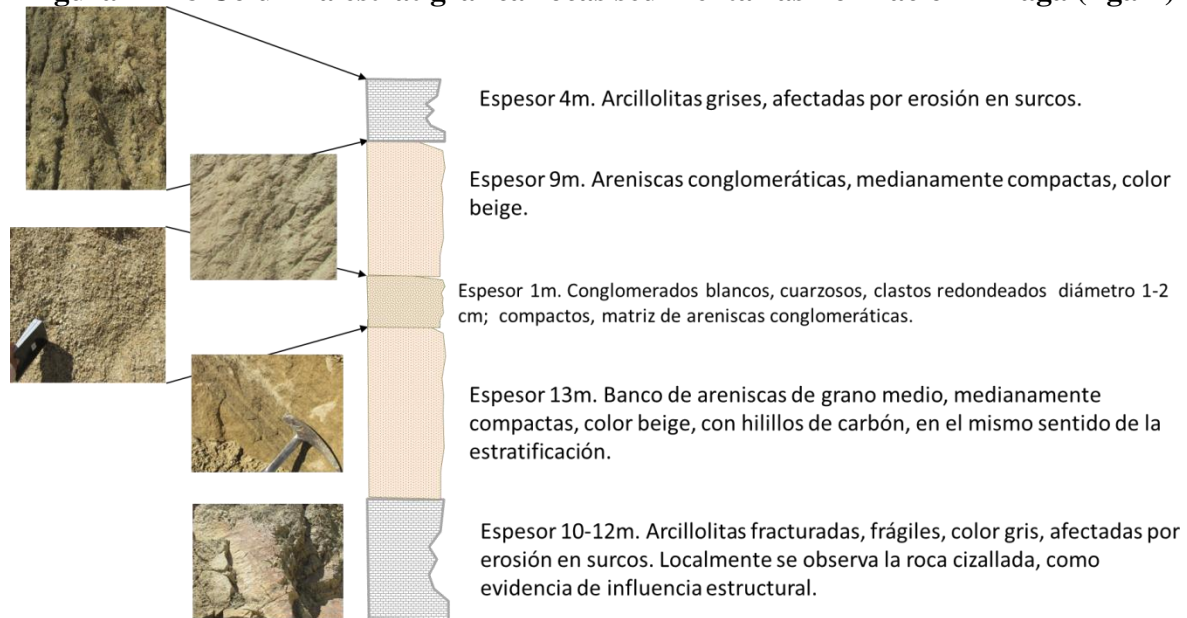
<sup>21</sup> GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. INGEOMINAS. Escala: 1:100.000. Bogotá, octubre de 2005.



Miembro inferior, con un tamaño de grano desde grueso a fino, cemento silíceo y una matriz arcillosa. Los estratos lutíticos se presentan estratificados en bancos de espesor fino a medio, con estratificaciones claras y persistentes. Su color varía desde tonos negruzcos o grises a verdosos. Pueden aparecer concreciones de siderita y bancos con estructura nodular. Son frecuentes los restos fósiles vegetales. El signo distintivo de este miembro es la presencia de estratos de carbón; existen mantos de carbón que llegan a tener espesores hasta de 4 m. El espesor de este miembro puede llegar a los 200 m. Las franjas carboníferas en la región están divididas de acuerdo a su posición geográfica en las áreas Venecia-Fredonia, Amagá-Angelópolis, Venecia-Bolombolo y Titiribí, (tomado de ECOCARBON, 1995).

En Figura 7-118 se muestra la columna estratigráfica identificada en explanación reciente hecha sobre esta unidad litológica (Fotografía 7-14). Se midió estratificación N10W/65SEE.

**Figura 7-118 Columna estratigráfica rocas sedimentarias Formación Amagá (Pgam)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

### **Fotografía 7-14 Intercalación de areniscas y lodolitas, Formación Amagá (Ngam)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

#### **7.7.2.1.3.5 Depósitos aluviales (Cauce activo)**

Los depósitos aluviales están asociados a la quebrada Seca y sus afluentes. El cauce activo de la quebrada Seca, corresponde al lecho mayor y se caracteriza por un drenaje trenzado, conformado por canales fluviales que se entrecruzan y conforman playones, islas y barras de cauce, activos (Fotografía 7-15).

Están conformadas por material de lecho, que corresponde a cantos subredondeados de roca fresca, dura, de composición pórfidos grises oscuros con cristales anhedrales de cuarzo de diámetro 2-3mm y matriz afanítica, diorita beige a verde claro, con cristales de grano fino, gabros con cristales de diámetro variable entre 3-15cm y algunos bloques de roca hasta de 30cm de diámetro, Fotografía 7-16.

### **Fotografía 7-15 Cauce activo de quebrada Seca, panorámica aguas arriba, título minero HFDA-05**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

**Fotografía 7-16 Clastos que conforman lecho de quebrada Seca**

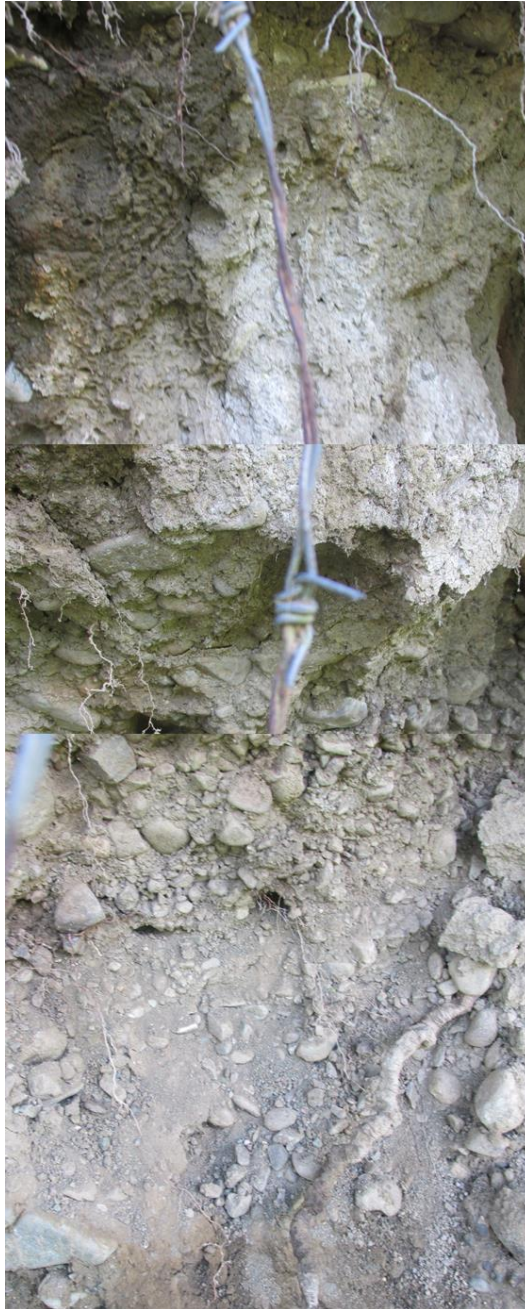


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016.

Los depósitos aluviales (Qal) asociados a esta quebrada corresponden principalmente a depósitos de arenas sueltas, de grano medio y depósitos conglomeráticos, con 60% de esquistos verdes, pórfidos, gabros de grano medio, subredondeados, muy duras; 40% matriz arenosa gruesa, suelta, café clara, Fotografía 7-17 .



**Fotografía 7-17 Depósitos aluviales (Qal) asociados a quebrada Seca**



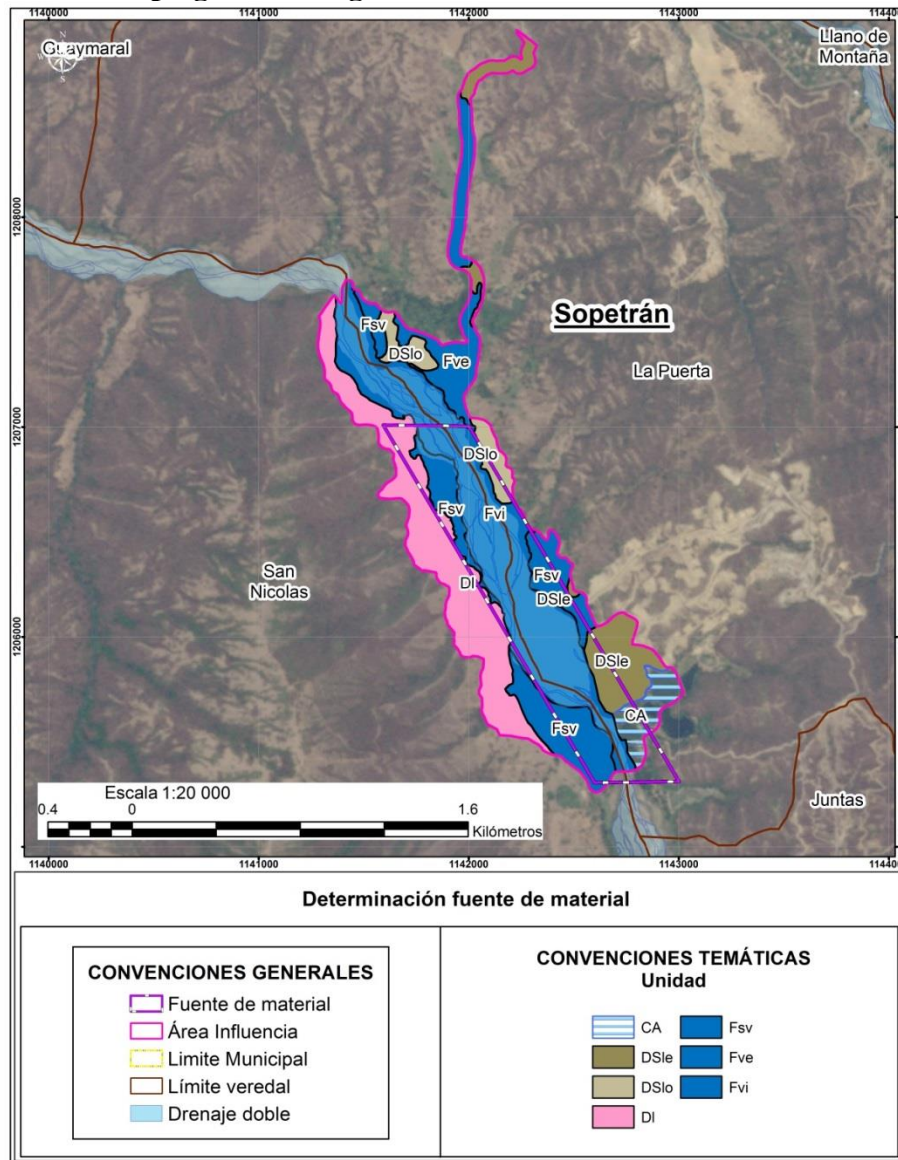
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016



### 7.7.2.2 Geomorfología

El área de influencia de la fuente de materiales se localiza en la vertiente occidental de la Cordillera Central, en un relieve predominante de piedemonte conformado por dos unidades geomorfológicas: Montañas y Piedemonte. La Figura 7-119 y Tabla 7-160 presentan las unidades geomorfológicas que comprende esta área de estudio, su génesis y características morfográficas y morfodinámicas.

**Figura 7-119 Mapa geomorfológico área de influencia Título minero HFDA-05**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016.

**Tabla 7-160 Unidades Geomorfológicas**

Z. Geestruct	Prov. Geom	Región geomorf.	Unidad geomorfológica		Subunidad geomorfológica	Litología dominante	Componente geomorfológico	Morfografía	Morfodinámica	Símbolo	
Cordillera	Cordillera Central	Denudativa	Montañas	Denudativo (D)	Laderas	Rocas ígneas intrusivas, tipo diorita, gabros hornbléndicos, grano fino a medio, con alta influencia estructural, por el trazo de la falla Quirimará – La clara.	Ladera (l)	Relieve de lomerío orientado en dirección NS a NW-SE, con pendientes desde ligeramente escarpadas (25-50%) hasta totalmente escarpadas (>100%). Longitud de laderas 200-300m, convexas, cimas redondeadas y angostas.	Influencia estructural con presencia de facetas triangulares. Afectada por sobrepastoreo, en grado moderado a severo.	DI	
						Rocas sedimentarias clásticas Conformadas por areniscas bien cementadas, areniscas conglomeráticas, arcillas pizarrosas.	Lomerío (lo)	Relieve de colinas asociado a rocas sedimentarias de la Formación Amagá; altura media 40-50m, cimas redondeadas, laderas convexas, pendientes fuertemente inclinadas (12-25%).	Áreas afectadas principalmente por sobrepastoreo, susceptible a erosión en surcos y cárcavas	DSlo	
		Deposicional	Piedemonte	Denudativa estructural (DS)	Lomas y colinas	Rocas sedimentarias clásticas Conformadas por areniscas bien cementadas, areniscas conglomeráticas, arcillas pizarrosas.	Laderas estructurales (le)	Relieve de laderas cortas, rectas, de pendientes predominantes fuertemente inclinadas (12-25%).	Áreas afectadas principalmente por sobrepastoreo ,susceptible a erosión en surcos y cárcavas	DSle	
						Aluvial (F)	Valle aluvial	Depósitos aluviales no consolidados	Valle estrecho aluvial (ve)	Relieve de formas alargadas y angostas, con pendientes planas a ligeramente planas (0-3%).	
				Vega inundable (vi)	Terreno periódicamente inundable de la quebrada Seca, que cede y recibe continuamente aluviones de lecho (cantos, gravas, arenas).				Socavación de orillas	Fvi	
				Depósitos aluviales no consolidados	Sobre vega (sv)			Terrenos planos a ligeramente planos, asociados a depósitos de la quebrada Seca y depósitos coluvio aluviales provenientes de las vertientes de la quebrada. Sus pendientes varían desde ligeramente planas (1-3%) a ligeramente inclinadas (3-7%)	Apariencia estable		Fsv
				Cuerpos de agua				CA			

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

#### 7.7.2.2.1 Montañas denudativas (D)

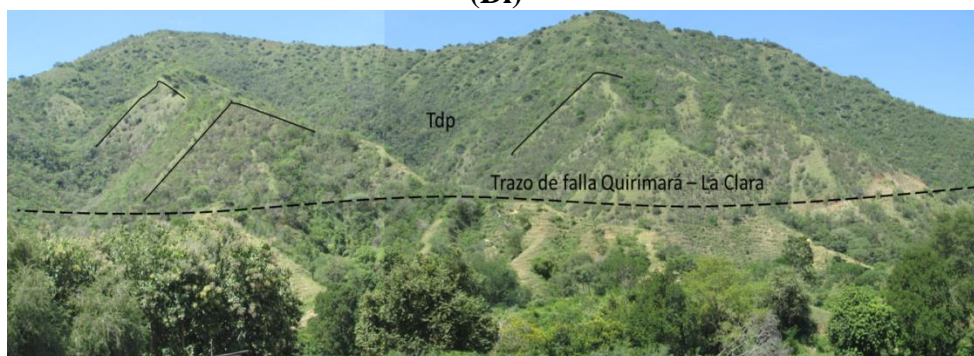
Corresponde a un relieve de montañas de apariencia masiva, que se desarrollan sobre rocas intrusivas de la Diorita de Pueblito (Tdp), con alta influencia estructural por efecto de la falla regional Quirimará – La Clara (Figura 7-120). La vertiente oriental de esta geoforma, sobre la cual se localiza el límite del área de influencia en la fuente de materiales sobre la quebrada Seca, corresponde a laderas convexas, de pendientes ligeramente escarpadas (25-50%) a fuertemente escarpadas (75-100%); se caracteriza por el desarrollo de facetas triangulares (Figura 7-120). Estas laderas están protegidas por vegetación, localmente con presencia de sobrepastoreo grado moderado, Fotografía 7-18.

**Figura 7-120 Panorámica de Montañas denudativas, límite occidental de área de influencia título minero HFDA-05**



Fuente: Imagen Google Earth, 2014

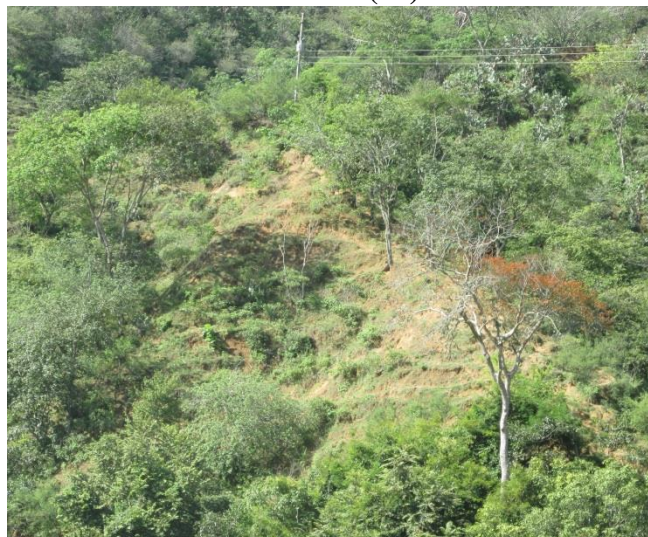
**Fotografía 7-18 Facetas triangulares en montañas denudativas de rocas intrusivas (DI)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016.



**Fotografía 7-19 Sobrepastoreo focalizado en laderas denudativas de Diorita de Pueblito (DI)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016



#### **7.7.2.2.2 Piedemonte**

Esta unidad geomorfológica se subdivide, de acuerdo con su génesis en Piedemonte denudativo – estructural (DS) y Piedemonte aluvial (F).

##### **7.7.2.2.2.1 Piedemonte denudativo estructural (DSlo, DSle)**

Compuesto de lomas y colinas de rocas sedimentarias clásticas de la Formación Amagá, estratificadas en dirección NW-SE y con evidencias de procesos denudativos como suelos desnudos, sobrepastoreo y deslizamientos activos asociados a cortes de carretera. Esta unidad geomorfológica se conforma de los relieves Lomerío (lo) y Laderas Estructurales (le).

Los relieves de Lomeríos (DSlo) y laderas estructurales (DSle) se ubican sobre la margen derecha de la quebrada Seca y están asociados a lomas y colinas de la formación Amagá, orientadas en dirección NW. Son colinas de altura media 40-50m, cimas subangulares, medianamente angostas, con predominio de pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), Fotografía 7-20. Estos relieves de colinas se encuentran afectados por sobrepastoreo en grado moderado a severo, Fotografía 7-21.

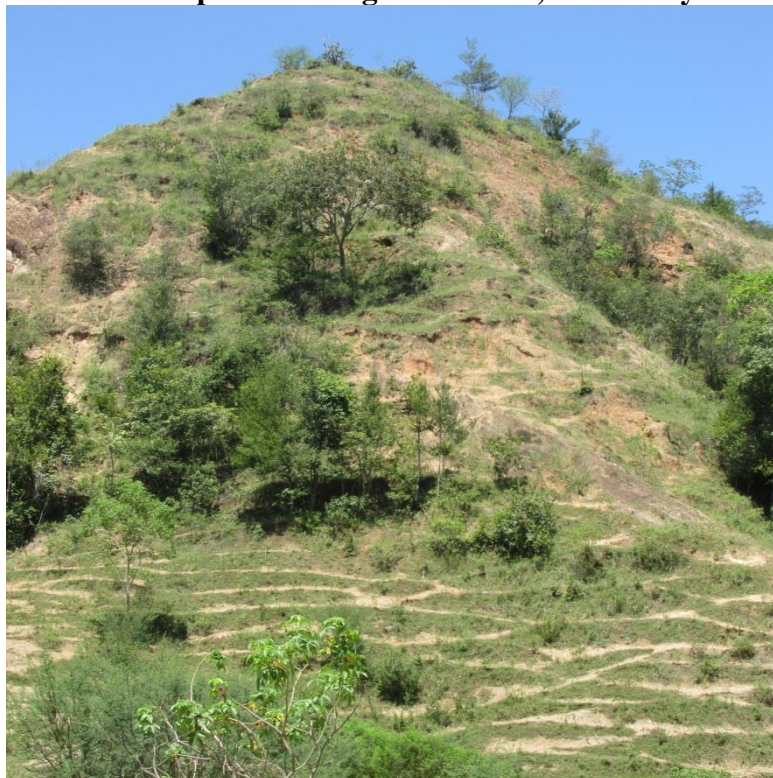
	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

**Fotografía 7-20 Panorámica de laderas estructurales en lomas y colinas de piedemonte (DSle), acceso a título minero HFDA-05**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

**Fotografía 7-21 Sobrepastoreo en grado severo, en lomas y colinas (DSle)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016



#### 7.7.2.2.2.2 Piedemonte alivual (F)

Unidad geomorfológica de origen aluvial, asociada a depósitos aluviales de la quebrada Seca y sus afluentes.

##### 7.7.2.2.2.2.1 Valle estrecho aluvial (Fve)

Esta unidad geomorfológica está relacionada con afluentes de la quebrada Seca, que



	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

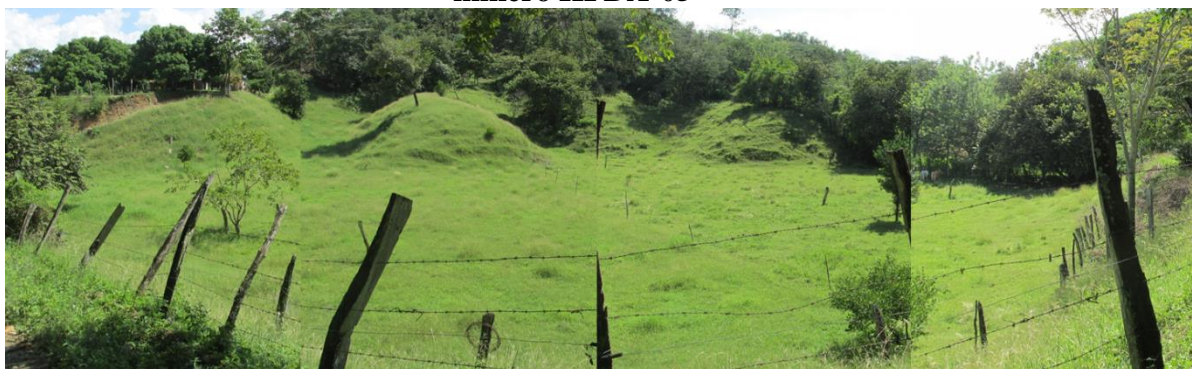
forman pequeñas y angostas (ancho aproximado 70m) áreas de sedimentos de origen aluvial y coluvio aluvial, de pendientes moderada (7-12%) a fuertemente inclinadas (12-25%), provenientes de las lomas y colinas aledañas, como puede observarse en la Fotografía 7-22 y Fotografía 7-23.

**Fotografía 7-22 Valles estrechos aluviales y coluvio aluviales, en acceso a título minero HFDA-05**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

**Fotografía 7-23 Valles estrechos aluviales y coluvio aluviales, en acceso a título minero HFDA-05**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

#### 7.7.2.2.2.2 Sobrevega (Fsv)

Depósitos aluviales y coluvio aluviales, mal drenados, provenientes de la quebrada seca y sus afluentes, que evidencia inundaciones periódicas, ubicadas a lo largo del cauce de la quebrada Seca, ver Fotografía 7-24.



**Fotografía 7-24 Sobrevega en margen izquierda (Fsv), título minero HFDA-05**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

#### 7.7.2.2.2.3 Vega inundable (Fvi)

Corresponde al cauce activo de la quebrada Seca, de carácter trezado, la cual comprende geoformas aluviales como islas, barras de cauce, activas, frágiles e inestables, de ancho entre 10-20m, afectadas por socavación de orillas, ver Fotografía 7-25 y Fotografía 7-26.

**Fotografía 7-25 Quebrada Seca, Vega inundable, islas (Fvi) en título minero HFD-05**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

**Fotografía 7-26 Quebrada Seca, Vega inundable (Fvi), socavación de orillas en título minero HFD-05**

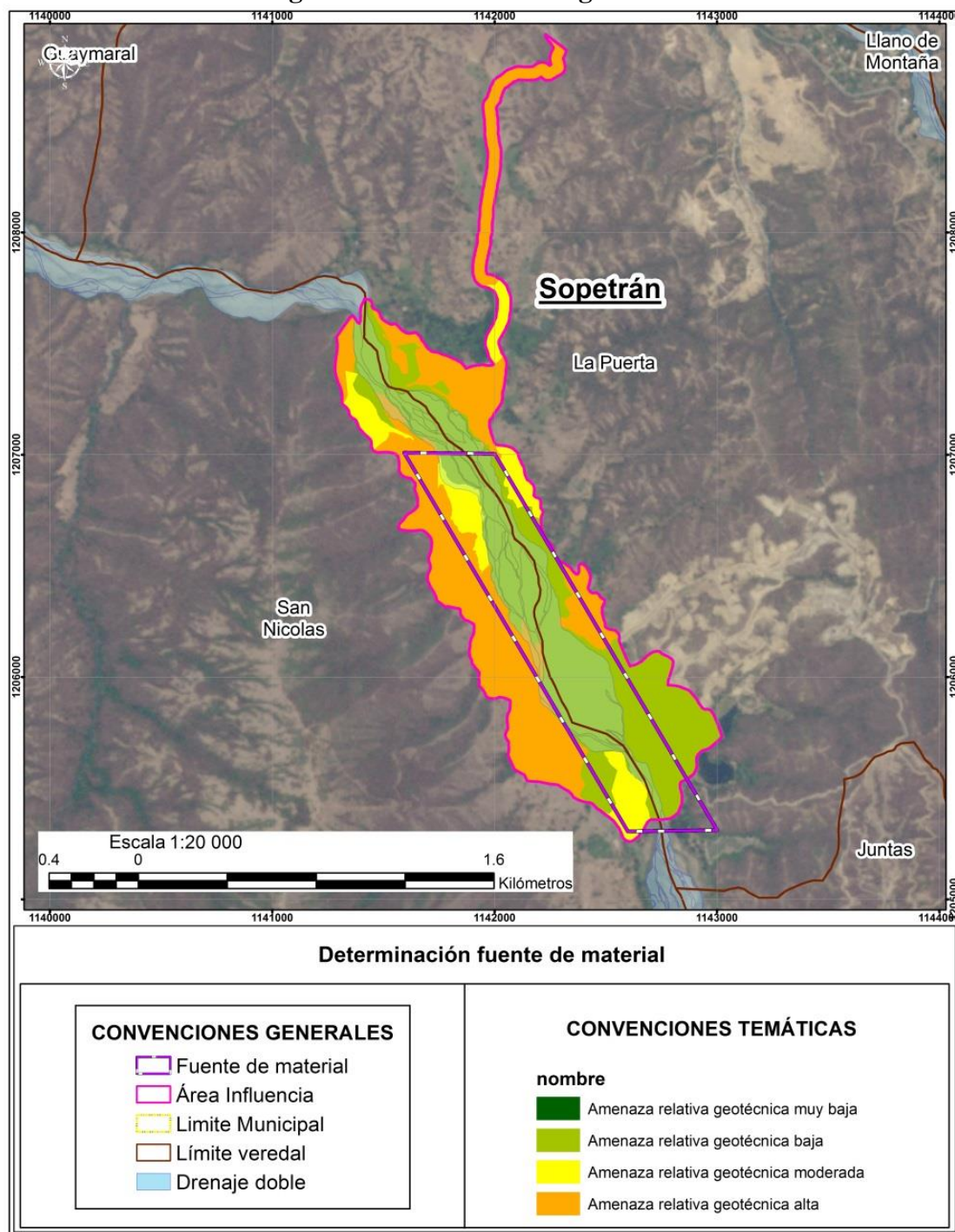


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

### **7.7.2.3 Geotecnia**

Con base en la metodología ejecutada en el EIA, se obtuvo la siguiente zonificación geotécnica en el área de influencia de la fuente de materiales y su vía de acceso, ver Figura 7-121. El área del título minero se localiza en 46,20 ha (71,7%) con amenaza geotécnica baja, 9,92 ha (15,4%) en amenaza geotécnica alta, y 8,33 ha (12,9%) en amenaza moderada, ver Figura 7-121.

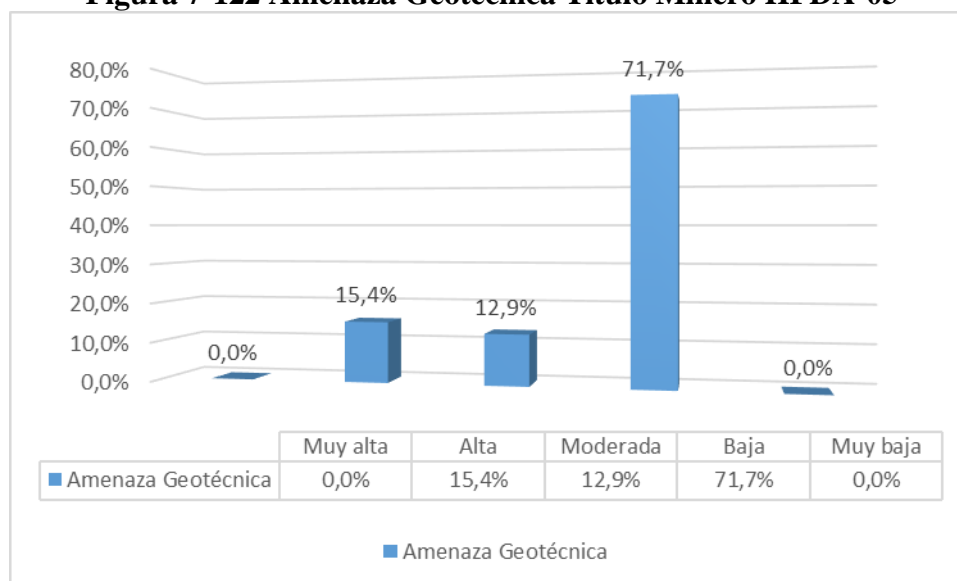
**Figura 7-121 Zonificación geotécnica**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016



**Figura 7-122 Amenaza Geotécnica Título Minero HFDA-05**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

#### 7.7.2.4 Régimen hidráulico y sedimentológico



Teniendo en cuenta los caudales característicos de la quebrada La Seca, calculados según la metodología expuesta en el numeral de análisis de conflictos actuales o potenciales sobre la disponibilidad y usos, los cuales se resumen en la Tabla 7-161 , se realiza la modelación hidráulica en el sitio definido para la explotación en un tramo aproximado de 2 Km y así evidenciar el comportamiento del cauce aguas arriba y aguas abajo ante caudales máximos, medios y mínimos.

**Tabla 7-161 Estimación de caudales característicos quebrada La Seca**

	Caudales Característicos (m <sup>3</sup> /s)						
	1.33	2	5	10	20	50	100
<b>Caudales Máximos</b>	23.05	35.43	60.83	77.65	93.78	114.66	130.31
<b>Caudales Mínimos</b>	1.80	1.27	0.84	0.70	0.61	0.55	0.51

	Caudales Característicos (m <sup>3</sup> /s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Medio
<b>Caudal medio multianual</b>	3.31	2.75	2.94	3.54	5.01	5.08	4.42	4.34	5.03	6.61	6.00	4.56	4.47
<b>Caudal mínimo multianual</b>	2.35	2.08	2.20	2.26	2.82	3.45	3.09	3.03	3.23	4.12	3.70	3.04	2.95

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

#### 7.7.2.4.1 Modelación hidráulica de la corriente

Con el fin de evaluar el comportamiento hidráulico de los sitios de vertimiento, se utilizó el software HEC-RAS<sup>®</sup>, del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, que permite estimar el perfil hidráulico de una corriente natural a flujo libre, bajo condiciones de flujo uniforme.

Para el cálculo se consideró que el flujo en los tramos en promedio corresponde a profundidades normales (pendiente de la línea de energía similar a las pendientes medias de los cauces). Mediante ayuda del programa HEC-RAS e iteraciones se estimó el nivel a lo largo de los tramos ajustado al criterio indicado.

Se debe tener en cuenta que las características de la pendiente del fondo de las corrientes en el sector tiende a generar condiciones de flujo casi crítico, en la cual la corriente presenta una gran inestabilidad, ocurriendo altas variaciones de energía específica en tramos muy cortos de la corriente. Para simular este efecto, el programa de computador en mención tiene la capacidad de efectuar simulaciones mixtas entre flujo uniforme subcrítico hasta uniforme supercrítico, bajo ciertos condicionamientos en el ingreso de la información solicitada por él.

Los datos de entrada para el programa son la pendiente del fondo del cauce, las secciones transversales de la quebrada en el área en estudio y el coeficiente de rugosidad de las bancas y de los lechos.



La información geométrica de las secciones y pendiente se obtuvo a partir de levantamiento topográfico. Los coeficientes de fricción se estimaron con base en las observaciones de campo en cada uno de los sitios y la experiencia de los consultores en este tipo de trabajos.

Adoptando estos criterios de calibración se estimaron valores de rugosidad (n) en el lecho de 0.040 para la quebrada La Seca. Estos valores resultan consistentes con las condiciones de la corriente según valores recomendados.

##### 7.7.2.4.1.1 Descripción general del modelo Hec-Ras

En este numeral se describe la principal herramienta utilizada en la estimación de los perfiles de flujo gradualmente variado necesarios para el diseño hidráulico, es decir, el modelo HEC-RAS versión 4.10. Este modelo se utiliza con el fin de estimar los perfiles de flujo en un canal natural o artificial. El programa aplica el método estándar por pasos para el cálculo de los cambios en el nivel del agua entre secciones contiguas de los cauces con base en las pérdidas de energía del flujo.

El cálculo comienza en uno de los extremos del canal y procede sección a sección hasta alcanzar el otro extremo. En las secciones determinadas por estructuras hidráulicas, como por ejemplo los puentes, las condiciones hidráulicas son más complejas, y obligan a que los cambios en el perfil se calculen con base en las ecuaciones de momentum, energía o aproximaciones de carácter empírico.

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p> <p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p> <p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	
---	---	---

La metodología incorporada en el modelo se basa en varias suposiciones que simplifican un fenómeno complejo, como el que pretende modelar. Los resultados del modelo, si se tiene conciencia de sus limitantes y suposiciones básicas son satisfactorios para fines prácticos. Las suposiciones fundamentales del modelo son:

- Flujo permanente
- Flujo gradualmente variado
- Flujo unidimensional. El programa utiliza el factor de corrección de Coriolis para tener en cuenta la heterogeneidad en la distribución de velocidades.
- Canales de baja pendiente, hasta del 10%.
- Pendiente de la línea de energía constante entre secciones adyacentes.
- Lecho rígido

Las pérdidas de energía ocasionadas por la fricción del agua con el perímetro mojado de las secciones, las determina el programa como el producto de la pendiente media de la línea de energía y la longitud ponderada con base en los caudales por las sobrepresas y el canal entre secciones. Las pérdidas locales por contracciones o expansiones, las calcula como un porcentaje del cambio de la cabeza de velocidad entre las secciones.

Las ecuaciones básicas para la determinación de las pérdidas de energía son las siguientes:

$$h_e = L\overline{S_f} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

$$\overline{S_f} = \left( \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{K_1 + K_2 + K_3} \right)^2$$

$$L = \frac{L_{lov}\overline{Q_{lov}} + L_{ch}\overline{Q_{ch}} + L_{rov}\overline{Q_{rov}}}{\overline{Q_{lov}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rov}}}$$

Dónde:

$h_e$ : Pérdidas en la cabeza de energía

$S_f$ : Pendiente de fricción representativa entre secciones contiguas.

$C$ : Coeficiente de expansión o contracción.

$L$ : Distancia ponderada entre secciones.



$\alpha_1$  y  $\alpha_2$ : Coeficiente de corrección para la velocidad media de flujo.

$L_{lov}$ ,  $L_{ch}$  y  $L_{rov}$ : Distancias entre las secciones transversales por la banca izquierda, por el canal y por la banca derecha, respectivamente.

$\overline{Q_{lov}}$ ,  $\overline{Q_{ch}}$  y  $\overline{Q_{rov}}$ : Promedio aritmético de los caudales entre secciones entre las secciones transversales por la banca izquierda, por el canal y por la banca derecha.

$V_1$  y  $V_2$ : Velocidades medias de las secciones contiguas. Estas velocidades se



	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

determinan con base en la ecuación de Manning, la cual está dada por la siguiente expresión:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde R es el radio hidráulico, n el coeficiente de rugosidad de Manning y S la pendiente de la línea de energía. El programa puede ser utilizado con las variables definidas en el sistema inglés o en el sistema internacional. En este caso se trabajó con el sistema internacional.

La información con la cual se alimenta el programa consta de la geometría transversal de las corrientes en estudio, dentro de la cual se incluyen las secciones topográficas, las distancias entre las secciones por el eje central del canal y las márgenes izquierda y derecha, los coeficientes de rugosidad de Manning (los cuales pueden variar transversalmente en la sección), los coeficientes de pérdidas locales, las obstrucciones al flujo, zonas de flujo inefectivo, las cotas, localización de las coronas de diques y las estructuras especiales (si aplica) como puentes o coberturas; los caudales para los cuales se desee estimar los perfiles de flujo y las condiciones de frontera, que pueden ser una curva de calibración, niveles conocidos del agua, las pendientes de fondo de los canales o la profundidad crítica, en las secciones aguas arriba, aguas abajo o ambas, dependiendo si se van a calcular perfiles supercríticos, subcríticos o mixtos respectivamente.

#### - Topografía

La topografía disponible para los efectos de este estudio proviene de un levantamiento topográfico especialmente efectuado con motivo de éste y cuyo sistema de referencia en relación con las cotas corresponde al mismo utilizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (Ver Figura 7-123).

Dentro de los perfiles levantados se incluyen todas las secciones del cauce en el área a explotar, aguas arriba y aguas abajo con sus respectivas riberas de inundación.

**Figura 7-123 Ubicación de batimetrías sobre el área a explotar**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

#### - Coeficientes de rugosidad

Las corrientes en estudio, en los tramos de interés, mantienen una sección transversal de similares características, en la que se distingue un cauce principal y riberas de inundación. El cauce principal está en general bien conformado, con secciones transversales relativamente regulares, con material de transporte en el lecho de gran tamaño y poca vegetación en su interior. Las riberas de inundación, por su parte, poseen más vegetación tipo matorral y se observan más irregulares.

Conforme a lo anterior, para todas las secciones transversales involucradas en el cálculo hidráulico se utilizarán los siguientes coeficientes de rugosidad:

##### Quebrada la Seca

- Cauce principal:  $n = 0.040$
- Riberas de inundación:  $n = 0.035$

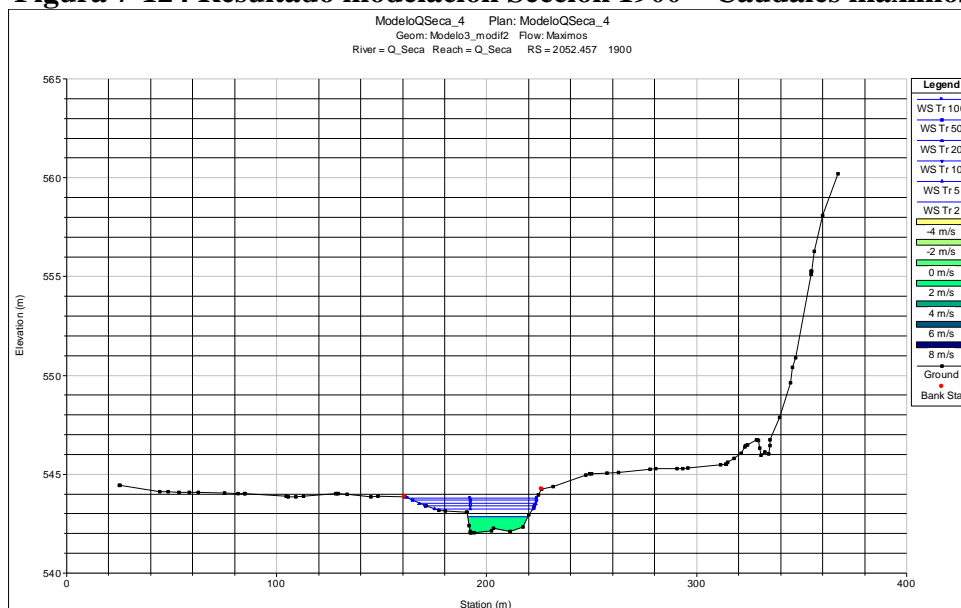
#### 7.7.2.4.1.2 Resultados del modelo Hec-Ras

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el escenario de caudal máximo, medio y mínimo.

#### 7.7.2.4.1.3 Caudales Máximos

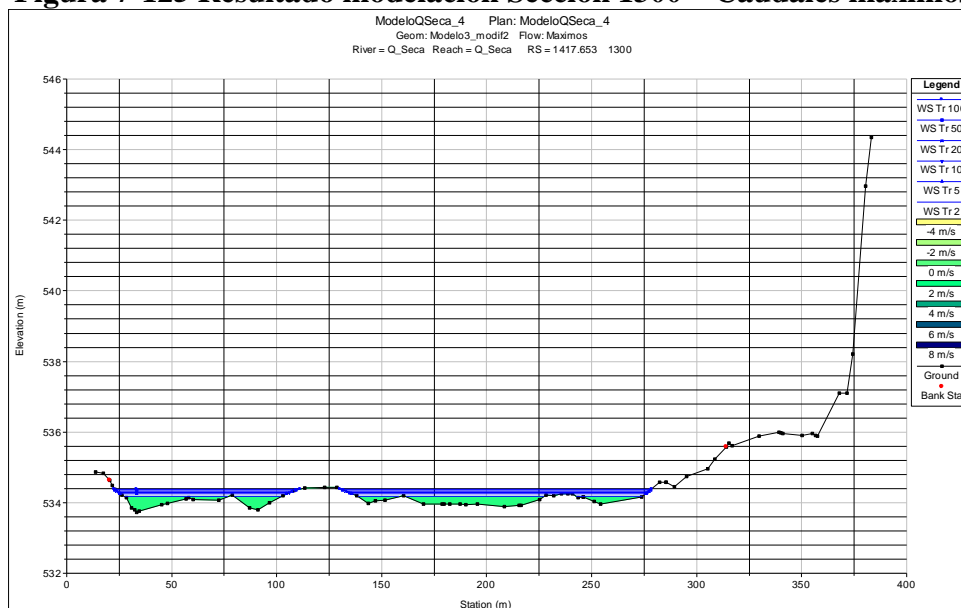
Teniendo en cuenta los caudales máximos calculados para diferentes periodos de retorno se obtienen alturas de lámina de agua para periodos de retorno de 100 años no mayores a 2.0m para en el tramo de la corriente del área a explotar (Ver Figura 7-124, Figura 7-125 y Figura 7-126).

**Figura 7-124 Resultado modelación Sección 1900 – Caudales máximos**



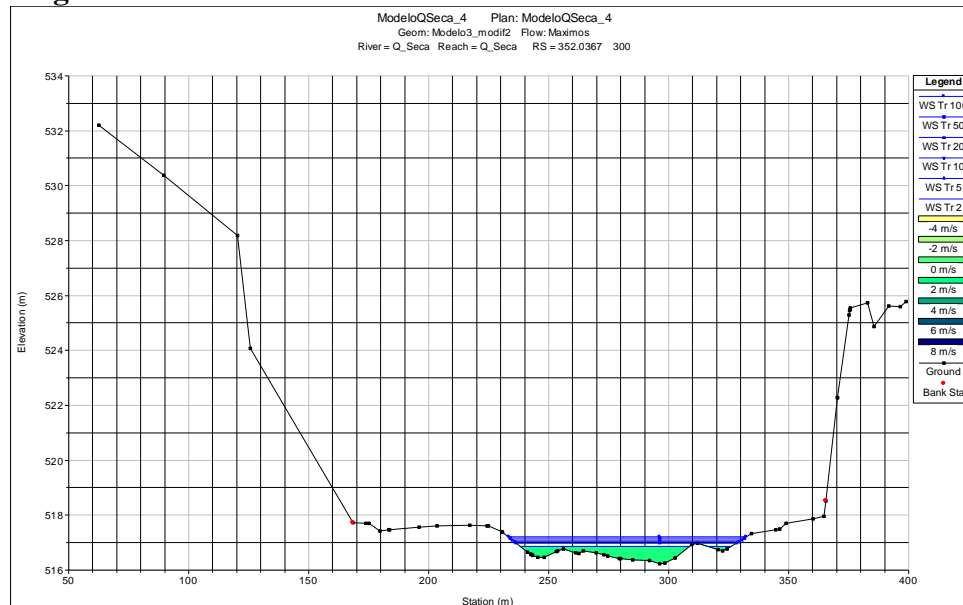
Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

**Figura 7-125 Resultado modelación Sección 1300 – Caudales máximos**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

**Figura 7-126 Resultado modelación Sección 300 – Caudales máximos**

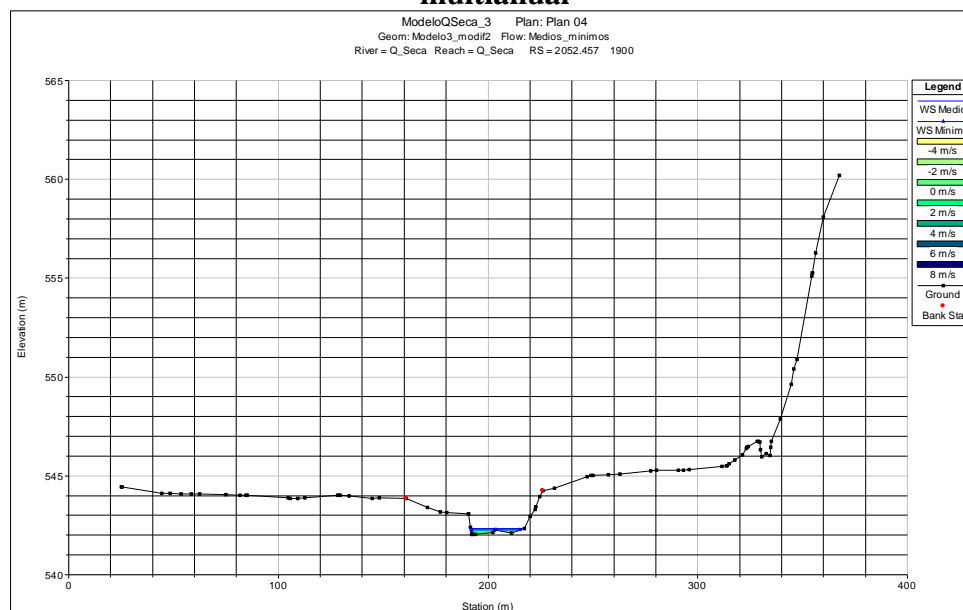


Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

#### 7.7.2.4.1.4 Caudal medio y mínimo

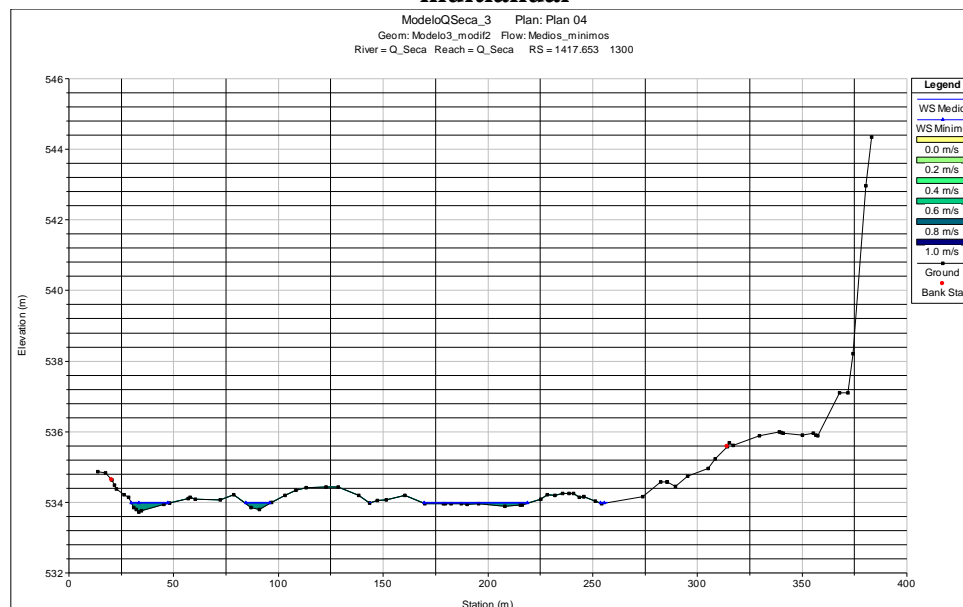
Teniendo en cuenta, los caudales medio y mínimo anuales calculados y las secciones de la topografía, de la modelación se obtienen alturas de lámina de agua de alrededor de 60 y 50 cm para cada uno de los caudales (Ver Figura 7-127, Figura 7-128 y Figura 7-129).

**Figura 7-127 Resultado modelación Sección 1900 – Caudales medio y mínimo multianual**



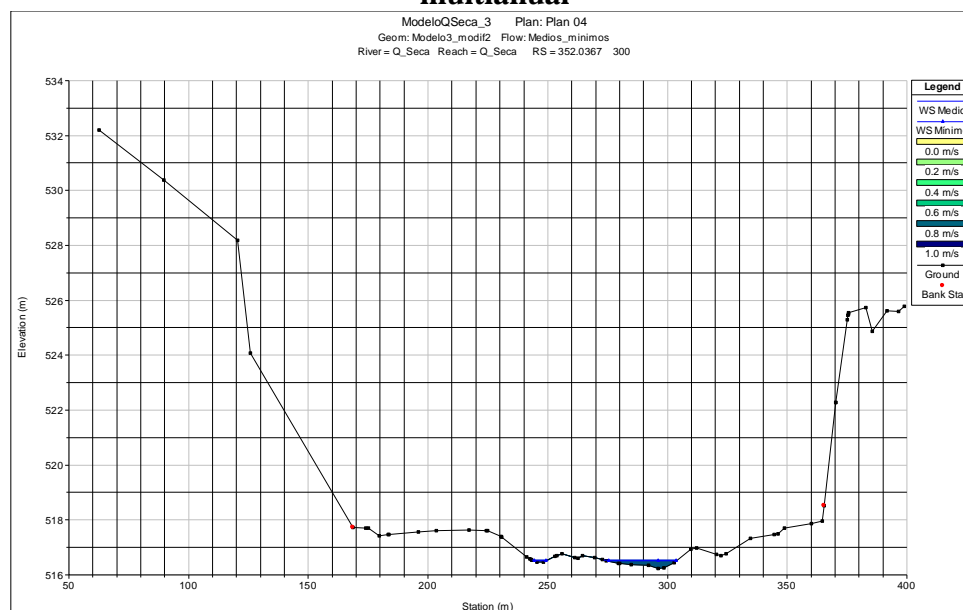
Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

**Figura 7-128 Resultado modelación Sección 1300 – Caudales medio y mínimo multianual**





Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

**Figura 7-129 Resultado modelación Sección 300 – Caudales medio y mínimo multianual**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.



	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.1</p>	

#### 7.7.2.4.2 Caracterización sedimentológica y capacidad de recarga

##### 7.7.2.4.2.1 Introducción

En relación con los sedimentos producidos por erosión superficial, que son los de principal interés en el análisis de fuentes de materiales aluviales, estos están asociados principalmente al fenómeno de destrucción del suelo por el impacto directo de las gotas de lluvia y el posterior transporte de las partículas por parte del escurrimiento superficial. Este es un proceso que muestra un cierto grado de continuidad temporal asociada a eventos hidrológicos ordinarios característicos de la cuenca.

Por su parte, los sedimentos producidos por remoción en masa (deslizamientos de laderas, colapso de márgenes, flujos de barro, flujos de detritos, etc.) se vinculan con eventos hidrológicos extremos y no presentan la continuidad temporal de los primeros. Cabe señalar que, tanto las mediciones sistemáticas de caudales sólidos, como así también las topobatimetrías que se hacen de los cauces, ambos contemplan en forma agregada los dos tipos de producción de sedimentos mencionados anteriormente.

Dentro de este aparte se efectuó el análisis de aspectos básicos relacionados con los procesos de movimiento de partículas dentro del cuerpo de agua, para el cauce de la quebrada la Seca en la zona de explotación propuesta, lugar donde se encuentra el lecho móvil de la corriente. Estos elementos son: Competencia, acorazamiento, régimen, relación ancho/profundidad, materiales del canal, parámetros del flujo y la capacidad del flujo y estabilidad.



**Competencia.** Es una medida de calificar la descarga de sedimentos de una corriente. La competencia se mide por el tamaño de los granos que la corriente sea capaz de mover. Cuando se inicia el arrastre, es decir, cuando la corriente adquiere una velocidad que se puede iniciar el movimiento de partículas, se dice que la corriente es competente.

**Acorazamiento del lecho.** Se observa en el lecho una capa de partículas gruesas, de tamaño aproximadamente uniforme, descansando sobre una capa gruesa de partículas de menor gradación, o posiblemente sobre un lecho inalterado.

**Régimen.** Se tienen muchos conceptos que son sinónimos de equilibrio, el más conocido es aquel que dice que un canal natural de lecho móvil y paredes en tierra está en régimen cuando ni socava el canal ni permite la depositación durante un período de tiempo hidrológico (crecida y sequías)<sup>22</sup>

**Relación Ancho/Profundidad.** Esta relación, evaluada para la banca llena, permite clasificar como ancho o angosto y es un parámetro para determinar el tipo de corriente según la metodología que propuso Rosgen (1994). El caudal de banca llena se define como aquel que modifica permanentemente el canal; también se define como el mayor caudal que ocurre durante varios días en el año y es con frecuencia relacionado como la descarga que es recurrente en un intervalo que varía de 1,0 a 2,0 años

<sup>22</sup> Posada, Lilian. 1.994

	<p style="text-align: center;">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p> <p style="text-align: center;">VERSIÓN 0.1</p>	
---	---	---

Este parámetro se convierte en el parámetro inicial de clasificación del cauce puesto que involucra de manera directa el estado de banca llena, que como ya se sabe es aquel estado que permanentemente está variando el cauce.

**Materiales del canal.** Los materiales que conforman la banca y el lecho del canal, no solo son críticos para el transporte de sedimentos sino que también pueden modificar la forma, la planta y perfil del río. Para la determinación de los materiales del lecho y de la banca, se utilizó un procedimiento llamado “conteo de piedras”, desarrollado por Wolman (1954), que se presenta como una distribución de frecuencia de los materiales que conforman el canal. Los datos del conteo de piedras se graficaron como un porcentaje acumulado. El tamaño de la partícula dominante se identificó en la curva de porcentaje como el tamaño medio de los materiales del canal o como el tamaño cuyo 50% de la población es igual; este valor se conoce como  $D_{50}$ , también se pueden establecer los valores de  $D_{15}$ ,  $D_{35}$ ,  $D_{65}$ ,  $D_{85}$ ,  $D_{90}$ .

**Parámetros de flujo.** Se realizaron aforos correspondientes a tres secciones, para determinar las características del flujo como la velocidad y el caudal; se realizó también el análisis del material del lecho mediante el “conteo de piedras” de Wolman (1954) antes descrito para así determinar los diámetros característicos y se realizaron medidas de los principales parámetros para la determinación de las características hidráulicas, para así poder llegar de manera más exacta a la caracterización de la quebrada La Seca.

**Capacidad del flujo y estabilidad.** Para el análisis de estas condiciones se utilizaron las secciones de aforos en los diferentes puntos de control que se tomaron para la determinación de los caudales. En la parte alta de la microcuenca de la quebrada La Seca se presentan efectos antrópicos, pues en esta zona se dan con alguna frecuencia tala de árboles, captación de aguas para fincas y uso doméstico, construcción de vías que afectan la condición de drenaje natural, los cuales redundan en un mayor aporte de sedimentos, puesto que el suelo se vuelve más vulnerable a la acción de la precipitación.

**Capacidad de flujo.** Entendido como el caudal que es capaz de transportar la quebrada en la sección de aforo para la topografía levantada sin que se presente inundación.

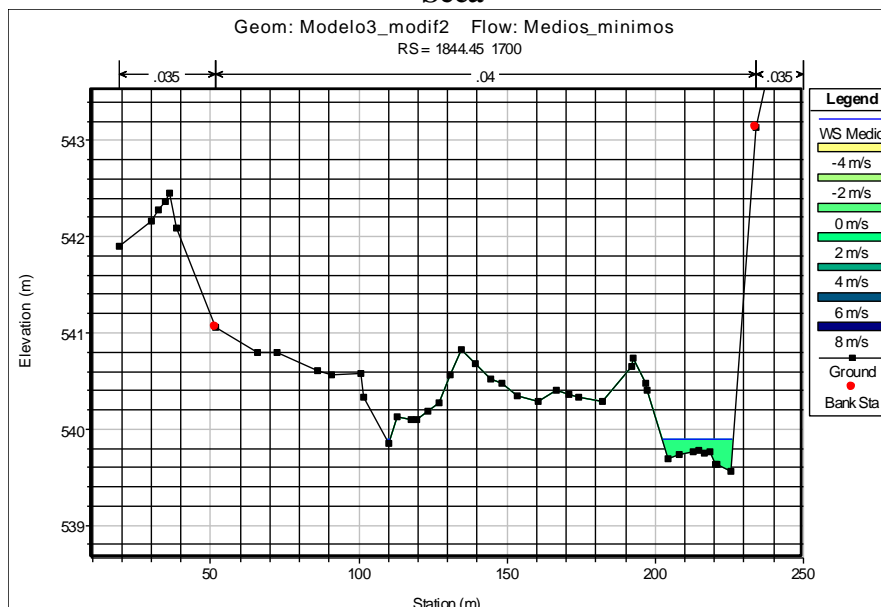
#### 7.7.2.4.2.2 Consideraciones hidráulicas

##### Sección típica en área de explotación del aluvión

La banca derecha es prácticamente vertical con incipiente socavación en la parte inferior del talud, además se muestra algunos movimientos de material rocoso de gran magnitud hacia aguas arriba y una pequeña barra en inmediaciones de la misma.

En la margen izquierda hay tendencia a la formación de barras de sedimentos, que son explotadas manualmente por habitantes de la zona. Hacia esta zona es factible la ocurrencia de la potencial llanura de inundación. La sección de topografía es la que se ilustra en la Figura 7-130.

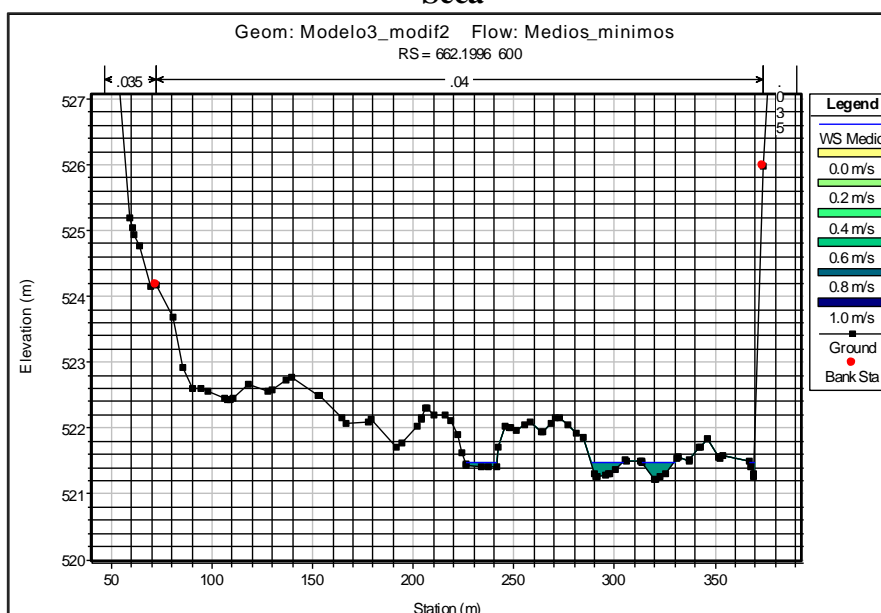
**Figura 7-130. Sección topográfica transversal en el sitio de aprovechamiento Q. Seca**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.



De la misma manera en la Figura 7-131 se muestra un detalle de otra de las secciones de la quebrada La Seca aguas debajo de la anterior, en el tramo de explotación.

**Figura 7-131. Sección topográfica transversal en el sitio de aprovechamiento Q. La Seca**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

En la Tabla 7-162 y la Tabla 7-163 se indican los resultados de la modelación hidráulica para eventos hidrológicos de la creciente anual y de caudal medio.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

**Tabla 7-162 Resultados del modelo hidráulico para creciente anual - quebrada la Seca**

Estación	Elevación min.	Nivel del agua	Se	H	Velocidad	Area	Ancho	F	Rh	Shear
	(m)	(m)	(m/m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)	(N/m2)
2052.457	542.041	542.32	0.022783	0.279	1.118	3.999	24.704	0.887	0.16	36.02
1945.232	540.63	541.054	0.007326	0.424	0.929	4.812	16.635	0.551	0.29	20.55
1844.45	539.56	539.889	0.020101	0.329	1.074	4.161	24.859	0.838	0.17	32.89
1740.488	537.968	538.385	0.01103	0.417	0.935	4.78	22.431	0.647	0.21	22.99
1630.203	535.945	536.505	0.02752	0.56	1.352	3.306	17.631	0.997	0.19	50.23
1528.24	534.701	535.036	0.00469	0.335	0.545	8.199	45.496	0.41	0.18	8.26
1417.653	533.732	533.989	0.027096	0.257	0.712	6.275	87.114	0.847	0.07	19.14
1317.135	531.483	531.929	0.0159	0.446	0.862	5.186	36.153	0.726	0.14	22.29
1214.535	529.783	530.185	0.018092	0.402	0.904	4.944	35.394	0.772	0.14	24.74
1104.506	528.075	528.464	0.013782	0.389	0.796	5.618	39.569	0.674	0.14	19.08
996.0832	526.415	526.701	0.019013	0.286	0.979	4.566	29.99	0.801	0.15	28.22
886.4474	524.358	524.911	0.014202	0.553	0.95	4.704	26.024	0.713	0.18	25.09
768.5508	522.747	523.065	0.017486	0.318	0.868	5.152	38.256	0.755	0.13	23.06
662.1996	521.213	521.486	0.012894	0.273	0.71	6.293	50.128	0.64	0.13	15.83
557.9844	519.722	520.021	0.015202	0.299	0.822	5.436	39.329	0.706	0.14	20.54
455.4139	518.021	518.288	0.018945	0.267	0.809	5.528	48.434	0.764	0.11	21.17
352.0367	516.231	516.544	0.015082	0.313	0.837	5.343	37.542	0.708	0.14	21.04
249.952	514.727	515.027	0.014717	0.3	0.773	5.782	44.919	0.688	0.13	18.57
142.9114	512.896	513.348	0.016504	0.452	0.884	5.054	34.945	0.742	0.14	23.39

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

**Tabla 7-163 Resultados del modelo hidráulico para caudal medio - quebrada la Seca**

Estación	Elevación min.	Nivel del agua	Se	H	Velocidad	Area	Ancho	F	Rh	Shear
	(m)	(m)	(m/m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)	(N/m2)
2052.457	542.041	542.842	0.011467	0.801	1.96	18.021	28.465	0.786	0.63	70.45
1945.232	540.63	541.669	0.0105	1.039	1.931	18.295	27.599	0.757	0.65	67.37
1844.45	539.56	540.354	0.018271	0.794	1.504	23.481	78.828	0.88	0.3	53.21
1740.488	537.968	538.846	0.011879	0.878	1.422	24.841	65.782	0.739	0.38	43.91
1630.203	535.945	536.97	0.024314	1.025	1.764	20.018	65.359	1.018	0.3	72.61
1528.24	534.701	535.426	0.006726	0.725	0.987	35.794	106.711	0.544	0.33	22.02
1417.653	533.732	534.173	0.022256	0.441	1.127	31.328	188.435	0.883	0.17	36.28
1317.135	531.483	532.279	0.016044	0.796	1.193	29.608	127.772	0.791	0.23	36.38
1214.535	529.783	530.498	0.01868	0.715	1.264	27.935	123.956	0.85	0.23	41.24
1104.506	528.075	528.802	0.013034	0.727	1.147	30.8	120.461	0.724	0.25	32.55
996.0832	526.415	527.103	0.018861	0.688	1.227	28.796	134.194	0.845	0.21	39.5
886.4474	524.358	525.358	0.013591	1	1.258	28.076	98.797	0.753	0.28	37.8

Estación	Elevación min. (m)	Nivel del agua (m)	Se (m/m)	H (m)	Velocidad (m/s)	Area (m2)	Ancho (m)	F	Rh (m)	Shear (N/m2)
768.5508	522.747	523.433	0.019263	0.686	1.467	24.079	87.237	0.891	0.27	51.93
662.1996	521.213	521.748	0.013588	0.535	1.242	28.427	101.773	0.75	0.28	37.1
557.9844	519.722	520.29	0.014635	0.568	1.139	31.016	133.974	0.755	0.23	33.16
455.4139	518.021	518.581	0.018211	0.56	1.4	25.228	94.091	0.863	0.27	47.74
352.0367	516.231	516.868	0.015155	0.637	1.409	25.072	80.905	0.808	0.31	46.03
249.952	514.727	515.337	0.015371	0.61	1.142	30.929	138.252	0.771	0.22	33.71
142.9114	512.896	513.614	0.016531	0.718	1.265	27.927	113.089	0.812	0.25	40.01

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

**Verificación del caudal de banca llena.** A partir de información batimétrica del cauce y modelamientos hidrológicos e hidráulicos de la quebrada, se obtuvieron los parámetros necesarios para el cálculo y estos datos son presentados en el Anexo Régimen sedimentológico contenido Anexo O. Demanda. Por la ecuación de continuidad se logró estimar el caudal a banca llena así:

$$Q_b = A_b * V_r$$

Dónde:

$Q_b$  = Caudal de banca llena,  $m^3/s$

$A_b$  = Área de la banca llena,  $m^2$

$V_r$  = Velocidad media del flujo,  $m/s$

De esta manera y de acuerdo con los registros del aforo de caudales (Anexo Régimen sedimentológico contenido Anexo O. Demanda) y la sección de topografía tomada para la sección No. 1, se tiene:

$$Q_b = 35,321 m^3/s$$

$$A_b = 26,82 m^2$$

$$V_r = 1,36 m/s$$

El caudal máximo que puede mantener la sección sin inundar se calcula de la siguiente manera:



- Cálculo de la rugosidad  $n$

Para la estimación de la rugosidad del lecho se emplean las ecuaciones de Strikler, Meyer-Peter-Muller o la ecuación de Bray, como sigue:

Ec. de Strikler:  $n = 0,03448 * D_{50}^{1/6}$

Ec. de Meyer-Peter-Muller:  $n = 0,038 * D_{50}^{1/6}$

Ec. de Bray:  $n = 0,0495 * D_{50}^{1/6}$

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

Donde  $D_{50} = 21$  mm se toma de la curva granulométrica del Anexo Régimen sedimentológico contenido Anexo O. Demanda.

De esta manera los valores encontrados son:

Ec. de Strikler:  $n = 0,0226$

Ec. de Meyer-Peter-Muller:  $n = 0,0249$

Ec. de Bray:  $n = 0,0282$

El valor medio de  $n$  será: 0.0253

- Cálculo de la pendiente de energía

A partir de la ecuación de Manning y con las características de la sección de análisis (Anexo Régimen sedimentológico de sedimentos contenido Anexo O. Demanda) y la sección de topobatimetría, se calcula la pendiente de la línea de energía,  $S_f$ , así:

$$S_f = ((Q_{af} \times n) / (A * R_h^{2/3}))^2$$

Donde,

$S_f$  = Pendiente de energía

$Q_{af}$  = Caudal estimado

$n$  = rugosidad de manning

$A$  = Area de la sección de análisis

$R_h$  = radio hidráulico = 0,30 m

Por lo tanto:

$$S_f = ((35,32 \times 0,081) / (26,825 * 0,305^{2/3}))^2$$

$$S_f = 0,0054$$

- Cálculo del caudal máximo

Se utilizó la ecuación de Manning para obtener el  $Q_{max}$  para la sección No. 1

$$Q_{max} = (1/n) * A * R_b^{2/3} * S_f^{1/2}$$

Por lo tanto:



Área de la sección máxima =  $26,84 \text{ m}^2$

Radio hidráulico = 0.304 m

Pendiente de la línea de energía = 0,0054

De esta manera:



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

$$Q_{\max} = (1/0,025) * 26.84 * 0,304^{2/3} * 0,0054^{1/2}$$

$$Q_{\max} = 35,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Estabilidad.** Para la sección objeto de análisis es necesario determinar la estabilidad mediante el procedimiento tradicional (Posada, Lilian 1990)

Determinación del esfuerzo de fricción real en la sección mediante la siguiente expresión:

$$\tau_o = \gamma * R * S_o$$

donde,

$\tau_o$  = esfuerzo de fricción

$\gamma$  = peso específico del agua

R = Radio hidráulico de la sección

$S_o$  = Pendiente del lecho

A partir del Diagrama de Lane para el tamaño medio del sedimento, se determina el esfuerzo crítico en el lecho.

$$\tau_o = 1.000 \text{ kg/m}^3 * 0,3047 \text{ m} * 0,0054$$

$$\tau_o = 1,65 \text{ kg/m}^2$$

$$\tau_o = 16,2 \text{ N/m}^2$$

Se determinó el ángulo de reposo del material de las bancas para material aluvial angular y tamaño de partículas de 30 mm (Diagrama de Lane)

$$\tau_c = 23 \text{ N/m}^2$$

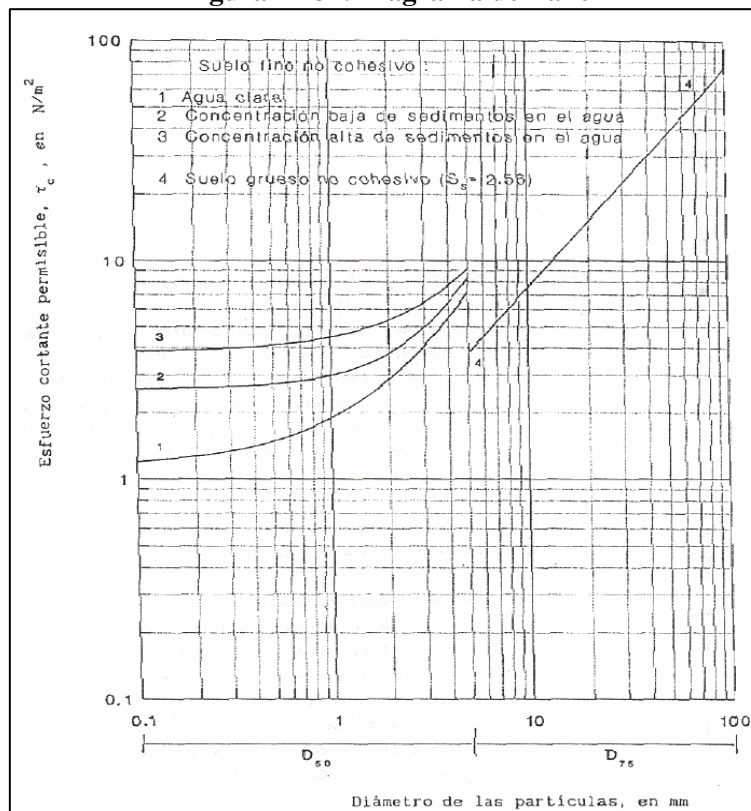
$$\phi = 23^\circ$$

Se seleccionó un valor de Z que corresponde con la pendiente del Diagrama de Simmonds (1977).

$$Z = 2.0$$

$$\theta = \tan^{-1}(1/Z) = 26.6^\circ$$

**Figura 7-132. Diagrama de Lane**



Se calculó el coeficiente K propuesto por Lane (1953) a partir de la siguiente expresión:

$$(\tau_s/\tau_b)_{\text{crítico}} = K = \cos \theta (1 - \tan 2\theta / \tan 2\theta)^{1/2}$$

$$K = 1,907$$

El cálculo del esfuerzo en las bancas  $\tau_s$ , se realizó a partir de K



$$\tau_s = K * 39,12 = 74,64 \text{ kg/m}^2$$

Siendo B = 39,12 m

Como  $\tau_s$  es mayor que  $\tau_c$ , la sección es inestable.

#### 7.7.2.4.2.3 Transporte de sedimentos

La carga de sedimentos  $L_t$ , se define como la cantidad de sedimentos que pasan por una determinada sección de un canal o corriente en un período de tiempo dado. Se expresa en unidades de peso (normalmente en toneladas por día) o en unidades de volumen ( $\text{m}^3/\text{s}$ ). La tasa a la que se mueven estos sedimentos es lo que se conoce como descarga de sedimentos,  $Q_t = L_t/t$ .

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

La carga total de sedimentos (y por consiguiente descarga total) se puede clasificar de diversas maneras según sea el modo de transporte, según el origen de los sedimentos o según el tipo de mediciones que se realicen.

Según el método de transporte de los sedimentos, la capa total de sedimentos  $L_t$ , se puede separar en dos partes: la carga de contacto o del lecho que es aquellas que se mueve en contacto permanente con el lecho, y la carga en suspensión que corresponde a la parte de la carga que viaja en el flujo sostenida por las fuerzas de sustentación hidrodinámicas.

Según el orden de los sedimentos, la carga total de sedimentos  $L_t$ , se puede separar en dos partes, la carga de lavado  $L_w$ , que es aquella que viaja en la parte más superficial del flujo, y la carga de material del lecho  $L_{bm}$ , que la constituyen las partículas que vienen del lecho y del fondo del canal y se compone de las partículas presentes en apreciable cantidad en el lecho. La carga del material del lecho contiene así una parte de la carga de sedimentos en suspensión y toda la carga de contacto.

Las variables empleadas en el cálculo del transporte de sedimentos, son las siguientes:

$Q_{bv}$  = Descarga Total de sedimentos  
 $q_{bv}$  = Descarga unitaria de sedimentos del lecho  
 $B$  = Ancho de la sección  
 $V$  = Velocidad media  
 $R$  = Radio hidráulico  
 $G$  = Gravedad específica = 2.77  
 $g$  = Aceleración de la gravedad  
 $D$  = Diámetro de la partícula  
 $\nu$  = Viscosidad cinemática

Según lo anterior, para la Sección de análisis se tiene:

#### Cálculo de la velocidad de caída

Según la fórmula de Rubey (1938) y la de Van Rijn (1984) quienes determinaron valores de  $w$  para diferentes tamaños de partículas para  $D \geq 1\text{mm}$



$$w = 1,1 * ((G - 1) * g * D)^{1/2}$$

Para la Sección de análisis el valor de  $D_{50}$  es 21 mm.

$$w = 0,79 \text{ m/s}$$

#### Cálculo del esfuerzo adimensional de fricción

$$\theta = \gamma * R * S / (\gamma_s - \gamma) * D_s = R * S / (G - 1) * D_s$$

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p> <p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p> <p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	
---	---	---

Para la sección de análisis:

$$S = 0,0054 \text{ m/m}$$

$$R = 0,3047 \text{ para } Tr = 2,33 \text{ años}$$

$$(G-1) = 1,77$$

$$D_s = 21 \text{ mm} = 0,021 \text{ m}$$

$$\theta = 0,09667$$

Mediante el método de Einstein-Brown (1942-1950)

$$q_{bv} = 2,15 * w * D * e^{(-0.391/\theta)}$$

$$q_{bv} = 0,000896784 \text{ ton/m-s}$$

$$Q_{bv} = q_{bv} * B$$

$$B = 39,12 \text{ m}$$

$$Q_{bv} = 0,035084 \text{ ton/s} * 86.400 \text{ s/día}$$

$$Q_{bv} = 3.031,3 \text{ Ton/día}$$

Mediante el método de Engelund-Hansen

$$f' \phi = 0.1 \theta^{(5/2)}$$

$$f' = 2 * g * S * D / (V^2)$$

y

$$\phi = qt(\phi_s - \phi) / \phi g * d^3)^{(-1/2)}$$

$$\theta = \tau / (\phi_s - \phi) * d$$

Dónde:

$g$  = Aceleración de la gravedad.

$S$  = Pendiente de energía.

$V$  = Velocidad media del flujo.

$qt$  = Descarga total de sedimentos en pero y por unidad de ancho.

$\phi_s$  = Peso específico del sedimento. (kg/m<sup>3</sup>, lb/ft<sup>3</sup>)

$\phi$  = Peso específico del agua. (kg/m<sup>3</sup>, lb/ft<sup>3</sup>)

$d$  = Diámetro media de las partículas.

$\tau$  = Esfuerzo cortante a lo largo del fondo.

La ecuación se aplica a flujos con formas de fondo de dunas, de acuerdo con el principio de similitud. Sin embargo, Engelund y Hansen encontraron que la fórmula puede aplicarse al fondo con presencia de dunas y régimen de flujo superior, con tamaños de partículas mayores que 0.15 mm, sin que exista una imprecisión seria en la teoría. En la Tabla 7-164 y la Tabla 7-165 se muestran los resultados del cálculo de la capacidad de transporte de sedimentos de la quebrada La Seca.

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

De la misma manera en la Figura 7-133 y la Figura 7-134 se presentan la relación de caudal sólido vs caudal líquido en la corriente para los dos métodos considerados.

**Tabla 7-164 Cálculo del transporte sólido total, Método de Engelund & Hansen**

H	A	P	R	V	Q	$\tau^*$	C*	qs*	qs	Qs	CsT
m	m <sup>2</sup>	m	m	m/s	m <sup>3</sup> /s	N/m <sup>2</sup>				-	Ton/d
0.1	4	40.2	0.1	0.32	1.28	0.1507613	7.2446359	0.0231594	2.11E-06	8.43E-05	331.6
0.1	4	40.2	0.1	0.32	1.28	0.1507613	7.2446359	0.0231594	2.11E-06	8.43E-05	331.6
0.2	8	40.4	0.2	0.51	4.05	0.30003	8.1251056	0.162757	1.48E-05	0.0005927	736.5
0.3	12	40.6	0.3	0.66	7.94	0.447828	8.6860057	0.5062773	4.61E-05	0.0018436	1169.4
0.4	16	40.8	0.39	0.8	12.78	0.5941771	9.1051592	1.1280668	0.00010269	0.0041078	1618.5
0.5	20	41	0.49	0.92	18.48	0.7390983	9.4424624	2.0936113	0.00019059	0.0076237	2077.7
0.6	24	41.2	0.58	1.04	24.95	0.8826125	9.7259025	3.461426	0.00031511	0.0126045	2543.2
0.7	28	41.4	0.68	1.15	32.16	1.0247402	9.970965	5.2841942	0.00048105	0.019242	3012.5
0.8	32	41.6	0.77	1.25	40.05	1.1655012	10.187173	7.6095531	0.00069274	0.0277096	3483.8
0.9	36	41.8	0.86	1.35	48.58	1.3049152	10.380827	10.480683	0.00095412	0.0381646	3955.6
1	40	42	0.95	1.44	57.72	1.4430014	10.556324	13.936775	0.00126874	0.0507497	4427.0
1.1	44	42.2	1.04	1.53	67.44	1.5797788	10.716861	18.013411	0.00163986	0.0655945	4897.0
1.2	48	42.4	1.13	1.62	77.72	1.7152659	10.864843	22.742885	0.00207041	0.0828165	5364.9
1.3	52	42.6	1.22	1.7	88.54	1.8494807	11.002124	28.154485	0.00256306	0.1025225	5830.3
1.4	56	42.8	1.31	1.78	99.86	1.9824412	11.130165	34.27473	0.00312022	0.1248089	6292.7
1.5	60	43	1.4	1.86	111.69	2.1141649	11.250143	41.127587	0.00374408	0.1497631	6751.6
1.6	64	43.2	1.48	1.94	123.99	2.2446689	11.363016	48.734662	0.00443659	0.1774637	7206.7
1.7	68	43.4	1.57	2.01	136.75	2.3739701	11.469578	57.115371	0.00519953	0.2079814	7657.9
1.8	72	43.6	1.65	2.08	149.95	2.5020851	11.570494	66.287097	0.00603449	0.2413795	8104.8
1.9	76	43.8	1.74	2.15	163.59	2.62903	11.666327	76.265335	0.00694286	0.2777146	8547.3
2	80	44	1.82	2.22	177.65	2.7548209	11.757558	87.063815	0.00792591	0.3170364	8985.3

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

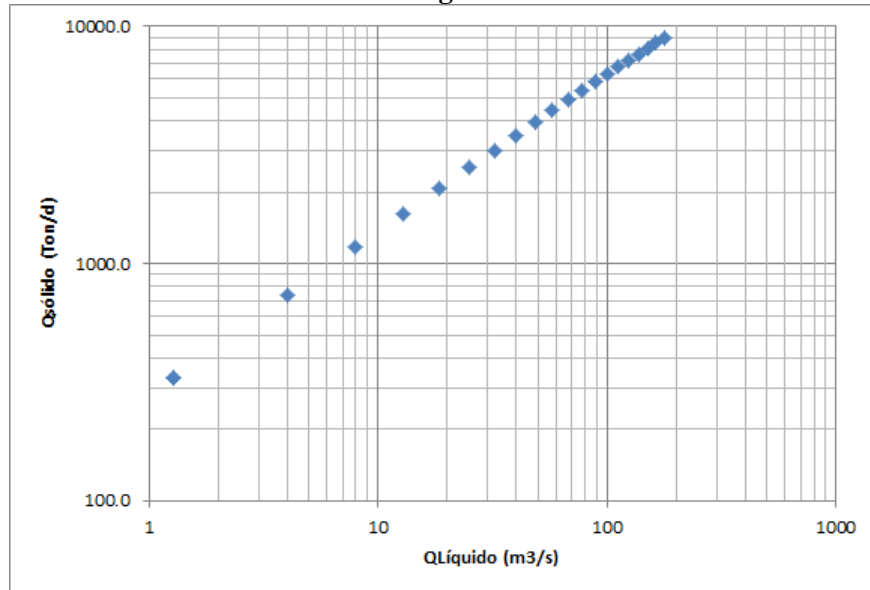


**Tabla 7-165 Cálculo del transporte sólido total, Método de Einstein-Brown**

h	A	P	R	V	Q	$\tau^*$	C*	qs*	qs	Qs	CsT
m	m <sup>2</sup>	m	m	m/s	m <sup>3</sup> /s	N/m <sup>2</sup>				-	Ton/d
0.1	4	40.2	0.1	0.32	1.28	0.1507613	7.2446359	0.0116395	1.06E-06	4.24E-05	219.31
0.1	4	40.2	0.1	0.32	1.28	0.1507613	7.2446359	0.0116395	1.06E-06	4.24E-05	219.31
0.2	8	40.4	0.2	0.51	4.05	0.30003	8.1251056	0.110907	1.01E-05	0.0004039	660.38
0.3	12	40.6	0.3	0.66	7.94	0.447828	8.6860057	0.3740902	3.41E-05	0.0013622	1136.99
0.4	16	40.8	0.39	0.8	12.78	0.5941771	9.1051592	0.8612562	7.84E-05	0.0031362	1625.93
0.5	20	41	0.49	0.92	18.48	0.7390983	9.4424624	1.6232823	0.00014778	0.0059111	2119.65
0.6	24	41.2	0.58	1.04	24.95	0.8826125	9.7259025	2.7046301	0.00024622	0.0098487	2614.67
0.7	28	41.4	0.68	1.15	32.16	1.0247402	9.970965	4.1448466	0.00037733	0.0150932	3109.15
0.8	32	41.6	0.77	1.25	40.05	1.1655012	10.187173	5.9795088	0.00054435	0.0217739	3601.98
0.9	36	41.8	0.86	1.35	48.58	1.3049152	10.380827	8.2408732	0.00075021	0.0300085	4092.45
1	40	42	0.95	1.44	57.72	1.4430014	10.556324	10.958351	0.0009976	0.039904	4580.10
1.1	44	42.2	1.04	1.53	67.44	1.5797788	10.716861	14.158871	0.00128896	0.0515585	5064.61
1.2	48	42.4	1.13	1.62	77.72	1.7152659	10.864843	17.86717	0.00162655	0.065062	5545.76
1.3	52	42.6	1.22	1.7	88.54	1.8494807	11.002124	22.106022	0.00201244	0.0804974	6023.40
1.4	56	42.8	1.31	1.78	99.86	1.9824412	11.130165	26.896435	0.00244853	0.0979414	6497.42
1.5	60	43	1.4	1.86	111.69	2.1141649	11.250143	32.257815	0.00293661	0.1174644	6967.74
1.6	64	43.2	1.48	1.94	123.99	2.2446689	11.363016	38.208104	0.0034783	0.139132	7434.33
1.7	68	43.4	1.57	2.01	136.75	2.3739701	11.469578	44.763903	0.00407511	0.1630044	7897.14
1.8	72	43.6	1.65	2.08	149.95	2.5020851	11.570494	51.940579	0.00472844	0.1891378	8356.17
1.9	76	43.8	1.74	2.15	163.59	2.62903	11.666327	59.752356	0.00543959	0.2175838	8811.41
2	80	44	1.82	2.22	177.65	2.7548209	11.757558	68.2124	0.00620976	0.2483904	9262.87

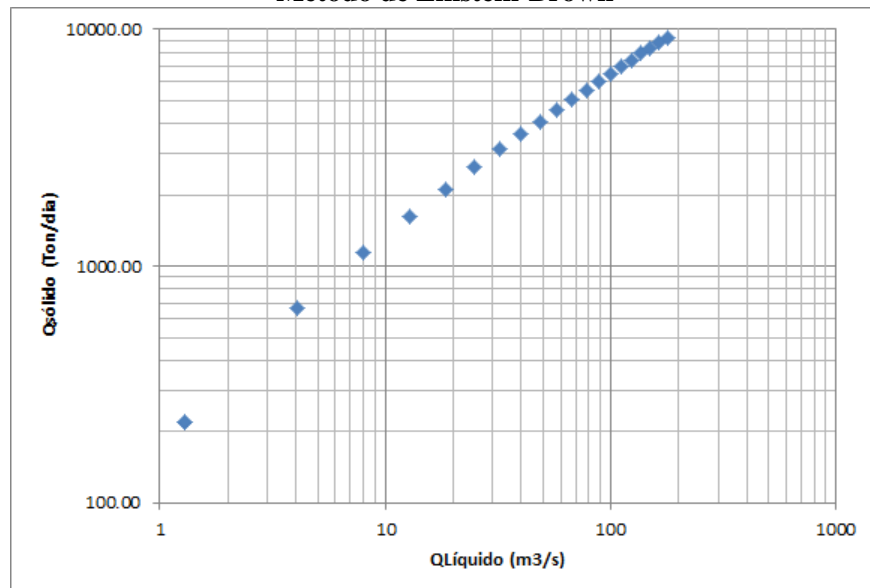
Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

**Figura 7-133. Relación de caudal líquido (Ql) y el caudal sólido (Qs) en la quebrada La Seca – Método de Engelund-Hansen**





Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

**Figura 7-134. Relación de caudal líquido (Ql) y el caudal sólido (Qs) en la quebrada La Seca – Método de Einstein-Brown**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

#### 7.7.2.4.2.4 Características del aluvión de explotación<sup>23</sup> y capacidad de recarga del área a explotar

La planicie de inundación del área de Concesión corresponde al cauce de la Quebrada La Sucia en el sector donde se llama Quebrada Seca, esté compuesta por gravas gruesas y cascajo depositadas en periodos energéticos altos y arenas. El material se ha acumulado allí en esta fuente con renovación continua, formado por el cambio en la pendiente de aguas arriba, que forma una gran vega de depositación de material de arrastre. La variación topográfica se encuentra entre la cota 544 m.s.n.m. hasta los 516 m.s.n.m., lo que no se traduce en una diferencia de altura para explotación, pues ese desnivel forma parte de la topografía general del tramo.



Este depósito tiene 1.972 metros de longitud, 344 metros de ancho, con profundidad explotable que en algunos sitios es mayor a 3.0 m, razón por la cual el descenso de excavación no superará esta magnitud.

La cantidad de material estimado sobre esta área de la quebrada corresponde aproximadamente a 2'000.000 m<sup>3</sup> del material. La existencia del mineral es continua en el depósito, lo que garantiza condiciones para desarrollar un buen método de explotación por capas del mineral, para no causar socavamiento del cauce, o crear áreas sujetas a inundación.

La explotación consta de varias etapas, una primera con una extracción de 100.000 m<sup>3</sup> en el primer año, 300.000 m<sup>3</sup> para el segundo año, en el año 3, 4 y 5 un total de 200.000 m<sup>3</sup>, para el desarrollo del proyecto vial, luego de esta etapa se adapta la explotación a las necesidades, y con el sondeo establecido se estima en 200.000 m<sup>3</sup>/anuales durante el resto de los 10 años; del contrato de concesión. Este valor de explotación corresponde a un volumen de 822 m<sup>3</sup>/d que significa un peso de 2277 T/d, tomando un valor de 2,77 ton/m<sup>3</sup> reportando por los análisis de laboratorio (Anexo Régimen sedimentológico de sedimentos contenido Anexo O. Demanda)

Los resultados de la simulación del proceso de transporte de sedimentos en la zona de explotación de la quebrada La Seca indican que el valor esperado de aporte en el tramo de análisis es de 3031Ton/d (1094 m<sup>3</sup>/d), lo cual significa que la cuenca tiene una mayor capacidad de aporte comparado con la cantidad que se explotaría diariamente en el sitio. Esta situación a priori permite concluir que no se esperan alteraciones en el régimen hidrosedimentológico de la quebrada que conlleven a procesos de desequilibrio tanto hacia aguas arriba como aguas debajo de la zona.

<sup>23</sup> DEVIMAR. CONSORCIO MAR 1. PROGRAMA DE TRABAJOS Y OBRAS DE EXPLOTACIÓN DE MATERIALES PARA LA QUEBRADA LA SECA EN EL MUNICIPIO DE SOPETRÁN. COD. CMAR1-01-16 11-05-2016.

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

### **7.7.3 Tipos y cantidades de materiales disponibles y reservas probables. Áreas a explotar y lo volúmenes a extraer**

Dadas las características generales de los materiales de construcción, para identificar los materiales se hará muestreo y análisis de calidad para establecer los niveles de arenas y gravas. Para las arenas, conglomerado y materiales de construcción se seguirán las Normas ICONTEC y ASTM establecidas para el caso, se incluyen los respectivos ensayos a los materiales para resistencia, abrasividad, etc. Se tomarán diversas muestras a lo largo del cauce, para ello se hacen unas calicatas de 1 metro de profundidad por 1 m de ancho máximo, de allí se toma la secuencia estratigráfica del material y la muestra para análisis granulométrico, límite de consistencia, equivalente de arena, desgaste-abrasión, plasticidad y la compactación.

Las actividades geotécnicas, hidrológicas e hidrogeológicas para este proyecto en parte se han cubierto con la información obtenida en la primera etapa, por lo que no se considera necesario hacer un estudio exhaustivo de estas características para el proyecto, dada la simplicidad de los materiales de construcción en este sector y las variables mineras y ambientales fundamentales en la actividad exploratoria

#### **- CARACTERIZACIÓN DE LAS RESERVAS**

La planicie de inundación del área de Concesión corresponde al cauce de la Quebrada La Sucia en el sector donde se llama Quebrada Seca, esté compuesta por gravas gruesas y cascajo depositadas en periodos energéticos altos y arenas, el material se ha acumulado allí en esta fuente con renovación continua porque viene en desnivel la altura de la terraza formada por la vega y el cauce en el área del Contrato. Va desde aproximadamente la cota 544 m.s.n.m. hasta los 516 m.s.n.m., unos 28 metros de diferencia de cotas en el área del contrato, lo que no se traduce en una diferencia de altura para explotación, pues ese desnivel forma parte de la topografía alrededor también, lo que sí se puede extraer material hasta unos 2 metros de profundidad.

Este depósito tiene 1.972 metros de longitud, 344 metros de ancho y también en profundidad extraíble en algunos sectores a veces más de tres metros, pero solo se llegará hasta los 3 metros de profundidad.

Esta cantidad de material calculado sobre esta área de río corresponde aproximadamente a 2'000.000 m<sup>3</sup> del material. Como se puede apreciar la topografía es en desnivel. La existencia del mineral es continua en el depósito, lo que garantiza condiciones para desarrollar un buen método de explotación por capas del mineral, para no causar socavamiento del cauce, o crear un problema de inundación como el que dejaron los antiguos explotadores en este sector.

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

A lo largo de todo el recorrido, no se han observado variaciones en la calidad del material, salvo un pequeño decrecimiento progresivo del tamaño de grano de las fracciones grava y bolo.

#### - MUESTREO Y ANÁLISIS DEL MUESTREO

En este yacimiento se han tomado un total de tres muestras. Dos corresponden a material en su estado natural, y una tercera lo es a material triturado en la gravera de San Nicolás (fuente de explotación cercana al proyecto).

Las muestras de material natural corresponden una al nivel de terraza y otra al aluvial actual, se han identificado como Préstamo Salvador (terrazza y aluvión respectivamente). La tercera, procedente del acopio de la gravera lo ha sido como San Nicolás. Los ensayos de laboratorio obtenidos en estas muestras se indican en el cuadro siguiente

**Tabla 7-166 Resultado de laboratorio, préstamo El Gaitero**



ENSAYO		EL GAITERO		SAN NICOLÁS
		Salvador terraza	Salvador aluvión	árido
GRANULOMETRIA%P ASATAMICESEN''	3	100	84	
	2	81	68	
	1	56	56	
	3/4	46	46	
	1/2	38	36	
	3/8	34	29	
	Nº4	26	26	
	Nº8	20	19	
	Nº10	19	13	
	Nº16	16	11	
	Nº30	10	9	
	Nº40	9	7	
	Nº100	5	4	
	Nº 200	2	2	
PLASTICIDAD	LL	-	-	
	IP	0	0	
DENSIDAD SECA KN/M3		27.14	27.23	
DENSIDAD SSS KN/M3		27.35	27.43	
ABSORCION %		0,76	0,74	
MATERIA ORANICA		1.9	1.6	
LIMPIEZA %		0.37	0.43	
TERRONES DE ARCILLA %		0.13	0.28	
EQUIVALENTE ARENA		66	45	
SOLIDEZ SO4Na/SO4Mg %		0.4	0.5	
INDICE APLANAMIENTO %		19.3	22.4	
INDICE ALARGAMIENTO %		37.1	37.3	
DESGASTE LOS ANGELES		17	16	
MICRODEVAL %				
CBR				

Fuente: Consorcio MAR 1

De estos ensayos, cabe deducirse:

- Los ensayos de resistencia a la fragmentación arrojan resultados bajos (16 y 17) para el coeficiente de Desgaste Los Ángeles.
- Se trata de un material suelo granular de granulometría muy gruesa o gruesa.
- Los elementos minerales del suelo son duros, compactos y tenaces.



 Agencia Nacional de Infraestructura	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>		 <b>Devimar</b>
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>		
	<b>VERSIÓN 0.1</b>		

- Por lo tanto, se trata de un material apto para la obtención, por trituración y mediante tratamiento de lavado, árido para el amasado de concretos.



Por otro lado, este yacimiento se considera apto para la obtención de áridos para amasados de concreto.

**Tabla 7-167 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Triturados para concreto**

ENSAYO		RESULTADO OBTENIDO		ESPECIFICACIONES CONCRETO
PLASTICIDAD	LL	-		-
	IP	0		0
DENSIDAD SECA KN/M3		27.14 –27.23		23.0 – 28.0
DENSIDAD SSS KN/M3		27.35 –27.43		23.0 – 28.0
ABSORCION %		0.7 –0.8		<5
DURABILIDAD EN SO4Mg %		0.4 a0.5		≤15
MATERIA ORGANICA (COLOR)				3
% PARTICULAS LIVIANAS		0.4		<0.5- <1.0
% CARBONES Y LIGNITOS				<0.5
EQUIVALENTE ARENA		31		<80
REACTIVIDAD	SC m mol/l			NTC 174 INOCUO
POTECIAL	RC m mol/l			
DESGASTE LOS ANGELES		17 - 16		

Fuente: Consorcio MAR 1

En cuanto su aptitud como fuente de suministrar de material para afirmado, en el cuadro siguiente se compara las propiedades del material con las especificaciones contenidas en los artículos 311 y 320.

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

**Tabla 7-168 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Subbase y base granular**

ENSAYO		OBTENID q <sub>4/75</sub>	ESPECIFICACIONES							
			AFIRMADO (311)		SUBBASE (320)			BASE (330)		
					C/NT1	B/NT2	A/NT3	C	B	A
			A38	A25	SBG-50		SBG-38		G gruesa	
						BG40	BG27	BG38	BG25	
4GRANULOMETRIA 1. ASUMIENDO EN %	3	84/100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	68/81	100	100	100	100	100	100	100	100
	1	56/56	100	100	60-90	75-95	75-100	100	70-100	100
	3/4	46/46	80-100	90-100			65-90	75-100	60-90	70-100
	1/2	36/38			45-75	55-85				
	3/8	29/34	60-85	65-90	40-70	45-75	45-68	52-78	45-75	50-80
	Nº4	26/26	40-65	45-70	25-55	30-60	30-60	35-59	30-60	35-65
	Nº8	19/20								
	Nº10	13/19	30-50	35-55	15-40	20-45	15-32	20-40	20-45	20-45
	Nº16	11/16								
	Nº30	9/10								
	Nº40	7/9	13-30	15-35	6-25	8-30	7-20	8-22	10-30	10-30
	Nº100	4/5								
PLASTICIDAD	Nº 200	2/2	9-18	10-20	2-15	2-15	0-9	0-9	5-15	5-15
	L	-	<40		<25	<25	<25	<25	-	-
	I P	0	4-9		<6	<6	<6	3	0	0
MATERIA ORANICA		1.6/1.9								
TERRONES DE ARCILLA %		<1	2		2	2	2	2	2	2
EQUIVALENTE ARENA		45/66			25	25	25	30	30	30
AZUL DE METILENO								<10	<10	<10
SOLIDEZ SO <sub>4</sub> Na/SO <sub>4</sub> Mg %		0.4/0.5	12 Na/18 Mg							
CARAS FRACTURA %	1	-	-	-	-	-	50	70	100	
	2	-	-	-	-	-	-	50	70	
ANGULARIDAD f. FINA							-	35	35	
INDICE APLANAMIENTO %		22/19					35	35	35	
INDICE ALARGAMIENTO %		37					35	35	35	
DESGASTE LOS ANGELES		16/17	<50		<50	<50	<50	40	40	35
MICRODEVAL %					<35	<30	-	30	25	
RESISTENCIA	Seco KN						-	70	90	
MECÁNICA (10% FINOS)	Relación S/H (%)						-	75	75	
CBR			≥15		30	30	40	>80	>80	>95

Fuente: Consorcio MAR 1

Según las especificaciones de los artículos 311 y 320, la calidad del material en su estado natural es satisfactoria para su empleo en capas de afirmado y subbase. Sin embargo, no cumple las especificaciones granulométricas requeridas, presentando un claro exceso en material grueso más patente en la muestra correspondiente a los materiales aluviales.

Se ha reconocido un alto valor en el resultado de contenido en materia orgánica (1.9 máximo <2 %).

Por lo tanto, si se quiere aprovechar este material para su empleo en capas de afirmado y subbase, deberá realizarse al menos un tratamiento de cribado. En el cuadro siguiente se simula criados por los tamices 1” y 2”.

**Tabla 7-169 . Resultados de laboratorio. El Gaitero. Subbase y base granular**

TIPO	GRANULOMETRÍA								
	2”	1”	3/4”	1/2”	3/8”	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
ALUVI ON	CRIBADO 1”		82	64	52	46	23	13	4
TERR AZA			82	68	61	46	34	16	4
A-38	100	100	80-100		60-85	40-65	30-50	13-30	9-18
A-25	100	100	90-100		65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
ALUVI ON	CRIBA DO 2”	82	68	67	43	38	19	10	3
TERR AZA		67	57	47	42	32	23	11	3
SBG- 50	100	60-90		45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG- 38	100	75-95		55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15

Fuente: Consorcio MAR 1



De este cuadro cabe deducir que:

- El suelo caracterizado como terraza satisface las condiciones granulométricas para afirmado A38, salvo por un defecto en finos del 5%.
- Los suelos caracterizados como aluvión y terraza satisfacen las exigencias granulométricas exigidas a un suelo para subbase SBG-50.
- El suelo designado como aluvión entra en el huso SBG-38 salvo en el tamiz 3/8”.

Y por lo tanto, pueden considerarse como aptos para suelos para afirmado y subbase granular.

En cuanto a su capacidad para ser empleado en capas de base, dado que se trata de un material obtenido necesariamente por triturado, cumple las especificaciones de calidad del árido según las prescripciones del artículo 330, y se considera apto para este fin.

Al igual que lo indicado para capas de afirmado y subbase granular, la calidad de material satisface las especificaciones del artículo 350 para su empleo en capas de suelo cemento, si bien, se ha detectado exceso en materia orgánica.

 <b>ANI</b> Agencia Nacional de Infraestructura	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	 <b>Devimar</b>
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

**Tabla 7-170 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Suelo cemento**

ENSAYO		OBTENIDO	ESPECIFICACIONES			
			AFIRMADO (311)			
			SC-D	DURABILIDAD		
			SC-R	DURABILIDAD Y RESISTENCIA		
			TIPO-A		TIPO B	
			A-50	A-25	B-50-1	B-50-2
PLASTICIDAD	LL	-	<30		<35	
	IP	0	<12		<15	
MATERIA ORGANICA %		1.6 – 1.9	1.0			
SO4 COMBINADO %		0.4 - 0.5	0.5			
REACTIVIDAD ALCALINA			E234. SiO2≤R SI R≥70, SiO2≤35+0.5R SI R<70			

Fuente: Consorcio MAR 1

Sus propiedades granulométricas exceden los contenidos en materia grueso contenidos en la norma. El cuadro siguiente simula una criba para tamaños 1” y 2”.

**Tabla 7-171 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Suelo cemento**



TIPO	Granulometría								
	2”	1”	3/4”	½”	3/8”	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
ALUVION	CRIBADO 1”		82	64	52	46	23	13	4
TERRAZA			82	68	61	46	34	16	4
A-25	100	100	70-100		60-100	50-85	40-70	20-45	02-25
ALUVION	CRIBADO	82	68	67	43	38	19	10	3
TERRAZA	2”	67	57	47	42	32	23	11	3
A-50	100	60-100	50-90		40-80	30-70	20-55	10-40	02-20
B-50-1	100					40-80			02-35
B-50-2	100					60-100			50-100

Fuente: Consorcio MAR 1

Por lo tanto, las granulometrías de las muestras ensayadas:

- Ambas muestras satisfacen las condiciones granulométricas exigidas para un tipo A-50.
- En ambos casos, con un cribado por un tamaño 1”, puede obtenerse el tipo B-50-1.

Por lo tanto, para ser empleado en la fabricación de suelo cemento, deberá realizarse un tratamiento de cribado, y comprobarse que el contenido en materia orgánica es inferior a 1%.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR		
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

El material natural satisface también con las especificaciones de calidad del árido del artículo 351 para la construcción de capas de base tratada con cemento, si bien, con un exceso en materia orgánica (1.6-1.9>1%).

**Tabla 7-172. Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Suelo cemento**

ENSAYO		ORT EI 100g/11	ESPECIFICACIONES	
			Base tratada con cemento	
			351	
			Clase B	Clase A
PLASTICIDAD	LL	-	-	-
	IP	0	0	0
MATERIA ORANICA		1.6/1.9	1	1
SO4 COMBINADO %			0.5	0.5
REACTIVIDAD ALCALI			E234. $SiO_2 \leq R$ SI $R \geq 70$ , $SiO_2 \leq 35 + 0.5R$ SI $R < 70$	
TERRONES DE ARCILLA %		<1	2	2
EQUIVALENTE ARENA		45/66	30	30
AZUL DE METILENO			10	10
SOLIDEZ SO4Na/SO4Mq %		0.4/0.5	Na 12/18	Mq
CARAS FRACTURA %		-	50	60
ANGULARIDAD f. FINA				
INDICE APLANAMIENTO %		22/19	-	35
INDICE ALARGAMIENTO %		37/37	-	35
DESGASTE LOS ANGELES		16/17	<40	<35
MICRODEVAL %			<30	<25
RESISTENCIA	Seco KN		70	90
MECÁNICA (10% FINOS)	Relación S/H (%)		90	75
CBR			60	80

Fuente: Consorcio MAR 1

Las capas de base tratada con cemento se realizan empleando áridos de trituración. En este tratamiento, deberá corregir el exceso en partículas alargadas.

Deberá comprobarse el contenido en materia orgánica.

En cuanto a su posibilidad para ser empleado como árido de triturado para mezclas asfálticas, la calidad del producto está regulada por los artículos:

- 340. Bases estabilizadas con emulsión asfáltica (BEE-38 y BEE-25 en función del

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR		
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

huso granulométrico seleccionado, y BEE-5 para suelos granulares).

- 440.1. Mezclas densas en frío.
- 450.1. Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua (concreto asfáltico).
- 451.13. Mezclas asfálticas abiertas en caliente.
- 453. Mezclas drenantes.



El material investigado satisface las exigencias de calidad del árido de los artículos 340 y 440.1 para Bases Estabilizadas y Mezclas Densas en Frío mediante un tratamiento de machaqueo y lavado. En este último caso, se está esperando los resultados de ensayos CPA para determinar su idoneidad.

Para mezclas abiertas en frío, el proceso de machaqueo debe corregir el defecto de forma de las partículas.

**Tabla 7-173 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Mezclas asfálticas en frío**

ENSAYO		OBTENIDO	ESPECIFICACIONES						
			Baseestabilizada	MEZCLAS DENSAS EN FRIO			MEZCLAS ABIERTAS EN FRIO		
				NT-1	NT-2	NT-3	NT-1	NT-2	NT-3
				340	Rodadura/Intermedia/Base		Rodadura/Intermedia		
PLASTICIDAD	LL	-	<35	-	-	-			
	I P	0	<7	0	0	0			
MATERIA ORANICA		1.6 – 1.9	-						
TERRONES DE ARCILLA %		<1	2						
IMPUREZAS %		<0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
EQUIVALENTE ARENA		45-66	20	50	50	50			
AZUL DE METILENO			-	10	10	10			
SOLIDEZ SO <sub>4</sub> Na/SO <sub>4</sub> Mg %		0.4-0.5		12 Na/18 Mg					
CARAS FRACTURA %	1	-	-						
	2	-	-						
ANGULARIDAD I. FINA			-	40/35/-	45/40/35	45/40/35			
INDICE APLANAMIENTO %		2-19	-	10	10	10	10	10	10
INDICE ALARGAMIENTO %		37	-	10	10	10	10	10	10
DESGASTE LOS ANGELES		16-17	<50	20/35/-	25/35/35	25/35/35	25/35	25/35	25/35
MICRODEVAL %			45	-	25/30/30	20/25/25	-	25/30	25/30
RESISTENCIA	Seco KN		30	-	-	110/90/75	-	-	110/90
MECÁNICA	Relacion		50	-	-	75/75/7	-	-	75/75



 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR		 Devimar
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

ENSAYO		OBTENIDO	ESPECIFICACIONES						
			Base estabilizada	MEZCLAS DENSAS EN FRIO			MEZCLAS ABIERTAS EN FRIO		
				NT-1	NT-2	NT-3	NT-1	NT-2	NT-3
				340	Rodadura/Intermedia/Base		Rodadura/Intermedia		
(10% FINOS)	S/H (%)					5			
CBR			20						
CPA				0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
ADHESIVIDAD				E 757			E-757		

Fuente: Consorcio MAR 1

Las propiedades exigidas a los áridos a utilizar para la fabricación de mezclas bituminosas en caliente son muy similares a las exigidas para el aglomerado en frío.



El material investigado satisface en general las exigencias de calidad del árido de los artículos 450 y 451.13 para mezclas asfálticas en caliente, bien se trate de concreto asfáltico o mezclas abiertas.

Para mezclas abiertas en caliente, el proceso de machaqueo debe corregir el defecto de forma de las partículas.

**Tabla 7-174 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero. Mezclas asfálticas en caliente**

ENSAYOS		OBTENIDO	MEZCLAS DE GRADACIÓN CONTINUA (CONCRETO ASFALTICO)			MEZCLAS ABIERTAS EN CALIENTE		
			NT-1	NT-2	NT-3	NT-1	NT-2	NT-3
			Rodadura/Intermedia/Base			Rodadura/Base		
PLASTICIDAD	LL	-	-	-	-			
	IP	0	0	0	0			
TERRONES DE ARCILLA %		<1						
IMPUREZAS %		<0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
EQUIVALENTE ARENA		45-66	50	50	50			
AZUL DE METILENO			10	10	10			
SOLIDEZ SO <sub>4</sub> Na/SO <sub>4</sub> Mg %		0.4-0.5	12 Na/18 Mg					
CARAS FRACTURA %	1	-	75/60/-	75/75/60	85/75/60	60/-	75/-	75/-
	2	-	-/-	60/-	70/-	-	-	-
ANGULARIDAD f. FINA			40/35/-	45/40/35	45/40/35			
INDICE APLANAMIENTO %		22-19	10	10	10	10	10	10
INDICE ALARGAMIENTO %		37	10	10	10	10	10	10
DESGASTE LOS ANGELES		16-17	25/35/-	25/35/35	25/35/35	35	35	35
MICRODEVAL %				25/30/30	20/25/25		30	25
RESISTENCIA MECÁNICA (10%FINOS)	Seco KN				110/90/75			90
	Relación S/H (%)				75/75/75			75
CBR								
CPA			0.45	0.45	0.45			
ADHESIVIDAD			E-757					

Fuente: Consorcio MAR 1

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR		 Devimar
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

El artículo 453 regula las propiedades que deben tener los áridos para su empleo en mezclas de tipo drenante.

En general, se corresponden a las calidades exigidas a aquellos empleados para mezclas en caliente, siendo las condiciones de pulimento acelerado más exigentes (0.50).

El material investigado satisface en general las exigencias de calidad del árido del artículo 453 para mezclas asfálticas drenantes.

Se está esperando los resultados de ensayos CPA par a determinar su idoneidad. El proceso de machaqueo debe corregir el defecto de forma de las partículas.

**Tabla 7-175 . Resultados de laboratorio. Préstamo El Gaitero.**  
**Mezclas drenantes**



ENSAYO		OBTENIDO	ESPECIFICACIONES	
			MEZCLA DRENANTE	
			453.1	
			NT2	NT3
PLASTICIDAD	LL	-	-	-
	IP	0	0	0
EQUIVALENTE ARENA		45-55	50	50
AZUL DE METILENO			10	10
IMPUREZAS (%)		<0.5	0.5	0.5
SOLIDEZ SO <sub>4</sub> Na/SO <sub>4</sub> Mg %		0.4-0.5	12 Na/18 Mg	
CARAS FRACTURA %		-	100	100
INDICE APLANAMIENTO %		31.8	10	10
INDICE ALARGAMIENTO %		18	10	10
DESGASTE LOS ANGELES		19	25	25
MICRODEVAL %			20	20
RESISTENCIA MECÁNICA (10%FINOS)	Seco KN		110	110
	Relación S/H (%)		75	75
CPA			0.50	0.50
ADHESIVIDAD			E757	

Fuente: Consorcio MAR 1

## - EVALUACIÓN Y MODELO GEOLÓGICO

Con base en los resultados obtenidos de los puntos anteriores se establecerá el modelo geométrico, de bloques, geológico, estructural y se planteará una hipótesis genética del yacimiento, describiendo en detalle los bloques, las estructuras principales y las características más importantes de las mineralizaciones, entre otras, sus distribuciones en superficie y subsuelo, estratigrafía, continuidad y persistencia lateral y vertical, calidad y cálculo de las reservas con una descripción detallada del método utilizado, etc.

A continuación, se especifican algunos mapas y planos de referencia propios de una evaluación geológica de estos materiales de arrastre:

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

- Mapa de localización, tomado de la plancha del IGAC de referencia.
- Mapa geológico general: con la topografía del área, estructuras principales, formaciones geológicas y bloques potenciales, a escala 1:2000 o 1:5000 con curvas de nivel cada metro para el área solicitada de la Quebrada Seca. Y la explotación de materiales de arrastre.

Los mapas, planos y perfiles geológicos se elaborarán siguiendo las normas establecidas en las Guías Minero - Ambientales.

Todas estas actividades se encuentran enmarcadas en las acciones generales y actividades específicas dadas por la Guía Minero ambiental de exploración en la planificación de la fase de pre operación, operación de campo y evaluación de resultados para la toma de decisiones.



#### - ANALISIS DE MERCADO Y FINANCIERO

Debido al actual proyecto para la construcción de la nueva autopista Al Mar 1 se hace necesario explorar nuevas fuentes de materiales pétreos utilizados para el sector de la construcción, soportado en su demanda actual y futura del proyecto de infraestructura mencionado, en corto y mediano plazo que se presenta.

La Quebrada la Seca se encuentra estratégicamente ubicada para proporcionar los materiales de construcción (gravas, arenas y piedra común) óptimos en calidad y cantidad para atender parte del mantenimiento, mejoramiento y construcción de la vía Medellín – Santa Fe de Antioquia así como los proyectos de rehabilitación cercanos a este, sin mencionar su potencial uso en otras obras civiles que demanden los municipios vecinos.

La viabilidad financiera de este proyecto se encuentra sujeta únicamente a proporcionar los materiales de construcción en boca de mina, para que sean explotados por los interesados, o explotación con maquinaria alquilada por los concesionarios, bajo la coordinación de las normas minero-ambientales consagradas en el presente PTO y el Estudio de Impacto ambiental de la misma, la cual se encuentra en ejecución. Esta realidad refleja una demanda significativa de los materiales y un sostenimiento rentable de la mina en proyección al tiempo de operación.

Se contempla unos gastos preoperativos en la construcción y mantenimiento de la vía de acceso, para el ingreso de las volquetas, que se difieren en el tiempo de vida útil del mismo para proceder a su recuperación. El otorgamiento de la licencia de explotación se hace a 30 años aproximadamente, pero en una economía tan estable como la Colombiana se hace imposible realizar estimativos en el largo plazo, por tanto las proyecciones financieras se llevaron únicamente hasta los cinco años para observar el comportamiento de la inversión en ese lapso de tiempo, al cabo del cual se asume la liquidación de la empresa para proceder a la recuperación de la inversión por recuperar.

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

La mano de obra está calculada con las prestaciones sociales de ley, lo que permite asegurar que existe un mejoramiento de las condiciones de vida de los empleados que laboran en esta empresa.

Los indicadores financieros para este proyecto son positivos, lo que garantiza que existe una buena rentabilidad del mismo en las condiciones en que se ha diseñado, los cambios en la aplicación del proyecto significan cambios en la rentabilidad del mismo y por tanto nuevos análisis.

Para realizar una proyección financiera del proyecto definiremos el tiempo de la vida útil de acuerdo a la primera exploración y se inicia este proyecto minero, que es de 20 años de operación, teniendo en cuenta los precios actuales de materiales de construcción y de costos de operación para el funcionamiento del proyecto.

La presente evaluación o información económica financiera se tomó como base de las inversiones a realizar, los costos de operación y el personal que se requiere para el proyecto. Cabe anotar que no se incluye los costos del terreno donde se encuentra el presente proyecto minero, ya que pertenecen a terceros que no hacen parte de los concesionarios, además de replantear que no se proyectará adquirir la maquinaria que se utilizará, esta se alquilará por hora a todo costo. En las siguientes tablas se describe los costos de inversión y de operación para la explotación del proyecto minero.



#### - VOLUMEN A EXTRAER

La explotación consta de varias etapas, una primera con una extracción de 100.000 m<sup>3</sup> en el primer año, 300.000 m<sup>3</sup> para el segundo año, en el año 3, 4 y 5 un total de 200.000 m<sup>3</sup>, para el desarrollo del proyecto vial, luego de esta etapa se adapta la explotación a las necesidades, y con el sondeo establecido se estima en 200.000 m<sup>3</sup>/anuales durante el resto de los 10 años; del contrato de concesión, que es la cantidad de material que puede producir el río restaurándose anualmente según la capacidad de sedimentación.

**Tabla 7-176 . Volumen a extraer**

N° AÑOS	MATERIAL A EXPLOTAR M3/AÑO
1	100.000
2	300.000
3	200.000
4	200.000
5	200.000
6	200.000
TOTAL	2'000.000

Fuente: Consorcio MAR 1

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.1</p>	

#### **7.7.4 Explotaciones similares o de otro tipo, aprovechamiento de agua, puentes, viaductos y demás obras previas a la explotación.**

El acceso hacia la fuente de materiales HFDA-05 (Agregados San Nicolás) de la quebrada La Seca se hace a partir de la actual Ruta Nacional 62 (Medellín – Santa Fe de Antioquia), por medio de una vía terciaria en afirmado conocida como la vía a la vereda La Puerta.

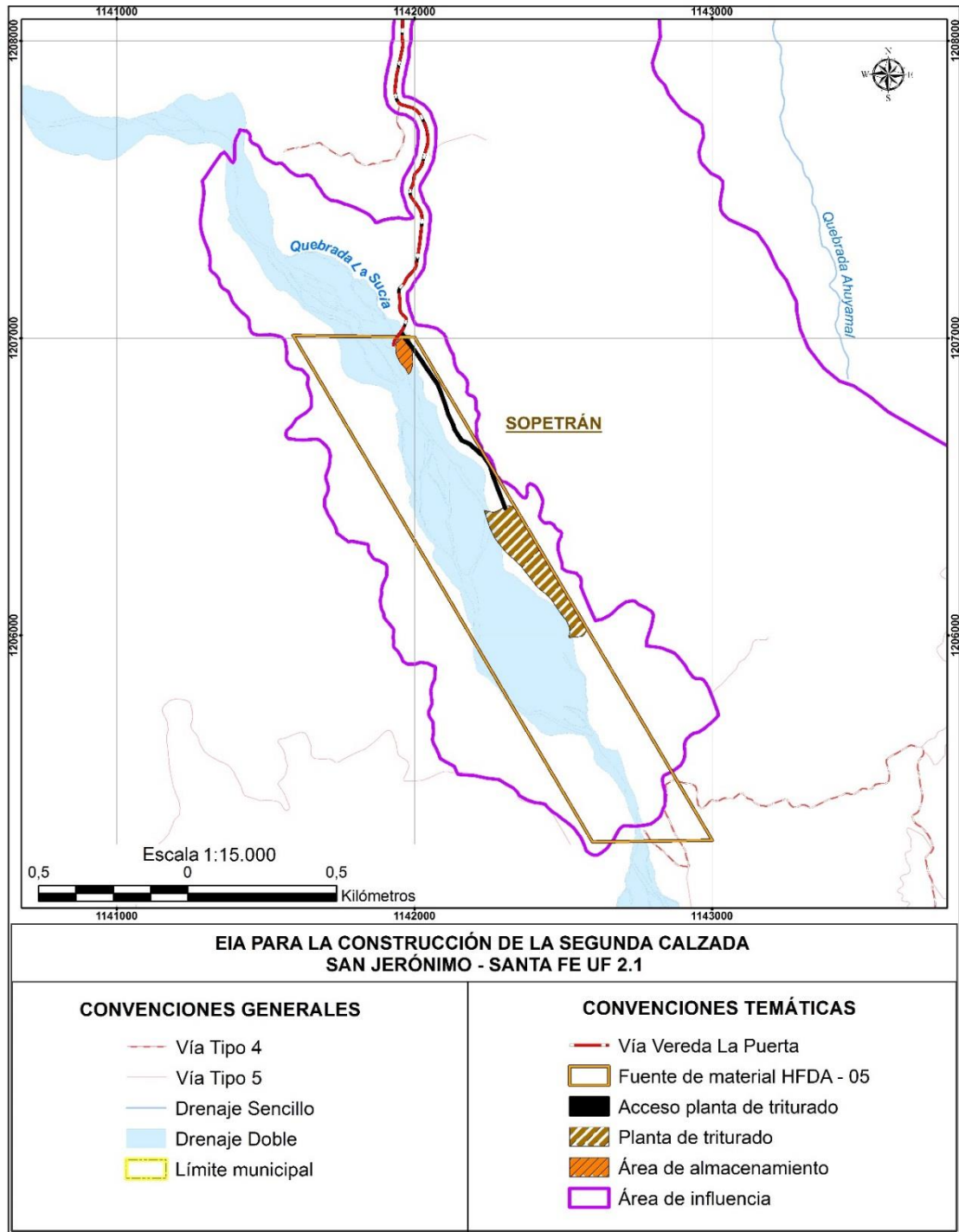
Este acceso, que está en el municipio de Sopetrán a la altura del K9+000 de la vía hacia Santa Fe de Antioquia en la vereda La Puerta, el cual se pretende adecuar para permitir el flujo bidireccional de volquetas, para lo que se debe aumentar su ancho promedio actual de 4 metros a 7. Su descripción se encuentra en el numeral 3.2.1.3 del presente documento.

El aprovechamiento de agua se hará en la misma quebrada La Seca, según se describe en el numeral 7.1 del presente documento.

#### **7.7.5 Descripción de las obras previas a la explotación: adecuaciones necesarias para la explotación, beneficio y tiempo de ejecución.**



Entre los trabajos previos a la explotación se requieren para acceder a la planta de triturado la construcción de una vía de aproximadamente 1.000 metros, ubicada en la vereda La Puerta, con un ancho de 7 metros, para permitir el paso bidireccional de las volquetas hacia la zona destinada para trituración, para la construcción de esta vía se tiene estimado un tiempo de un mes. Además se contempla un área para almacenamiento del material triturado y facilitar el cargue hacia los diferentes frentes de obra del proyecto. La distribución estimada de estas áreas se presenta en la Figura 7-135.

**Figura 7-135. Localización instalaciones en fuente de materiales**



Fuente: Consorcio MAR 1



	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

### 7.7.6 Proceso de extracción

Dadas las características geológicas, morfológicas y topográficas del depósito mineral presente en el área, se programa la extracción de laboreo a Cielo Abierto para Materiales de Arrastre, método de corte directo en cajón sobreparras en dirección paralela al flujo de cauce principal.

Debido a que se cuenta con un área aproximada de explotación de 678.368 m<sup>2</sup> de explotación, donde se presentan materiales con granulometría heterogénea, se explotara en sectores de acuerdo al diseño planteado en el siguiente documento.

El sistema de laboreo por cortes sobre las barras puntuales, permite la utilización de maquinaria tipo excavadora, siendo este equipo de bajo coste, alta eficiencia en arranque y movilidad.

**Fotografía 7-27 Equipos y maquinaria**





Fuente: Consorcio MAR 1

El horario de trabajo diurno será de 8 a 10 horas turno/día.

#### 7.7.6.1.1 Instalaciones

Las instalaciones necesarias para la tritución del material de la Quebrada La Seca, son:

- Generador eléctrico 60 KVA para conexión de herramientas eléctricas
- Equipo de soldadura
- Cesta elevadora, para trabajos en altura
- Grúa telescópica de al menos 80 toneladas, para el armado y elevación de conjuntos
- Grúa telescópica adicional de unas 180 t para colocar la machacadora y el molino de impacto

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

- Camión pluma para trabajos auxiliares
- Herramientas de mano y eléctricas (pistola de impacto, amoladora y taladro)

En el montaje también hay que tener en consideración los siguientes aspectos:

- La fabricación de las placas de anclaje y de las cimentaciones de apoyo, así como de la rampa de la tolva de alimentación.
- Consideración del espacio necesario de acopio de las fracciones fabricadas y en la alimentación.
- La vialidad entorno a la planta (entrada a la tolva de alimentación y carga y salida de camiones desde la zona de acopios del material fabricado)
- La instalación de un sistema de riego de para evitar la excesiva producción de polvo
- La instalación del suministro eléctrico.
- Profundidad máxima de explotación.
- Laborales de extracción, cargue y transporte.

Las labores de preparación, limpieza, arranque y cargue de material sobre las barras puntuales será de tipo mecanizado, se realizará con excavadoras sobre orugas tipo CAT320 y CAT330, con capacidad entre 1 y 1.3 m<sup>3</sup>.



**Fotografía 7-28 Retroexcavadora**



Fuente: Consorcio MAR 1

#### **7.7.6.1.2 Cargue del material**

El cargue de material arrancado en el nivel bajo sobre los cortes de avance se realizará de manera combinada. Para esta labor se utiliza principalmente la excavadora tipo CAT320 y CAT330, por su movilidad y alto rendimiento, adicionalmente para efectos de repaleo en el patio de almacenamiento de material crudo se utiliza un cargador frontal tipo CAT 966, con capacidad de 3.5 m<sup>3</sup> en el cucharón, este equipo se utiliza para alimentación de la criba y tolva de producción de subbase, bases y triturados.

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

**Fotografía 7-29 Cargador Tipo**



Fuente: Consorcio MAR 1

#### **7.7.6.1.3 Transporte interno y externo**

En el transporte interno se utilizarán camiones articulados fuera de carretera tipo CAT730, ya que pueden transportar cargas nominales de 31 toneladas, ofrecen confiabilidad, alta productividad y costos operativos muy bajos.



**Fotografía 7-30 Volquetas para transporte interno**



Fuente: Consorcio MAR 1

Para el transporte externo se utilizarán volquetas doble troque con capacidad de 12 a 14 m<sup>3</sup>, las cuales se cubre con una lona para evitar el desprendimiento de partículas.

La totalidad del material explotado no se beneficia en el área de explotación, se arranca en frente, se carga y transporta fuera del área de explotación, hacia la planta de beneficio, ubicada a 3 km de esta zona (Planta 2).

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

## 7.7.7 Necesidad de infraestructura

A continuación se hará la descripción de la infraestructura necesaria para la explotación del material en la Fuente de Materiales HDFA-05 (San Nicolás).



### 7.7.7.1 Equipos utilizados en el beneficio

Para el beneficio de los materiales se prevé el uso de equipos de trituración que se han agrupado en equipo primario de trituración, equipo secundario y conjunto terciario con impactor, a continuación se presenta la descripción de los elementos que componen cada uno de estos.

#### 7.7.7.1.1 Equipo primario de trituración

- TOLVA DE ALIMENTACION de 12 m<sup>3</sup>, construida en lámina de acero de ¼” con recubrimientos de desgaste recambiables en lámina 3 /16”, estructura con soporte en perfiles de acero con acople al alimentador.
- ALIMENTADOR VIBRATORIO PRE CRIBADOR 3 x 12 pies inclinado, con bandeja en acero y recubrimiento antidesgaste, montado sobre estructura de soporte con resortes de servicio pesado, sistema vibratorio de doble contrapesa ajustable, transmisión por poleas y correas, motor eléctrico trifásico de 20 HP, 440 V, 60 Hz. Con grizzly para producto pre-cribado.
- TRITURADORA DE MANDIBULAS 30" x 42" (76 x 106 cm) con bastidor en acero soldado, mandíbulas y revestimientos en acero al manganeso tipo Hadfield, montada sobre doble juego de rodamientos de rodillos, ajuste hidráulico manual de cierre de salida, transmisión por poleas y correas, motor eléctrico trifásico de 150 HP, 440 V, 60 Hz. Tamaño máximo de alimentación 26”.
- BANDA DE SALIDA de trituradora, ancho 36", longitud 8 metros, inclinación 18°, estructura de soporte en perfiles de acero, rodillos CEMA-C4, rodillos de impacto forrados en caucho, estación de alineamiento automático, tambor de cabeza forrado en caucho, tambor de cola autolimpiante inatascable, banda de servicio pesado, reductor de velocidad de fabricación alemana, motor eléctrico trifásico de 10 HP, 440 V, 60 Hz.
- PORTABILIDAD. La planta está montada sobre trailer remolcable con tractomula: El trailer de triple troque con king-pin, frenos de aire, luces de carretera y sistemas de nivelación contiene todas las estructuras y chutes necesarios para el montaje de las máquinas, así como todo el cableado de los motores a una caja de conexiones y las conexiones de las cajas al tablero de comando general.
- TABLERO DE PROTECCION Y CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS en gabinete metálico incluyendo breaker general y para cada uno de los motores, arrancador estrella triángulo para la trituradora, arrancadores directos para los demás





 Agencia Nacional de Infraestructura	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>		 <b>Devimar</b>
	<b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>		
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>		
	<b>VERSIÓN 0.1</b>		

motores, relés térmicos, luces piloto, botoneras de arranque y parada, secuencia de arranque y parada de máquinas para protección del equipo.

- **CHUTE PANTALÓN:** Para distribución de las cargas hacia el conjunto secundario y hacia el conjunto terciario. Construido en acero estructural A-36 con blindajes recambiables de 3/16" y compuerta de ajuste manual con palanca y pasador para asegurar la posición.

#### **7.7.7.1.2 Equipo secundario de trituración**

- **TRANSPORTADOR DE BANDA** de alimentación de zaranda, ancho 36", longitud 16 metros, con estructura de soporte en perfiles de acero, rodillos CEMA C4, rodillos de impacto forrados en caucho, tambor de cabeza forrado en caucho, tambor de cola inatascable autolimpiante, banda de servicio pesado, reductor de velocidad con motor de 20 HP, 440 V, 60 Hz.
- **ZARANDA VIBRATORIA** clasificadora de 5 x 2 metros, 3 niveles de clasificación, construida en chapa de acero con mallas en material antidesgaste, sistema vibratorio de doble contrapesa, transmisión por poleas y correas, motor de 25 HP, 440 V, 60 Hz.
- **TRITURADORA DE CONOS HIDRÁULICA** modelo Kubria F/M- 110 MARCA THYSENKRUPP®, con bastidor construido en acero al carbono soldado al arco sumergido, mantos y piezas de desgaste en acero HADFIELD al manganeso, montado sobre DOBLE SOPORTE de bujes de bronce (encima y debajo de la zona de trituración) para máximo desempeño, ajuste de apertura de salida de material (CSS) entre 25 - 40 mm con ajuste remoto rápido mediante botones ubicados en el panel de mando. Alivio de materiales no triturables mediante un único cilindro hidráulico ubicado en la parte inferior de la trituradora para garantizar robustez y acumulador para amortiguación. Transmisión mediante poleas y correas, motor de 215 HP, 440 V, 60 Hz. Lubricación mediante tanque y bomba independientes.
- **TRANSPORTADOR DE BANDA DE RETORNO** de triturador de cono a banda principal, ancho 30", longitud 8 metros, con estructura de soporte en perfiles de acero, rodillos CEMA C4, rodillos de impacto forrados en caucho, tambor de cabeza forrado en caucho, tambor de cola inatascable autolimpiante, banda de servicio pesado, reductor de velocidad de fabricación alemana, motor eléctrico de 7,5 HP, 440 V, 60 HZ.
- **PORTABILIDAD.** La planta está montada sobre trailer remolcable con tractomula: El trailer de triple troque con king-pin, frenos de aire, luces de carretera y sistemas de nivelación contiene todas las estructuras y chutes necesarios para el montaje de las máquinas, así como todo el cableado de los motores a una caja de conexiones y las conexiones de las cajas al tablero de comando general.
- **TABLERO DE PROTECCION Y CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS** en gabinete metálico incluyendo breaker general y para cada uno de los motores, arrancador estrella triángulo para la trituradora, arrancadores directos para los demás

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

motores, relés térmicos, luces piloto, botoneras de arranque y parada, secuencia de arranque y parada de máquinas para protección.

#### **7.7.7.1.3 Conjunto terciario con impactor**

- ZARANDA VIBRATORIA clasificadora de 6 x 2 metros, 3 niveles de clasificación, construida en chapa de acero con mallas en material antidesgaste, sistema vibratorio de doble contrapesa, transmisión por poleas y correas, motor de 40 HP, 440 V, 60 Hz.
- TRITURADORA DE IMPACTO TI-300 Con bastidor en acero soldado, revestimientos e impactores en hierro al cromo. Rotor con endurecimiento superficial, balanceo dinámico y alivio de tensiones. Montaje sobre rodamientos de rodillos autoalineantes con soportes cerrados con sellos laberínticos. Cilindro hidráulico para la apertura de la carcasa. Transmisión con poleas y correas. Motor de 250 HP, 440 V, 60 Hz.
- CHASIS - PORTABILIDAD. La planta está montada sobre trailer remolcable con tractomula: El trailer de doble troque con king-pin, frenos de aire, luces de carretera y sistemas de nivelación contiene todas las estructuras y chutes necesarios para el montaje de las máquinas, así como todo el cableado de los motores a una caja de conexiones y las conexiones de las cajas al tablero de comando general.
- TABLERO DE PROTECCION Y CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS en gabinete metálico incluyendo breaker general y para cada uno de los motores, arrancador estrella triángulo para la trituradora, arrancadores directos para los demás motores, relés térmicos, luces piloto, botoneras de arranque y parada, secuencia de arranque y parada de máquinas para protección del equipo.

#### **7.7.7.1.4 Equipos complementarios**

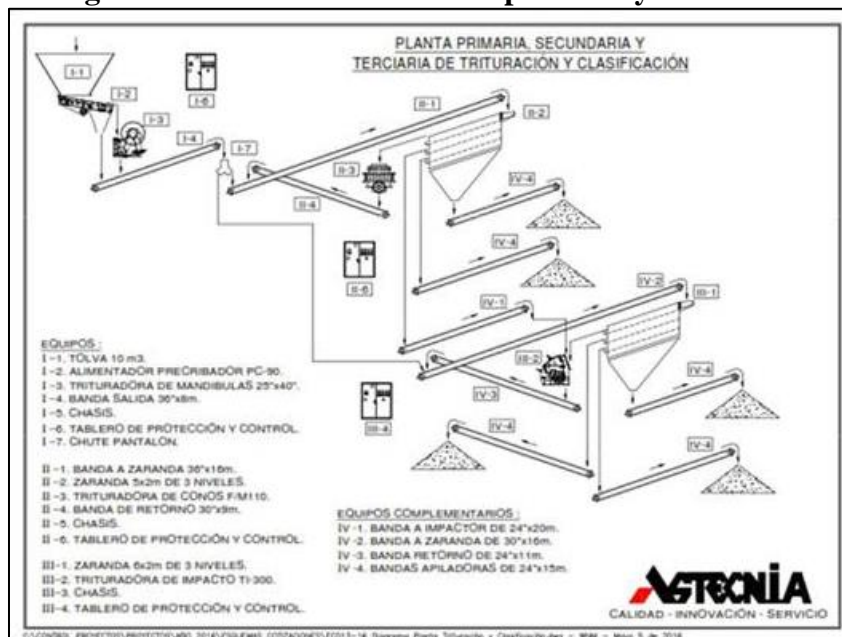
- TRANSPORTADORA DE BANDA ALIMENTADORA DE TRITURADOR DE IMPACTO (Este equipo viaja suelto, independiente del chasis 3ario). Ancho 30" longitud 13 metros, con estructura de soporte en perfiles de acero, rodillos CEMA C4, rodillos de impacto forrados en caucho, tambor de cabeza forrado en caucho, tambor de cola inatascable autolimpiante, banda de servicio pesado reductor de velocidad de fabricación alemana, motor eléctrico Trifásico de 10 HP, 440 voltios, 1750 RPM, 60 HZ.
- TRANSPORTADOR DE BANDA DE ALIMENTACIÓN DE LA ZARANDA ancho 30", longitud 16 metros, con estructura de soporte en perfiles de acero, rodillos CEMA C4, rodillos de impacto forrados en caucho, tambor de cabeza forrado en caucho, tambor de cola inatascable autolimpiante, banda de servicio pesado reductor de velocidad de fabricación alemana, motor eléctrico trifásico de 12 HP, 440 voltios, 1750 RPM, 60 HZ.
- TRANSPORTADOR DE BANDA DE RETORNO ancho 24", longitud 10 metros, con estructura de soporte en perfiles de acero, rodillos CEMA C4, rodillos de impacto forrados en caucho, tambor de cabeza forrado en caucho, tambor de cola inatascable



autolimpiante, banda de servicio pesado reductor de velocidad de fabricación alemana, motor eléctrico trifásico de 5 HP, 440 voltios, 1750 RPM, 60 HZ.

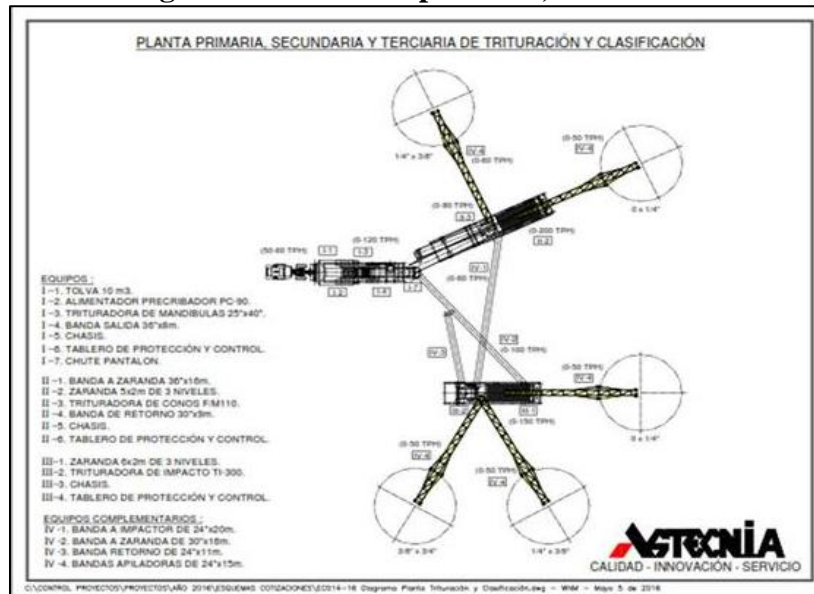
- CINCO (5) APILADORES DE PRODUCTO: Ancho 24", longitud 15 metros, con estructura de soporte en perfiles de acero, rodillos CEMA C4, rodillos de impacto forrados en caucho, tambor de cabeza forrado en caucho, tambor de cola inatascable autolimpiante, banda de servicio pesado reductor con motor de 7.5 HP, 440 V, 60 Hz.

**Figura 7-136. Perfil trituradora primaria y secundaria**



Fuente: Consorcio MAR 1

**Figura 7-137. Planta primaria, secundaria**





Fuente: Consorcio MAR 1

### 7.7.8 Sistemas de control: delimitación y aislamiento de las áreas de:

- Protección marginal para adelantar esta actividad se implementaran las medidas establecidas en la ficha PMB-06.
- Para el tratamiento y disposición de aguas residuales domesticas e industriales se implementaran las medidas establecidas en la ficha PMF-07.
- Para el manejo, tratamiento, transporte y disposición final de residuos sólidos domésticos e industriales, se implementaran las medidas establecidas en la ficha PMF-08.
- Control de emisiones atmosféricas y manejo de ruido, se implementaran las medidas establecidas en la ficha PMF-013.

### 7.7.9 Manejo de aguas naturales en el drenaje

Para el manejo de estas aguas inicialmente se establece la cantidad de agua que circula por la quebrada la Seca (caudal y nivel), como varía en el tiempo y en el espacio. Estas variaciones establece el régimen hidrológico de la quebrada. Para evitar problemas de crecientes, avalanchas y similares el proyecto tiene establecido que cuando la velocidad de la corriente y la erosión disminuya, la quebrada ya no posee capacidad para seguir arrastrando su carga, por lo tanto, comienza a depositarla y produce alteración en el cauce, por lo general, en el curso medio e inferior. Con los trabajos de extracción se ayuda a que el material depositado no altere el curso del mismo y se permite que los procesos de deposición de la carga de los sedimentos fluviales que se conoce como aluvión, se vayan generando naturalmente.

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b>  <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.1</b></p>	

#### **7.7.10 Plan minero de cierre, abandono y restauración**

El plan de cierre y abandono de los montajes y la infraestructura para las operaciones mineras que se desarrollaran durante la vida útil de este proyecto contempla lo dispuesto en el plan de manejo ambiental, donde año a año conforme se realice la explotación se hará la recuperación pertinente de tal manera que al momento del cierre se haya realizado la recuperación paisajística y geomorfológica si fuera el caso, para entregar en condiciones superiores o estables ambientalmente a lo que existe actualmente.

En el caso de esta explotación el sitio de extracción sobre el cauce se debe reacondicionar periódicamente para que haya deposición continua del material. El cierre y abandono implica que se desmonten gradualmente algunas de las obras bioingenieriles realizadas sobre el cauce (si hubo necesidad) para dejar fluir el caudal sin carga, y que se deposite naturalmente, de acuerdo a las condiciones que se vayan dando durante los años de extracción.

Para el desmontaje se necesita adicionalmente material para el embalaje e identificación de componentes; etiquetas, alambre dulce, palés, cintas de amarre, cinchas con carraca, etc., así como herramientas comunes; pistola de impacto, amoladora, taladro, y sus correspondientes consumibles.

- Desmonte y desarmado de la rampa

Descripción: Se retira el material que compone la rampa y se cortan los cables y los anclajes de sujeción. Se desarman las chapas de sujeción de la rampa, se marca y se ordena para el transporte. Medios utilizados: Excavadora, pala cargadora y camiones para el movimiento de tierras, equipo de oxicorte para cortar los cables y camión grúa para mover los elementos.



- Desmontaje de la instalación eléctrica

Descripción: Desconexión de los cables de los elementos eléctricos y del panel principal, desmontaje de la iluminación, marcado y enrollado de los cables, desmontaje de los elementos de consumo que sea necesario (motores, motovibradores, motorreductores, compresores de aire acondicionado, etc.) y almacenamiento para el transporte.

Medios utilizados: herramientas de mano de electricista y camión grúa o manipulador telescópico.

- Desconexión y desmontaje de elementos

Descripción: Se desconectan los elementos unidos y se desmontan para su desarmado y colocación para transporte. Incluye desmontaje de torres, estructuras completas de cintas

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO –</b> <b>SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.1</b>	

transportadoras, cribas, molinos y machacadora, tolva, martillo hidráulico y las correspondientes estructuras, soportes, escaleras, pasarelas, barandillas y accesorios correspondientes.

Medios utilizados: Grúa y/o camión grúa para manejo de las cargas, cesta elevadora de personas para los trabajos en altura, generador eléctrico y herramientas eléctricas de mano (pistola de impacto, radial, taladro, equipo de soldadura portátil, etc.) y herramientas de mano convencionales.

- Desarmado de elementos para su transporte

Descripción: Comprende el desarmado de cada uno de los elementos más voluminosos para su preparación para el transporte (indicados en el apartado anterior). Medios utilizados: Idénticos a la actividad anterior.

- Colocación, amarrado y estiba de los elementos en sus medios de transporte marítimo

Descripción: Se deben colocar y unir elementos más pequeños (con correas, cables o flejes, bulones de sujeción, tornillería, etc.) en paquetes, jaulas o palés y amarrar los elementos plegados. Identificar los elementos para facilitar el siguiente montaje.

Medios utilizados: Los mismos que en la actividad anterior además de eslingas, cadenas, cables, cinchas con tensor, fleje, bulones, tornillería y palés principalmente.

- Carga de los elementos en contenedores open top

Descripción: Los paquetes, palés y elementos voluminosos se deben cargar de forma ordenada en los contenedores por la parte superior, estibando todo dentro del contenedor para evitar desplazamientos de la carga en el manejo de dichos contenedores. Igual de importante es la correcta identificación de los bultos que contiene cada contenedor. Otros elementos van en plataformas flat rack y deben amarrarse bien con cadenas y tensores para evitar que se muevan.

- Para el proyecto se tiene estimado un tiempo de explotación de 10 años.