

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE**

**CAPÍTULO 4 – DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O
AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	4-1
4.1 AGUAS SUPERFICIALES.....	4-5
4.1.1 Captación de agua	4-6
4.1.2 Cuerpos de agua y puntos de captación	4-8
4.1.3 Caudales y volúmenes de agua	4-10
4.1.4 Calidad de agua en los ríos Caquetá e Inchiyaco	4-14
4.1.5 Inventario de usos del recurso hídrico aguas arriba y aguas debajo de las frangas de captación propuestas.....	4-20
4.1.6 Diseño típico de captación y conducción	4-22
4.1.7 Impactos y manejo ambiental.....	4-23
4.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS	4-24
4.3 VERTIMIENTOS	4-25
4.3.1 Generalidades.....	4-25
4.3.2 Vertimiento sobre cuerpos de agua	4-25
4.3.3 Vertimiento sobre suelo	4-56
4.3.4 Caudal a verter	4-70
4.3.5 Descripción de efluentes líquidos generados y su sistema tratamiento	4-71
4.3.6 Impactos ambientales previsibles.....	4-76
4.4 OCUPACIÓN DE CAUCES.....	4-77
4.4.1 Dinámica fluvial del área Canelo Norte.....	4-77
4.4.2 Obras a construir	4-78
4.5 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	4-88
4.5.1 Volúmenes estimados de las vías de acceso y plataformas	4-88
4.5.2 Impactos ambientales previsibles.....	4-91
4.6 APROVECHAMIENTO FORESTAL	4-92
4.6.1 Unidades de cobertura vegetal.....	4-92
4.6.2 Caracterización florística	4-94

4.6.3	Cálculo de volumen y área basal	4-96
4.6.4	Análisis estadístico	4-97
4.6.5	Áreas y volúmenes de aprovechamiento	4-99
4.6.6	Técnicas de remoción y destino final del producto del aprovechamiento .	4-102
4.6.7	Impactos ambientales previsibles.....	4-104
4.7	RESIDUOS SÓLIDOS	4-106
4.7.1	Identificación.....	4-106
4.7.2	Residuos sólidos domésticos.....	4-106
4.7.3	Residuos sólidos industriales	4-107
4.7.4	Estimativo de volúmenes	4-111
4.7.5	Impactos ambientales previsibles.....	4-114
4.8	MATERIALES SOBRANTES DE CORTE Y EXCAVACIÓN	4-115

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 4-1. Usos y aprovechamiento de recursos para el desarrollo de las actividades del área de interés exploratorio Canelo Norte	4-2
Tabla 4-2. Caudales requeridos para el proyecto	4-6
Tabla 4-3. Volúmenes requeridos por el proyecto	4-7
Tabla 4-4. Factor de relación entre caudal mínimo y caudal necesario	4-7
Tabla 4-5. Volumen de agua requerido para las pruebas hidrostáticas	4-8
Tabla 4-6. Franjas de captación propuestas	4-9
Tabla 4-7. Caudal máximo, medio y mínimo del río Caquetá	4-12
Tabla 4-8. Caudal máximo, medio y mínimo del río Inchiyaco	4-13
Tabla 4-9. Clasificación ICA.....	4-15
Tabla 4-10. Resultados caracterizaciones fisicoquímicas y bacteriológicas	4-15
Tabla 4-11. Resultados ICA.....	4-17
Tabla 4-12. Significado de los valores de BMWP/Co	4-19
Tabla 4-13. Valores de BMWP/Co para macroinvertebrados bentónicos.....	4-19
Tabla 4-14. Información relativa a puntos de muestreo	4-20
Tabla 4-15. Listado de usuarios de captación y generadores de aguas servidas sobre los ríos Caquetá e Inchiyaco (aguas arriba y aguas abajo de las franjas de intervención propuestas)	4-21
Tabla 4-16. Impactos asociados a la captación del recurso hídrico	4-23
Tabla 4-17. Franjas de vertimiento propuestas en los ríos Caquetá e Inchiyaco	4-26
Tabla 4-18. Listado de usuarios de captación y generadores de aguas servidas sobre los ríos Caquetá e Inchiyaco (aguas arriba y aguas abajo de las franjas de intervención propuestas)	4-26
Tabla 4-19. Numeración y abscisado de las diferentes secciones hidrotopográficas utilizadas en la modelación hidráulica del río Caquetá	4-30
Tabla 4-20. Numeración y abscisado de las diferentes secciones hidrotopográficas utilizadas en la modelación hidráulica del río Inchiyaco.....	4-31
Tabla 4-21. Composición teórica de las aguas residuales industriales	4-44
Tabla 4-22. Caudales medios y mínimos de los ríos de interés.....	4-49
Tabla 4-23. Relación de caudales mínimos con el caudal de vertimiento máximo solicitado.....	4-50
Tabla 4-24. Tasa de absorción y su significado	4-57
Tabla 4-25. Pruebas de infiltración - Sector Trojayaco	4-57
Tabla 4-26. Pruebas de infiltración - Sector Caraño.....	4-57
Tabla 4-27. Pruebas de infiltración - Sector La Punta	4-58
Tabla 4-28. Pruebas de infiltración - Sector Villa de Los Prados.....	4-58
Tabla 4-29. Absorción del área Canelo Norte.....	4-59
Tabla 4-30. Descripción de las unidades de suelo del Área de interés exploratorio Canelo Norte.....	4-61
Tabla 4-31. Resultados de Análisis de Laboratorio de Suelos	4-62
Tabla 4-32. Consideraciones de diseño para el riego en el APE Canelo Norte	4-62
Tabla 4-33. Volumen de agua teórico que recibe el suelo.....	4-66
Tabla 4-34. Volumen en condiciones de alta pluviosidad	4-66
Tabla 4-35. Caudal de vertimiento combinando otra alternativa.....	4-67

Tabla 4-36. Caudal de vertimiento en cada una de las etapas	4-70
Tabla 4-37. Composición típica de aguas residuales domésticas no tratadas.....	4-71
Tabla 4-38. Parámetros y valores típicos de calidad de las aguas residuales industriales sin tratamiento.....	4-74
Tabla 4-39. Impactos ambientales asociados al vertimiento	4-76
Tabla 4-40. Red Hidrográfica del APE Canelo Norte	4-77
Tabla 4-41. Puntos de ocupaciones de cauces vía a construir sector Norte	4-78
Tabla 4-42. Puntos de ocupaciones de cauces accesos internos del APE proyectados.....	4-80
Tabla 4-43. Franja de ocupación de cauces posible para el desembarcadero	4-82
Tabla 4-44. Especificaciones técnicas de tubos y alcantarillas.....	4-85
Tabla 4-45. Canteras licenciadas en el área de estudio	4-88
Tabla 4-46. Volúmenes de movimientos de tierra por longitud máxima de vía de acceso	4-89
Tabla 4-47. Movimientos de tierras para las plataformas de perforación	4-90
Tabla 4-48. Impactos asociados a la extracción de material de afirmado	4-91
Tabla 4-49. Unidades de cobertura vegetal del área Canelo Norte.....	4-92
Tabla 4-50. Localización de las parcelas o Unidades de Muestreo Forestal.....	4-94
Tabla 4-51. Volúmenes por hectárea a aprovechar en cada una de las coberturas vegetales.....	4-97
Tabla 4-52. Error de muestreo para las diferentes coberturas vegetales en el APE Canelo Norte.....	4-98
Tabla 4-53. Área a intervenir en el APE Canelo Norte para construcción de plataformas	4-99
Tabla 4-54. Área a intervenir en el APE Canelo Norte para construcción de vías de acceso.....	4-99
Tabla 4-55. Factor de volúmenes por tipo cobertura vegetal	4-100
Tabla 4-56. Factor de volúmenes por tipo cobertura vegetal	4-101
Tabla 4-57. Volumen máximo de aprovechamiento forestal por el proyecto.....	4-101
Tabla 4-58. Impactos asociados al aprovechamiento forestal	4-104
Tabla 4-59. Manejo de los residuos sólidos domésticos.....	4-106
Tabla 4-60. Manejo de los residuos sólidos industriales	4-108
Tabla 4-61. Empresas especializadas y rellenos sanitarios autorizados	4-110
Tabla 4-62. Residuos sólidos típicos en la perforación de pozos	4-112
Tabla 4-63. Estado mecánico estimado.....	4-112
Tabla 4-64. Volúmenes de lodos estimados.....	4-113
Tabla 4-65. Volúmenes de cortes estimados	4-114
Tabla 4-66. Impactos asociados al manejo de residuos sólidos	4-114

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 4-1. Cuerpos de agua propuestos para la captación	4-9
Fotografía 4-2. Sistema de captación y conducción de agua potable. A) Motobomba y manguera. B) Carrotanques.	4-22
Fotografía 4-3. Pruebas de infiltración	4-60
Fotografía 4-4. Sistema de tratamiento de las ARD para perforación y pruebas de producción (Red Fox)	4-73
Fotografía 4-5. Puente tipo Bailey a instalar	4-87
Fotografía 4-6. . Medición de DAP en Fustales y altura en Brinzales	4-96
Fotografía 4-7. Conformación del talud de ZODMEs.....	4-116

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4-1. Numeración y abscisado de las diferentes secciones hidrotopográficas utilizadas en la modelación hidráulica del río Caquetá	4-31
Figura 4-2. Numeración y abscisado de las diferentes secciones hidrotopográficas utilizadas en la modelación hidráulica del río Inchiyaco.....	4-32
Figura 4-3. Modelo HEC-RAS 3D - río Caquetá Tramo de Análisis.....	4-34
Figura 4-4. Perfil Longitudinal de las láminas de agua en el río Caquetá - Tramo de análisis con variaciones de caudales medios mensuales.....	4-35
Figura 4-5. Perfil Longitudinal de velocidades del flujo de agua en el río Caquetá - Tramo de análisis con variaciones de caudales medios mensuales.....	4-36
Figura 4-6. Perfil Longitudinal de las láminas de agua en el río Caquetá - Tramo de análisis con variaciones de caudales mínimos mensuales	4-37
Figura 4-7. Perfil Longitudinal de velocidades del flujo de agua en el río Caquetá - Tramo de análisis con variaciones de caudales mínimos mensuales.....	4-38
Figura 4-8. Modelo HEC-RAS 3D - río Inchiyaco Tramo de Análisis.....	4-39
Figura 4-9. Perfil Longitudinal de las láminas de agua en el río Inchiyaco - Tramo de análisis con variaciones de caudales medios mensuales.....	4-40
Figura 4-10. Perfil Longitudinal de velocidades del flujo de agua en el río Inchiyaco - Tramo de análisis con variaciones de caudales medios mensuales.....	4-41
Figura 4-11. Perfil Longitudinal de las láminas de agua en el río Inchiyaco - Tramo de análisis con variaciones de caudales mínimos mensuales	4-42
Figura 4-12. Perfil Longitudinal de velocidades del flujo de agua en el río Inchiyaco - Tramo de análisis con variaciones de caudales mínimos mensuales.....	4-43

Figura 4-13. Esquema metodológico	4-45
Figura 4-14. Esquema de modelación de calidad del agua del río	4-48
Figura 4-15. Tramo en estudio del río Caquetá	4-51
Figura 4-16. Tramo en estudio del río Inchiyaco	4-51
Figura 4-17. Resultados prueba de infiltración	4-59
Figura 4-18. Campo de aspersión para el APE Canelo Norte	4-69
Figura 4-19. Representación de parcelas para caracterizar las coberturas	4-95
Figura 4-20. Diseño de ZODME tipo	4-117
Figura 4-21. Esquema típico para la disposición de materiales estériles.	4-118
Figura 4-22. Sección típica para cuneta en piedra pegada, manejo de aguas de escorrentía perimetral al ZODME.	4-118
Figura 4-23. Estructura de caída en sacos de suelo cemento sección rectangular.	4-119
Figura 4-24. Sección de cunetas en sacos de suelo cemento en bermas intermedias.	4-119

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

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

En esta parte del documento se realiza un diagnóstico cualitativo y cuantitativo de los recursos naturales que se tienen proyectado demandar, usar, aprovechar y/o afectar durante la perforación exploratoria del proyecto Canelo Norte, propiedad de PETRONOVA Colombia, y que se localiza en jurisdicción del municipio de Puerto Guzmán, en el departamento del Putumayo y del municipio Piamonte del departamento del Cauca. Esta actividad de diagnóstico se realiza con el fin de establecer los posibles recursos naturales a intervenir, su manejo y grado de intervención.

En el área de interés se tiene planeado perforar un máximo de 4 plataformas multipozo de aproximadamente 7 Ha (área máxima de intervención) cada una, con la posibilidad de realizar la perforación de hasta 3 pozos exploratorios por cada una de ellas, y realizar una serie de obras de infraestructura asociadas a dicha actividad como son la adecuación y construcción de vías, instalación de facilidades tempranas de producción, líneas de flujo, líneas eléctricas y sitios de tratamiento para los residuos generados, entre otras.

Las etapas de movilización de equipos, construcciones, actividades de perforación, pruebas de producción y desmantelamiento se repetirán para todos los pozos exploratorios que se decida perforar.

Las pruebas de producción para los pozos exploratorios se realizarán en las facilidades tempranas que se adecuen en alguna de las plataformas de perforación, o llevando la producción de los pozos a las facilidades que se instalen. El transporte del crudo se hará por línea de flujo o por carrotanques.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-1
--------------------	--------------------	-------------------------	------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-1. Usos y aprovechamiento de recursos para el desarrollo de las actividades del área de interés exploratorio Canelo Norte

USO Y APROVECHAMIENTO	DESCRIPCIÓN																				
Aguas Superficiales	Para el desarrollo de las actividades de adecuación y construcción de obras civiles y de infraestructura (vías de acceso, líneas de flujo, líneas eléctricas, facilidades de producción, sitios de tratamiento de residuos, entre otras) y de perforación exploratoria en el APE Canelo Norte, se utilizarán las aguas superficiales de los ríos Caquetá e Inchiyaco, tanto para uso industrial como doméstico, a través de la definición de franjas de captación sobre los cuerpos de agua mencionados. Dentro de las franjas definidas solo se mantendrá un punto específico de captación.																				
	Las franjas proyectadas para ambos cuerpos de agua tienen una longitud de 1.500 metros, siguiendo el cauce de los ríos.																				
	Franjas de captación propuestas																				
	<table><tr><th rowspan="2">CUERPO DE AGUA</th><th rowspan="2">PUNTO No</th><th colspan="2">COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ</th></tr><tr><th>ESTE</th><th>NORTE</th></tr><tr><td rowspan="2">Río Caquetá</td><td>INICIO</td><td>754.781</td><td>599.765</td></tr><tr><td>FIN</td><td>755.570</td><td>600.447</td></tr><tr><td rowspan="2">Río Inchiyaco</td><td>INICIO</td><td>750.285</td><td>602.945</td></tr><tr><td>FIN</td><td>751.581</td><td>603.068</td></tr></table>	CUERPO DE AGUA	PUNTO No	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		ESTE	NORTE	Río Caquetá	INICIO	754.781	599.765	FIN	755.570	600.447	Río Inchiyaco	INICIO	750.285	602.945	FIN	751.581	603.068
	CUERPO DE AGUA			PUNTO No	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ																
ESTE		NORTE																			
Río Caquetá	INICIO	754.781	599.765																		
	FIN	755.570	600.447																		
Río Inchiyaco	INICIO	750.285	602.945																		
	FIN	751.581	603.068																		
	Fuente: C&MA Ltda., 2011																				
Aguas Subterráneas	No se contempla el aprovechamiento de aguas subterráneas durante las actividades exploratorias en el APE Canelo Norte.																				

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-1. Usos y aprovechamiento de recursos para el desarrollo de las actividades del área de interés exploratorio Canelo Norte

USO Y APROVECHAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Vertimientos	Los residuos industriales de la perforación de cada pozo exploratorio, incluyen una fracción líquida (aguas residuales), que se conducirá a las piscinas o a los tanques de tratamiento de aguas residuales industriales de la plataforma (de acuerdo al sistema de tratamiento elegido para el pozo). El efluente de las piscinas o los tanques debe cumplir con los requisitos de calidad del agua del decreto 1594/84 y el decreto 3930/10, para poder realizar la disposición mediante las siguientes alternativas: ✓ Disponerla en una franja de vertimiento autorizada sobre el río Caquetá, 100 metros aguas arriba del punto de captación. ✓ Disposición mediante riego por aspersión en las vías destapadas que se utilizarán para el proyecto o en un campo de aspersión que se podrá ubicar en áreas cercanas a las locaciones de los pozos exploratorios ✓ Tratamiento y disposición final por medio de empresas especializadas en el manejo de este tipo de residuos y que cuenten con los permisos ambientales requeridos para tal fin.
Ocupación de cauces	Para poder llegar a los diferentes puntos del APE se plantearon y proyectaron varios accesos, los cuales conllevarían las siguientes ocupaciones de cauce. Se construirán alcantarillas en los sitios indicados en la Tabla 4-41, para drenar la vía a adecuar y construir en el sector norte (desde el cabildo Rumiñawi a la Punta que es adecuación y desde la Punta hasta el APE que es construcción propiamente). Igualmente se contempla instalar dos puentes tipo Bailey para cruzar el cauce en dos puntos del río Inchiyaco.
Material de arrastre y de cantera	El material de afirmado, base y sub-base requerido durante la adecuación y/o construcción de las plataformas de perforación y de las vías de acceso a los pozos exploratorios se comprará a terceros debidamente legalizados.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-1. Usos y aprovechamiento de recursos para el desarrollo de las actividades del área de interés exploratorio Canelo Norte

USO Y APROVECHAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Aprovechamiento Forestal	De acuerdo con la cobertura vegetal del área de interés exploratorio Canelo Norte, durante la construcción de vías, plataformas para pozos, y demás infraestructura asociada al proyecto, se intervendrán zonas con cobertura vegetal de bosque fragmentado, vegetación secundaria o en transición, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, pastos limpios, y bosque de galería. Se plantea realizar un aprovechamiento forestal teniendo en cuenta los siguientes factores de volumen maderable por cobertura vegetal: • Bosque fragmentado (Volumen total m^3/ha) = 389,557 • Bosque de galería (Volumen total m^3/ha) = 252,627 • Vegetación secundaria (rastrero alto y bajo) (Volumen total m^3/ha) = 141,053 • Fustales en mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales (Volumen total m^3/ha) = 104,653.
Manejo de residuos	Para el adecuado manejo de los residuos sólidos domésticos deberá tenerse en cuenta la separación de los residuos reciclables, no reciclables / no biodegradables, orgánicos y especiales, con el fin de facilitar su manejo y disposición, teniendo en cuenta las medidas establecidas en el presente documento.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.1 AGUAS SUPERFICIALES

Para el desarrollo de las actividades de adecuación y construcción de obras civiles y de infraestructura (vías de acceso, líneas de flujo, líneas eléctricas, facilidades de producción, sitios de tratamiento de residuos, entre otras) y de perforación exploratoria en el APE Canelo Norte, se utilizarán las aguas superficiales de los ríos Caquetá e Inchiyaco, tanto para uso industrial como doméstico. También se cuenta con la alternativa de comprar el recurso a los acueductos del municipio de Puerto Guzmán y Piamonte, los cuales cuentan con la capacidad y disponibilidad para suplir las necesidades del proyecto.

De acuerdo con las perspectivas de exploración del área Canelo Norte, en el presente numeral se propone el aprovechamiento del recurso hídrico superficial a través de la definición de franjas de captación sobre los cuerpos de agua mencionados anteriormente. Dentro de las franjas definidas sobre el río Caquetá y el río Inchiyaco solo se mantendrá un punto específico de captación.

Desde el punto de vista hidrológico, el área de estudio donde se localiza el área de perforación exploratoria Canelo Norte, pertenece a la Vertiente del río Amazonas, la cuenca del río Caquetá y la subcuenca del río Inchiyaco. En el área se aprecian numerosos caños y quebradas; los principales afluentes de la cuenca y subcuenca del área de interés están representados por: el brazuelo Mangalpa, quebrada Trojayaco, quebrada El Vergel, caño Viudos, quebrada La Sierpe, quebrada Platanillo y demás drenajes superficiales (ver **anexo L: Cartografía – C&MA – PNVA – AMB – 1010 – 09 – 13 / 20: Hidrología**).

La cuenca del río Caquetá está ubicada en la zona nor-occidental de la cuenca hidrográfica del río Solimoes/Amazonas. El río Caquetá nace en el departamento del Cauca, en los Andes Colombianos y desemboca bajo el nombre de río Japurá, en el río Solimoes cerca de Tefé, en el Brasil. Su desnivel total es aproximadamente de 3.500m y su longitud total es aproximadamente 2.200km, con unos 1.200km en Colombia. La superficie de su cuenca está alrededor de los 289.000km² (Baker, 1978, citado a Gibbs, 1967), con 199.203km² en la parte Colombiana.

A partir de un drenaje de montaña con disección alta, el Río Caquetá encuentra pendientes bajas y pasa a tener patrones trenzados con barras de materiales aluviales heterométricos dependiendo de su localización, más adelante en su descenso, al encontrar topografías planas (Área de Interés Exploratorio Canelo Norte), éstas permiten que su energía baje y presenta meandros con variaciones en el ancho del cauce.

El Río Caquetá desciende desde su nacimiento en dirección Norte-Sur por el costado Oriental del Filo El Churumbelo mostrando un patrón de drenaje dendrítico y luego al encontrarse con el Río Mocoa a la altura de Puerto Limón se torna trenzado, con un patrón entre angular a paralelo cuando fluye en dirección Oeste-Este.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-5
--------------------	--------------------	-------------------------	------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

El área de drenaje del Área de Interés Exploratorio Canelo Norte se encuentra subdividida en varios escenarios hidrográficos enmarcada a nivel regional dentro de la dinámica fluvial del río Amazonas, y a nivel local del río Caquetá y al río Inchiyaco, correspondiente a una morfometría colinada a plana, con una alta densidad de cuerpos de agua de origen natural, aunque la mayoría de éstos de carácter permanente. Se destaca que el drenaje presente en el área de influencia del Área de Interés Exploratorio Canelo Norte exhibe, principalmente un patrón de drenaje de tipo subdendrítico y subparalelo.

4.1.1 Captación de agua

4.1.1.1 Caudales y volúmenes requeridos

De acuerdo con las actividades del proyecto, se estima que se requiere la captación del recurso hídrico superficial en un caudal de 3L/s para todas las etapas del proyecto, el cual se podrá captar de un solo punto sobre cada uno de los cuerpos de agua propuestos para el abastecimiento de agua (ríos Caquetá e Inchiyaco) o a través de la compra a los acueductos de Puerto Guzmán o Piamonte. El caudal necesario se da a partir de los usos definidos en la siguiente tabla:

Tabla 4-2. Caudales requeridos para el proyecto

Actividad/Etapa	Uso	Consumo		Observaciones
		L/s	Bbl/día	
Construcción y adecuación de obras civiles y de infraestructura	Doméstico	0	0	Los valores mostrados en la tabla se refieren a consumos máximos estimados que se pueden generar durante las actividades contempladas para el desarrollo del presente proyecto.
	Industrial	0,3	163,2	
	Factor de seguridad	0,1	54,4	
	Subtotal	0,4	217,6	
Perforación exploratoria	Doméstico	0,2	108,8	Durante la fase de perforación de los pozos exploratorios se utilizarán contenedores para el alojamiento del personal calificado, los cuales contarán con unidades sanitarias completas (sanitario, ducha y lavamanos), además de las instalaciones requeridas para el lavado de implementos de cocina y aseo general.
	Industrial	1,8	979,2	
	Factor de seguridad	0,3	163,2	
	Subtotal	2,3	1251,2	
Operación de las facilidades de producción y pruebas cortas y extensas	Doméstico	0,1	54,4	El agua para consumo humano durante las etapas del proyecto será suministrada por el contratista a cargo, utilizando para ello agua purificada en botellones.
	Industrial	0,1	54,4	
	Factor de seguridad	0,1	54,4	
	Subtotal	0,3	163,2	
Total		3	1632	Durante la etapa de pruebas de producción, laborarán aproximadamente hasta 20 personas, para lo cual se requiere agua para uso doméstico.

Fuente: C&MA, 2011

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-6
--------------------	--------------------	-------------------------	------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

La siguiente tabla detalla el volumen de agua que se requiere para el proyecto según el número de días que duran las actividades o etapas enlistadas con anterioridad.

Tabla 4-3. Volúmenes requeridos por el proyecto

Actividad/Etapa	Consumo		Duración (días)	Volumen a consumir (m ³)
	L/s	Bbl/día		
Construcción y adecuación de obras civiles y de infraestructura	0,4	217,6	90	3.110,4
Perforación exploratoria	2,3	1251,2	90	17.884,8
Operación de las facilidades de producción (pruebas cortas y extensas)	0,3	163,2	180	4.665,6

*Volumen requerido por pozo exploratorio; si se realiza la perforación de las 4 plataformas multipozo (3 pozos por plataforma) se requerirá de un volumen máximo aproximado de 307.929,6 m³ de agua para la perforación de 12 pozos exploratorios.

Fuente: C&MA, 2011

De acuerdo con la estimación de caudales analizada con el método de grupos de cuencas hidrológicamente similares se obtuvo que el caudal mínimo para el río Caquetá durante el año es de 173,4m³/s y del río Inchiyaco es de 4,7 m³/s, presentándose en el mes de febrero para los dos cuerpos agua (ver Tabla 4-7 y Tabla 4-8), teniendo en cuenta lo descrito en los aspectos hidrológicos del capítulo 3, del presente documento. De acuerdo con lo anterior se determinó que para el APE Canelo Norte puede hacerse uso del agua superficial de los ríos Caquetá e Inchiyaco sin afectar la oferta del recurso hídrico en la zona. Esto se comprueba al calcular un factor de relación entre el caudal mínimo estimado por modelación para el cuerpo de agua (situación de estiaje), y el caudal necesario para el desarrollo del proyecto.

Tabla 4-4. Factor de relación entre caudal mínimo y caudal necesario

Río	Caudal máximo del río calculado por modelación (Q _{max} , m ³ /s)	Caudal mínimo del río calculado por modelación (Q _{min} , m ³ /s)	Caudal necesario para el proyecto (Q _{provector} , m ³ /s)	Factor (Q _{min} /Q _{proyecto})
Río Caquetá	2183,3	173,4	0,003	57.800
Río Inchiyaco	59,5	4,7	0,003	1566,6

Fuente: C&MA, 2011

De acuerdo con la Tabla 4-4, se determinó que los ríos Caquetá e Inchiyaco, cuerpos de agua propuestos para la captación, tienen el caudal requerido para el proyecto sin afectar la disponibilidad del recurso para los habitantes del sector.

Volumen de agua requerido para las pruebas hidrostáticas

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-7
--------------------	--------------------	-------------------------	------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Teniendo en cuenta que el área de interés exploratorio Canelo Norte se dividió en 2 sectores (Norte y Sur), y que se plantea construir hasta un total de 4 plataformas multipozos, cada una con hasta 3 pozos exploratorios, se calcula el volumen de agua requerido para las pruebas hidrostáticas teniendo en cuenta lo siguiente.

Tabla 4-5. Volumen de agua requerido para las pruebas hidrostáticas

Sector	Longitud estimada máxima de tubería unitaria (km)	Longitud máxima por cantidad de plataformas(km)	Diámetro máximo líneas de flujo (pulg.)	Volumen de agua necesario (m³)
Norte	4,7	9,4	6	171,5
Occidental	2,5	5		29
Volumen total de agua requerido por pruebas hidrostáticas				200,5

Fuente: C&MA, 2011

En total para las pruebas hidrostáticas de las líneas de flujo proyectadas a construir en el área de interés exploratorio Canelo Norte se requieren aproximadamente 200,5 m³, volumen que está incluido dentro de los consumos estimados para la etapa de pruebas de producción.

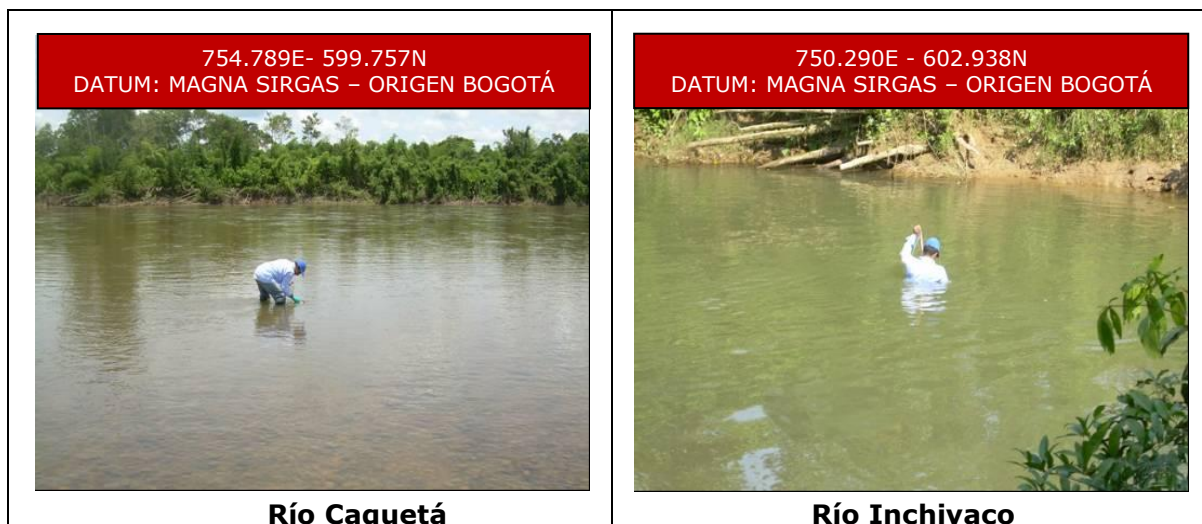
Volumen de agua requerido para las pruebas de producción

El volumen requerido para las pruebas extensas es de 0,3 L/s, que equivalen a 163,2bbl/día; como el tiempo estimado de las pruebas extensas es de 180 días el volumen total a requerir para esta etapa es de 29.3357Bbl (4.665,6m³)(ver Tabla 4-3).

4.1.2 Cuerpos de agua y puntos de captación

Con base a la ubicación del APE Canelo Norte y de las características ambientales y sociales de la zona de estudio, las corrientes a intervenir serán los ríos Caquetá e Inchiyaco (ver Fotografía 4-1).

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	



Fotografía 4-1. Cuerpos de agua propuestos para la captación

Fuente: Trabajo de campo Canelo Norte. C&MALtda., 2011

La intervención de las corrientes hídricas se realizará a partir de la definición de franjas de captación homogéneas para el río Caquetá y el río Inchiyaco, teniendo en cuenta para esta definición la caracterización fisicoquímica e hidrobiológica aguas arriba y aguas abajo del tramo de cada corriente, sobre la cual no se evidencian diferencias relevantes (ver Tabla 4-10), al igual que las características hidráulicas uniformes para las franjas propuestas, donde además se analizó la información hidrológica de las cuencas, determinando que sobre las áreas a intervenir no se presentan cambios en su régimen de caudales unitemporales y no se presentan usos adicionales que cambien la dinámica hídrica del cuerpo de agua sobre el trayecto objeto de estudio (ver Anexo I: Capacidad de Asimilación – Informe Hidráulico e Hidrológico de las franjas del río Caquetá y río Inchiyaco). Sobre las franjas se podrá tomar el recurso por medio de un solo punto específico, utilizando motobomba y manguera, o en caso de ser posible por medio de carrotanques.

Las siguientes coordenadas corresponden a las franjas propuestas para realizar la captación de agua en el desarrollo de las actividades de perforación exploratoria del APE Canelo Norte. Las franjas proyectadas para ambos cuerpos de agua tienen una longitud de 1.500 metros, siguiendo el cauce de los ríos.

Tabla 4-6. Franjas de captación propuestas

CUERPO DE AGUA	PUNTO No	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		UBICACIÓN	LONGITUD DE LA FRANJA
		ESTE	NORTE		
Río Caquetá	INICIO	754781	599765	Sector Norte: Departamento de Cauca, Municipio de Piamonte, Vereda El Caraño.	1.500 m

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-9
--------------------	--------------------	-------------------------	------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

CUERPO DE AGUA	PUNTO No	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		UBICACIÓN	LONGITUD DE LA FRANJA
		ESTE	NORTE		
				Sector Sur: Departamento de Putumayo, Municipio de Puerto Guzmán, Vereda Puerto Rosario	
	FIN	755570	600447	Sector Norte: Departamento de Cauca, Municipio de Piamonte, Vereda Villa de los Prados Sector Sur: Departamento de Putumayo, Municipio de Puerto Guzmán, Vereda Puerto Rosario	
Río Inchiyaco	INICIO	750285	602945	Departamento de Cauca Municipio de Piamonte Vereda La Esmeralda	1.500m
	FIN	751581	603068	Departamento de Cauca Municipio de Piamonte Vereda La Samaritana	

Fuente: C&MA Ltda., 2011

Como segunda alternativa para la adquisición del recurso hídrico se plantea la opción de comprarle el agua al acueducto de los municipios de Puerto Guzmán y/o Piamonte, los cuales tienen la disponibilidad y capacidad suficiente para suplir las necesidades del proyecto, sin generar una presión significativa sobre el sistema.

4.1.3 Caudales y volúmenes de agua

Con el fin de determinar los caudales máximos, medios y mínimos de los cuerpos de agua sujetos a intervención por la captación del recurso hídrico para abastecer las necesidades del presente proyecto, se procedió a la aplicación del modelo de estimación de caudales a través del **método de grupos de cuencas hidrológicamente similares, para aéreas de drenaje adyacentes con superficies superiores a los 50 Km²**; el cual se basa en los análisis y estimaciones realizadas para las cuencas que cuentan con estaciones hidrométricas equivalentes.

Para el análisis de las cuencas asumidas como cuencas equivalentes y las hidrológicamente similares, se utilizó información de las series históricas de caudales de las estaciones localizadas en las corrientes del área de influencia del APE Canelo Norte. Para dicha caracterización se tomaron los registros de las corrientes que poseen datos históricos de caudales en el IDEAM, donde se definieron factores de relación de áreas como factores de transformación de caudales de cuencas hidrológicamente similares.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-10
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Teniendo en cuenta lo anterior, se ubicaron las estaciones hidrométricas equipadas con limnigráfo y asumidas como cuencas equivalentes, para cada uno de los sitios de la corriente del río Caquetá, posteriormente se optó por definir las áreas de drenaje donde se requeriría estimar el caudal para las fuentes a intervenir sobre los ríos Caquetá e Inchiyaco; lo anterior con el fin de conocer la relación de áreas entre estas y las cuencas equivalentes.

De acuerdo con esta metodología se estimaron los caudales máximos, medios y mínimos para las corrientes que caracterizan el área de influencia directa del Área de Interés Exploratorio Canelo Norte, teniendo en cuenta los caudales registrados en las estaciones; además de su respectiva área de drenaje, para posteriormente proyectarlos y/o estimarlos.

Tabla 4-7. Caudal máximo, medio y mínimo del río Caquetá

ESTACION	CORRIENTE	AREA [Km ²]	PARAMETRO		CAUDAL Y RENDIMIENTO MEDIO MENSUAL MULTIANUAL												
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
4401711 ANDAQUI 1983 - 2006	Rio Caquetá Valores Medios	4452.3	Caudal [m³/s]	Med	265.3	280.2	301.0	401.8	535.7	696.9	679.4	543.4	397.8	346.9	324.7	289.1	421.9
				Max	373.7	455.0	379.0	653.1	851.0	1773.0	957.0	691.2	554.0	469.1	422.0	373.8	1773.0
				Min	163.0	140.8	203.0	210.0	313.0	397.0	520.5	285.0	287.0	258.0	151.4	186.9	140.8
			Rendimiento [lt/s-Km²]	Med	59.6	62.9	67.6	90.2	120.3	156.5	152.6	122.0	89.3	77.9	72.9	64.9	94.7
				Max	83.9	102.2	85.1	146.7	191.1	398.2	214.9	155.2	124.4	105.4	94.8	84.0	148.8
				Min	36.6	31.6	45.6	47.2	70.3	89.2	116.9	64.0	64.5	57.9	34.0	42.0	58.3
			%Q/Qa		5.2	5.5	5.9	7.9	10.6	13.8	13.4	10.7	7.9	6.9	6.4	5.7	100.0
			Qmax/Qmed		1.4	1.6	1.3	1.6	1.6	2.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5
			Qmin/Qmed		0.6	0.5	0.7	0.5	0.6	0.6	0.8	0.5	0.7	0.7	0.5	0.6	0.6
			%Qmax	Max	7.4	9.0	7.5	12.9	16.8	35.0	18.9	13.7	10.9	9.3	8.3	7.4	13.1
%Qmin	Min	3.2	2.8	4.0	4.1	6.2	7.8	10.3	5.6	5.7	5.1	3.0	3.7	5.1			
Estimación Pto. 1 de Captación	Rio Caquetá Valores medios	5482.6	Caudal [m³/s]	Med	326.7	345.0	370.7	494.8	659.7	858.2	836.6	669.1	489.8	427.2	399.8	356.0	519.5
				Max	460.2	560.3	466.7	804.2	1047.9	2183.3	1178.4	851.1	682.2	577.6	519.6	460.3	2183.3
				Min	200.7	173.4	250.0	258.6	385.4	488.9	640.9	350.9	353.4	317.7	186.4	230.1	173.4
			Rendimiento [lt/s-Km²]	Med	59.6	62.9	67.6	90.2	120.3	156.5	152.6	122.0	89.3	77.9	72.9	64.9	94.7
				Max	83.9	102.2	85.1	146.7	191.1	398.2	214.9	155.2	124.4	105.4	94.8	84.0	148.8
				Min	36.6	31.6	45.6	47.2	70.3	89.2	116.9	64.0	64.5	57.9	34.0	42.0	58.3
			%Q/Qa		5.2	5.5	5.9	7.9	10.6	13.8	13.4	10.7	7.9	6.9	6.4	5.7	100.0
			Qmax/Qmed		1.4	1.6	1.3	1.6	1.6	2.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5
			Qmin/Qmed		3.4	2.8	3.7	2.9	3.2	3.1	4.2	2.9	4.0	4.1	2.6	3.5	3.4
			%Qmax	Max	7.4	9.0	7.5	12.9	16.8	35.0	18.9	13.7	10.9	9.3	8.3	7.4	13.1
%Qmin	Min	17.7	15.2	22.0	22.7	33.9	43.0	56.4	30.9	31.1	27.9	16.4	20.2	28.1			

Tabla 4-8. Caudal máximo, medio y mínimo del río Inchiyaco

ESTACION	CORRIENTE	AREA [Km ²]	PARAMETRO		CAUDAL Y RENDIMIENTO MEDIO MENSUAL MULTIANUAL												
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
4401711 ANDAQUI 1983 - 2006	Rio Caquetá Valores Medios	4452.3	Caudal [m ³ /s]	Med	265.3	280.2	301.0	401.8	535.7	696.9	679.4	543.4	397.8	346.9	324.7	289.1	421.9
				Max	373.7	455.0	379.0	653.1	851.0	1773.0	957.0	691.2	554.0	469.1	422.0	373.8	1773.0
				Min	163.0	140.8	203.0	210.0	313.0	397.0	520.5	285.0	287.0	258.0	151.4	186.9	140.8
			Rendimiento [lt/s-Km ²]	Med	59.6	62.9	67.6	90.2	120.3	156.5	152.6	122.0	89.3	77.9	72.9	64.9	94.7
				Max	83.9	102.2	85.1	146.7	191.1	398.2	214.9	155.2	124.4	105.4	94.8	84.0	148.8
				Min	36.6	31.6	45.6	47.2	70.3	89.2	116.9	64.0	64.5	57.9	34.0	42.0	58.3
			%Q/Qa		5.2	5.5	5.9	7.9	10.6	13.8	13.4	10.7	7.9	6.9	6.4	5.7	100.0
			Qmax/Qmed		1.4	1.6	1.3	1.6	1.6	2.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5
			Qmin/Qmed		0.6	0.5	0.7	0.5	0.6	0.6	0.8	0.5	0.7	0.7	0.5	0.6	0.6
			%Qmax	Max	7.4	9.0	7.5	12.9	16.8	35.0	18.9	13.7	10.9	9.3	8.3	7.4	13.1
Estimación Pto. 2 de Captación	Rio Inchiyaco Valores medios	149.51	Caudal [m ³ /s]	Med	8.9	9.4	10.1	13.5	18.0	23.4	22.8	18.2	13.4	11.6	10.9	9.7	14.2
				Max	12.5	15.3	12.7	21.9	28.6	59.5	32.1	23.2	18.6	15.8	14.2	12.6	59.5
				Min	5.5	4.7	6.8	7.1	10.5	13.3	17.5	9.6	9.6	8.7	5.1	6.3	4.7
			Rendimiento [lt/s-Km ²]	Med	59.6	62.9	67.6	90.2	120.3	156.5	152.6	122.0	89.3	77.9	72.9	64.9	94.7
				Max	83.9	102.2	85.1	146.7	191.1	398.2	214.9	155.2	124.4	105.4	94.8	84.0	148.8
				Min	36.6	31.6	45.6	47.2	70.3	89.2	116.9	64.0	64.5	57.9	34.0	42.0	58.3
			%Q/Qa		5.2	5.5	5.9	7.9	10.6	13.8	13.4	10.7	7.9	6.9	6.4	5.7	100.0
			Qmax/Qmed		1.4	1.6	1.3	1.6	1.6	2.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5
			Qmin/Qmed		0.09	0.08	0.10	0.08	0.09	0.09	0.11	0.08	0.11	0.11	0.07	0.10	0.09
			%Qmax	Max	7.4	9.0	7.5	12.9	16.8	35.0	18.9	13.7	10.9	9.3	8.3	7.4	13.1
			%Qmin	Min	0.5	0.4	0.6	0.6	0.9	1.2	1.5	0.8	0.8	0.8	0.4	0.6	0.8

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Al comparar los caudales aforados con relación a los estimados por el método de cuencas aferentes, se puede apreciar que los valores hallados corresponden a los valores medios multimensuales reportados para el mes de estudio, garantizándose la disponibilidad del recurso para el proyecto y sus usos actuales, con base en las relaciones de caudales estimadas con los valores mínimos multitemporales.

De igual manera, y con el fin de tener una estimación de caudales más certera de los cuerpos de agua a usar en el presente proyecto, se realizó la batimetría y modelación hidráulica de los caudales medios y mínimos de los ríos Caquetá e Inchiyaco (ver **Anexos I-J HEC-RAS- río Caquetá y HEC-RAS- río Inchiyaco**), siendo estos estudios representativos para efectos de la solicitud de aprovechamiento de aguas superficiales, en la medida en que dan como resultado el volumen de agua disponible en las partes altas de las franjas, sin tener en cuenta el aporte de los drenajes que aumentarán el caudal de las corrientes aguas abajo de las mismas, y por tanto servirán para evaluar la disponibilidad del recurso en condición crítica para la ejecución de las actividades exploratorias del APE Canelo Norte.

4.1.4 Calidad de agua en los ríos Caquetá e Inchiyaco

Con el fin de evaluar la calidad del agua de los ríos Caquetá e Inchiyaco, se calculó el **índice de calidad del agua (ICA)**, el cual fue desarrollado en 1970 por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF) de los Estados Unidos, con el objeto de establecer el comportamiento óptimo de las variables identificadas en los estudios de calidad del agua. Para aplicar dicho índice al presente estudio se requiere la utilización de los datos obtenidos a partir de la evaluación de los siguientes parámetros de importancia:

- Oxígeno disuelto (OD) - (ponderación relativa 0,17)
- Coliformes fecales - (ponderación relativa 0,15)
- Potencial de hidrógeno (pH) - (ponderación relativa 0,12)
- Demanda biológica de oxígeno (DBO₅) - (ponderación relativa 0,1)
- Nitratos (NO₃⁻) - (ponderación relativa 0,1)
- Fosfatos (PO₄³⁻) - (ponderación relativa 0,1)
- Temperatura - gradiente térmico - (ponderación relativa 0,1)¹
- Turbiedad - (ponderación relativa 0,08)
- Sólidos Disueltos Totales (SDT) - (ponderación relativa 0,08)

El índice de calidad de agua ICA se calcula a partir de las anteriores ponderaciones y su cálculo proporciona como resultado un valor localizado en una escala de 1 a 100, donde 100 corresponde a las condiciones óptimas del recurso. El valor del índice disminuye con el aumento de la contaminación del cuerpo de agua en estudio. En la siguiente tabla se relacionan los valores con su descripción y color.

¹ Gradiente térmico = [Temperatura ambiente (°C) – Temperatura del agua (°C)]

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-14
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-9. Clasificación ICA

CALIDAD DE AGUA	VALOR	COLOR
Excelente	91 a 100	
Buena	71 a 90	
Regular	51 a 70	
Mala	26 a 50	
Pésima	0 a 25	

En la Tabla 4-8 se presenta la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de los cuerpos de agua sujetos a captación (ver **Anexo B: Resultados Fisicoquímicos, Hidrobiológicos, Suelos e ICA**), datos a utilizar para el posterior análisis, cálculo e interpretación del ICA.

Tabla 4-10. Resultados caracterizaciones fisicoquímicas y bacteriológicas

PARÁMETRO	UNIDAD	Río Caquetá		Río Inchiyaco	
		Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
		Coordenadas Origen Bogotá, Datum Magna Sirgas			
		754781,3E 599765,2N	755570,4 E 600446,9 N	750285,1 E 602945,3 N	751581,1 E 603068,2 N
Acidez	mg CaCO ₃ /L	1.2	1.1	ND < 0.10	ND < 0.10
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	16.3	13.2	23.6	23.2
Bario	mg Ba/L	ND < 0.05	ND < 0.05	ND < 0.05	ND < 0.05
Bicarbonatos	mg HCO ₃ /L	13.6	11.1	18.2	17.6
Cadmio	mg Cd/L	ND < 0.02	ND < 0.02	ND < 0.02	ND < 0.02
Calcio	mg Ca/L	12.3	14.3	25.3	26.1
Carbonatos	mg HCO ₃ /L	2.1	1.8	5.1	4.8
Carbono Orgánico	mg / L	0.63	0.71	1.2	1.3
Cloruros	mg Cl ⁻ / L	16.8	17.1	20.1	22.3
Coliformes Fecales	UFC/100mL	85	91	44	52
Coliformes Totales	UFC/100mL	156	144	148	153
Conductividad	μS /cm	144	151	96	98
DBO ₅	mg O ₂ /L	16.4	17.1	10.1	11.9
DQO	mg O ₂ /L	23.6	21.6	17.8	18.3
Fenoles totales	mg/L	ND < 0.02	ND < 0.02	ND < 0.02	ND < 0.02
Fosfatos	mg PO ₄ ⁻² /L	0.22	0.23	0.33	0.31
Fósforo inorgánico	mg P/L	0.36	0.44	1.3	1.2

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-15
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

PARÁMETRO	UNIDAD	Río Caquetá		Río Inchiyaco	
		Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
		Coordenadas Origen Bogotá, Datum Magna Sirgas			
		754781,3E 599765,2N	755570,4 E 600446,9 N	750285,1 E 602945,3 N	751581,1 E 603068,2 N
Fósforo orgánico	mg P/L	0.44	0.51	0.41	0.36
Grasas y aceites	mg/L	1.6	1.3	0.89	0.91
Hidrocarburos	mgTPH/L	ND < 0.10	ND < 0.10	ND < 0.10	ND < 0.10
Hierro	mg Fe/L	0.52	0.61	1.1	1.2
Magnesio	mg Mg/L	6.3	7.4	12.6	14.1
Mercurio	mg Hg/L	ND < 0.001	ND < 0.001	ND < 0.001	ND < 0.001
Nitratos	mg NO ₃ ⁻¹ /L	4.1	5.0	3.2	2.9
Nitritos	mg NO ₂ ⁻¹ /L	1.1	1.3	1.3	1.4
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ /L	0.16	0.23	0.06	0.08
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L O ₂	5.9	5.8	6.0	5.8
pH	Unidades de pH	7,44	NR	7,12	NR
Plaguicidas organoclorados	mg/L	ND < 0.02	ND < 0.02	ND < 0.02	ND < 0.02
Plaguicidas organofosforados	mg/L	ND < 0.02	ND < 0.02	ND < 0.02	ND < 0.02
Plomo	mg Pb/L	ND < 0.02	ND < 0.02	ND < 0.02	ND < 0.02
Potasio	mg K/L	12.6	14.1	6.3	7.4
Sodio	mg Na/L	24.3	26.3	15.6	14.7
Sólidos disueltos	mg/L	98	116	52	59
Sólidos sedimentables	ml/L	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Sólidos suspendidos	mg/L	121	131	96	110
Sólidos totales	mg/L	219	247	148	169
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L	2.3	2.8	1.3	1.4
Temperatura	°C	27,4	NR	26,1	NR
Tensoactivos	mg ABS/L	ND < 0.05	ND < 0.05	ND < 0.05	ND < 0.05
Turbiedad	NTU	74	78	89	96

Fuente: Resultados de análisis físicoquímicos y bacteriológicos realizados por el Laboratorio PSL PROANALISIS LTDA, 2010.

ND: No Detectado

NR: No registrado

Corresponde a valores que no cumplen con el Decreto 1594 de 1984 para algunos usos potenciales del agua en relación a consumo humano.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-16
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

 Corresponde a aquellos valores que no cumplen con la norma de agua potable, resolución 2115 de 2007.

 Corresponde a aquellos valores que no cumplen ni con el Decreto 1594 de 1984 ni con la resolución 2115 de 2007.

Comparando los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos con los valores permitidos para los diferentes usos definidos por el Decreto 1594 del 1984² y la Resolución 2115 de 2007, se estableció que los cuerpos de agua evaluados no puede ser utilizado para el consumo humano directo sin someterlo previamente a algún tipo de tratamiento, ya que de los análisis realizados, se puede concluir, como los datos lo demuestran, que ni el río Caquetá ni el Inchiyacocumplen con los requisitos que exige la normatividad en calidad de agua para consumo humano, y que por ende, pensar en su uso conlleva inevitablemente a realizar algún tipo de tratamiento de potabilización. Es así, como de un total de 2 cuerpos de agua y 47 parámetros monitoreados, 4 de estos parámetros (turbiedad, nitritos, hierro y coliformes totales) incumplen con la normatividad (Resolución 2115/07).

Las concentraciones y valores encontrados para estos ríos referentes a los parámetros de incumplimiento se encuentran consignados en la tabla 4-8.

El análisis completo de la calidad de agua para los ríos Caquetá e Inchiyaco, así como para otros cuerpos de agua dentro del área de interés exploratorio Canelo Norte se encuentra en el Capítulo 3 (Caracterización del Área de Influencia del Proyecto) del presente documento.

En la Tabla 4-11 se resumen los valores de los 9 parámetros sobre los que se fundamenta el cálculo del ICA para cada cuerpo de agua, y así mismo, se presenta el resultado de su cálculo.

Tabla 4-11. Resultados ICA

PARÁMETRO	UNIDAD	Río Caquetá	Río Inchiyaco
		1'088.773E	1'084.277 E
		599.688N	602.862N
Coliformes Fecales	UFC/100mL	85	44
DBO ₅	mg O ₂ /L	16.4	10.1
Fosfatos	mg PO ₄ ⁻² /L	0.22	0.33
Nitratos	mg NO ₃ ⁻¹ /L	4.1	3.2
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L O ₂	5.9	6.0
pH	Unidad de pH	7,44	7,12
Sólidos disueltos	mg/L	98	52

² El decreto 3930/10 (nuevo decreto de vertimientos), fue parcialmente modificado por el decreto 4728 de 2010, siendo este último el que amplía el plazo para definir los límites de vertimiento a cuerpos de agua superficiales, además de modificar otros artículos, el decreto 1594/84 es usado en el presente trabajo.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

PARÁMETRO	UNIDAD	Río Caquetá	Río Inchiyaco
		1'088.773E	1'084.277 E
		599.688N	602.862N
Temperatura agua	°C	27,4	26,1
Temperatura ambiente	°C	32,4	34,3
Turbiedad	NTU	74	89
RESULTADO ICA		63,83	63,06

Fuente: C&MALtda., 2011.

Los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) permiten tener una visión global de la calidad del recurso hídrico en las fuentes de captación propuestas. Los valores de la Tabla 4-11 muestran que en los cuerpos de agua evaluados, se presenta una calidad del recurso hídrico **"Regular"**.

Con estos resultados se concluye como determinantes en el cálculo y resultado del ICA los valores de coliformes fecales, DBO₅ y turbidez, especialmente este último parámetro.

Esta situación se observa puesto que al leer el valor del subíndice para cada parámetro³, se ve como para los valores de coliformes fecales, DBO₅ y turbidez, se obtienen los datos más bajos en una escala de 0 a 100 con respecto a cada subíndice, siendo 100 la condición ideal y 0 la no deseada.

También es de resaltar que para los ríos Caquetá e Inchiyaco, los gradientes de temperatura 5 y 8.2 °C respectivamente, contribuyen para que la calificación de la calidad de agua de estos ríos sea regular.

Los subíndices cercanos a 100, como por ejemplo los pertenecientes a PO₄⁻², hacen referencia a las condiciones de calidad de agua que resultan favorables o idóneas. Por ejemplo, en los ríos Caquetá e Inchiyaco, el valor de fosfatos es cercano a 0 mg PO₄⁻²/L (0.22 y 0.33 mg PO₄⁻²/L respectivamente), lo que resulta favorable para evitar circunstancias como la eutrofización de los cuerpos de agua por exceso de nutrientes.

Calidad Hidrobiológica

En los lugares de monitoreo físico-químico para los ríos Caquetá e Inchiyaco se hicieron también muestreos hidrobiológicos para macroinvertebrados con el fin de evaluar la calidad hidrobiológica del recurso hídrico, mediante el cálculo por el método Biological Monitoring Working Party en su versión para Colombia (BMWP/Co).

³ INDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL "ICA". Disponible en línea: [26 de Enero de 2011] <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica.

Este índice da puntuación a 131 familias de macroinvertebrados que son utilizados como indicadores de acuerdo con la correspondiente sensibilidad a la contaminación. La suma de los valores de todas las familias identificadas da un valor final del índice que permite clasificar los resultados en 5 clases, cada una de las cuales corresponde a un nivel diferente de calidad ecológica de las aguas; además, por medio de éste índice se determinó el valor ASPT, que consiste en promediar los valores obtenidos en cada punto de muestreo (ROLDAN, 2003).

Hay cinco clases de calidad de aguas resultantes al sumar la puntuación obtenida por las familias encontradas en un ecosistema determinado. El total de los puntos se designan como valores BMWP/Co. De acuerdo con el puntaje obtenido en cada situación, se califican las distintas clases de agua como se muestra en la tabla 4-10 **Significado de los valores de BMWP/Co**.

Tabla 4-12. Significado de los valores de BMWP/Co

CLASE	CALIDAD	BMWP/Co	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	> 150	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	101-120	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	61 – 100	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	36 – 60	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Crítica	16 – 35	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo
		< 15		

Fuente: Informe hidrobiológico. C&MA Ltda., 2011.

Los valores del BMWP/Co y el ASTP que se obtuvieron para los cuerpos de agua monitoreados (ríos Caquetá e Inchiyaco) se presentan a continuación.

Tabla 4-13. Valores de BMWP/Co para macroinvertebrados bentónicos

FAMILIA	Río Inchiyaco	Río Caquetá
Ceratopogonidae		4
Chironomidae	2	2
Baetidae	4	4
Leptophlebiidae	10	
Índice BMWP/Co	16	10
Valor ASTP	5.33	3.33

Fuente: Informe hidrobiológico. C&MA Ltda., 2011.

Según los resultados reportados en la Tabla 4-12, se tiene para el río Caquetá un agua que resulta de calidad muy crítica con un valor del BMWP/Co de 10, y que se describe como agua fuertemente contaminada. En cuanto al río Inchiyaco, éste tiene un valor del BMWP/Co de 16, y que se describe como agua muy contaminada y de calidad crítica.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-19
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.1.5 Inventario de usos del recurso hídrico aguas arriba y aguas debajo de las franjas de captación propuestas

Los cuerpos de agua sujetos a intervención por el proyecto, tiene los siguientes usos potenciales del recurso hídrico:

Tabla 4-14. Información relativa a puntos de muestreo

CUERPO DE AGUA	OBSERVACIONES DEL PUNTO DE MUESTREO
Río Caquetá aguas arriba	El punto no presenta viviendas cercanas ni descargas de aguas residuales domésticas en puntos cercanos. En zonas aledañas al punto de monitoreo tanto aguas arriba como aguas abajo se realiza actividad de extracción aurífera en polvo o bloque menudo de playa. 400m aguas arriba de este punto desemboca el brazuelo de Mangalpa (brazo del río Caquetá) que recoge todas las aguas servidas de las veredas Delicias de Mangalpa y San Cayetano. A lado y lado del punto del monitoreo se identifican cultivos de plátano y yuca. Las aguas del río Caquetá en este punto son muy poco utilizadas para captación y uso doméstico. En el río se desarrollan actividades de pesca artesanal; el cuerpo de agua es navegable en su totalidad. Tiene uso recreacional.
Río Caquetá aguas abajo	El punto no presenta viviendas cercanas ni descargas de aguas residuales domésticas en puntos cercanos. En zonas aledañas al punto de monitoreo tanto aguas arriba como aguas abajo se realiza actividad de extracción aurífera en polvo o bloque menudo de playa. A lado y lado del punto del monitoreo se identifican cultivos de plátano y yuca. Las aguas del río Caquetá en este punto son utilizadas para captación y uso doméstico, pesca, y el río es navegable en su totalidad. Tiene uso recreacional. 2km aguas abajo de la franja de captación se encuentra el caserío de la vereda Puerto Rosario, en donde sus habitantes no cuentan con sistema de alcantarillado y en su mayoría las casas que se encuentran a la ribera del río Caquetá descargan sus aguas residuales domésticas (negras y grises) directamente sobre el cuerpo de agua. En el caserío no se evidencia la captación de agua sobre el río Caquetá para el consumo doméstico o industrial.
Río Inchiyaco aguas arriba	En el punto de monitoreo se observó un cambio acentuado en las características físico-químicas del agua con respecto a las anteriores visitas, ya que en uno de sus afluentes aguas arriba (quebrada la Sierpe) se está realizando la extracción ilegal de oro con el uso de químicos y dragas mecánicas, aumentando notablemente los sólidos del cauce.
Río Inchiyaco aguas abajo	En la zona se identificaron vertimientos de aguas negras de las viviendas. El cauce es utilizado para el uso doméstico de los pobladores, recreacional y para pesca. El cauce es navegable en pequeños botes. Se presentan algunas zonas como abrevadero de animales.

Fuente: Trabajo de campo Canelo Norte. C&MA Ltda., 2011.

Fuente de captación y receptora de aguas servidas: Aunque las aguas superficiales no son la principal fuente abastecimiento del recurso hídrico para consumo doméstico y humano de los habitantes del área de estudio (abastecimiento

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-20
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

por medio de aljibes o aguas lluvia), se realizó un inventario de las captaciones y vertimientos presentes (lavado de ropa, vertimientos aguas residuales domésticas (negras y grises) – disposición a campo abierto) 1km aguas arriba 1km aguas abajo de la franja propuesta encontrando los siguientes usuarios y fuentes contaminantes.

Tabla 4-15. Listado de usuarios de captación y generadores de aguas servidas sobre los ríos Caquetá e Inchiyaco (aguas arriba y aguas abajo de las franjas de intervención propuestas)

CUERPO DE AGUA	INFRAESTRUCTURA	VEREDA	TIPO DE USO	COORDENADAS DE PUNTOS Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				ESTE	NORTE
Río Caquetá	Finca Laura Jojoa	Puerto Rosario	Captación (abrevadero y riego cultivos)	755075,0	600455,3
	Finca Laura Jojoa	Puerto Rosario	Captación (abrevadero y riego cultivos)	755584,1	600147,7
	Caserío Puerto Rosario	Puerto Rosario	Vertimiento (aguas negras y grises a campo abierto)	756293,6	599008,3
				756293,5	598973,3
				756614,8	599056,1
				756703,9	599123,1
	Extracción aurífera	Villa de los Prados	Vertimiento (aguas negras por infiltración)	755759,3	600284,6
	Vivienda	Villa de los Prados	Captación (abrevadero y riego cultivos) Vertimiento (aguas negras por infiltración)	755805,4	600294,6
	Vivienda	Villa de los Prados	Captación (abrevadero y riego cultivos) Vertimiento (aguas negras por infiltración)	755906,1	599879,2
Río Inchiyaco	Extracción aurífera	El Caraño	Vertimiento (aguas negras por infiltración)	754430,7	599342,2
	Viviendas	La Esmeralda	Captación (abrevadero, riego cultivos y uso doméstico) Vertimiento (aguas negras por infiltración)	749548,3	602696,8
			Captación (abrevadero y uso doméstico)	749903,7	602831,5
			Captación (abrevadero y uso doméstico)	750050,8	602875,4
			Captación (abrevadero y uso doméstico)	750004,7	602785,4

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

CUERPO DE AGUA	INFRAESTRUCTURA	VEREDA	TIPO DE USO	COORDENADAS DE PUNTOS Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				ESTE	NORTE
			Captación (abrevadero y uso doméstico)	750183,0	602939,4
	Vivienda	La Samaritana	Captación (abrevadero, riego cultivos y uso doméstico) Vertimiento (aguas negras por infiltración)	751452,1	603159,4
	Vivienda	La Samaritana	Captación (abrevadero y uso doméstico)	751582,0	603034,2

Fuente: Trabajo de campo, C&MA 2011

4.1.6 Diseño típico de captación y conducción

La captación sobre los ríos Caquetá e Inchiyacose realizará a través de una motobomba tipo centrífuga que se instalará fuera del lecho del cauce o por medio de la bomba que viene incluida en el equipaje del carrotanque, en el caso que algunas de las vía de acceso internas cruce alguno de los puntos identificados para la captación. Estas bombas deben poseer la capacidad suficiente para el levantamiento de presión a la cabeza requerida y se deben localizar en una zona estable, que se encuentre fuera de la margen del cuerpo de agua, y evitar la intervención de la vegetación boscosa.

La conducción del recurso se realizará por manguera de 2 pulgadas o por carrotanques hasta el sitio de uso y/o tratamiento. El control del consumo será llevado mediante la instalación de un medidor de flujo o a través del conteo del número de viajes, y sólo se tomará el agua necesaria, por lo que no se generarán sobrantes.



Fotografía 4-2. Sistema de captación y conducción de agua potable. A) Motobomba y manguera. B) Carrotanques.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-22
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.1.7 Impactos y manejo ambiental

Tabla 4-16. Impactos asociados a la captación del recurso hídrico

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA
Captación del recurso	Presión sobre la infraestructura de servicios públicos.	Llevar un control sobre el agua captada para evitar el uso desmesurado del recurso.
	Presión sobre el recurso hídrico.	
Seguimiento y control	Deterioro de las propiedades fisicoquímica e hidrobiológicas.	Debe realizarse seguimiento a las condiciones de calidad del cuerpo de agua durante el aprovechamiento del recurso. En el sitio de captación de agua sobre el cauce se debe realizar una limpieza periódica, con el propósito de retirar sedimentos, algas y otros materiales que afecten la calidad del recurso.
Capacitación del personal	Inadecuado manejo de sobrantes.	Para hacer un uso eficiente de los recursos naturales, se deben realizar charlas de carácter ambiental dirigidas al personal del proyecto, con el fin de prevenir alteraciones del medio ambiente local; en el caso específico del agua, estas charlas se deben enfocar a prevenir el uso desmesurado del recurso, esto mediante la utilización del caudal estrictamente necesario, ya sea para uso doméstico o para uso industrial.

Las medidas a tener en cuenta para el desarrollo de la actividad se presentan en el **Plan de Manejo Ambiental (capítulo 7) – Ficha 12 “Manejo de la captación”**, del presente documento.

Para la captación sobre las franjas propuestas para el APE Canelo Norte se deberá realizar reuniones con los propietarios de los predios en donde se ubiquen los puntos de captación con el fin de socializar las actividades a ejecutar y obtener los permisos pertinentes.

4.1.8 Acceso a las franjas de captación propuestas

Para acceder a la franja de captación propuesta sobre el río Caquetá se podrá utilizar la vía de acceso que se propone construir en el sector sur del APE Canelo Norte, la cual será de aproximadamente 2,5km, y se desprenderá de la vía Puerto Guzmán-Puerto Rosario. Esta vía atravesará zonas de pastos y cultivos en su mayoría con algunas zonas de rastrojos bajos y que permitirá acceder al sector occidental de esta zona. (Ver Capítulo 2: Descripción del proyecto). Si el punto de captación sobre el río Caquetá se propone en el sector norte (Piamonte) se tomarán las vías internas proyectadas a construir dentro del APE.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-23
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Con respecto al acceso al punto de captación propuesto sobre el río Inchiyaco, se utilizará la vía de 14 km que se propone construir desde la vía Tipo 5 existente que inicia en inmediaciones del cabildo Rumiñawi en jurisdicción de la vereda La Palmera (Piamonte) y lleva hasta un sector conocido como La Punta (Piamonte). (Ver Capítulo 2: Descripción del proyecto).

En el caso que no se construyan las vías de acceso mencionadas, la captación se realizará por medio de motobomba instalada fuera del lecho de los ríos y la conducción se efectuará por medio de manguera hasta las locaciones.

4.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

No se contempla el aprovechamiento de aguas subterráneas durante las actividades exploratorias en el APE Canelo Norte.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.3 VERTIMIENTOS

4.3.1 Generalidades

Para tomar las acciones más acertadas en el manejo del vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales generadas durante la perforación de los pozos exploratorios para el proyecto Canelo Norte, es importante conocer las características tanto del efluente como del suelo o del cuerpo de agua receptor del mismo (ríos Inchiyaco y Caquetá). En base a lo anterior, en este numeral se presentan las características más relevantes de ambos componentes (suelo y agua), con el fin de determinar el adecuado manejo ambiental de los vertimientos.

Para el vertimiento de las aguas residuales ya tratadas provenientes de las actividades a realizar en el APE Canelo Norte se proponen las siguientes opciones de disposición:

- Disponerlas sobre los mismos cuerpos de agua propuestos para la captación en puntos únicos sobre cada cuerpo de agua ubicados a 100 metros aguas abajo de éstos.
- Disposición mediante riego por aspersión en las vías a utilizar del proyecto o en áreas de aspersión que se podrán ubicar en zonas cercanas a las locaciones de los pozos exploratorios, con base en las características del suelo de estos lugares.
- Tratamiento y disposición final por medio de empresas especializadas en el manejo de este tipo de residuos y que cuenten con los permisos ambientales requeridos para tal fin.

4.3.2 Vertimiento sobre cuerpos de agua

El vertimiento de las aguas residuales domésticas e industriales, se podrá realizar de manera directa, previo tratamiento, sobre los ríos Caquetá e Inchiyaco, dado su carácter permanente, caudal y capacidad de asimilación. La descripción de dichas corrientes hídricas, la calidad fisicoquímica y los usos potenciales del recurso, además de los caudales máximos, medios y mínimos estimados y los aforados en el trabajo de campo, se encuentran en el numeral 4.1 AGUAS SUPERFICIALES del presente capítulo.

La localización de la descarga se ubicará dentro de las mismas franjas propuestas para la captación del recurso, específicamente en un punto ubicado 100m aguas abajo del lugar proyectado para abastecimiento de agua.

Las siguientes coordenadas corresponden a las franjas propuestas para realizar el vertimiento de aguas residuales tratadas durante el desarrollo del proyecto de perforación exploratoria en el área Canelo Norte.

Las franjas proyectadas para ambos cuerpos de agua tienen una longitud de 1.500 metros, siguiendo el cauce de los ríos.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-25
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-17. Franjas de vertimiento propuestas en los ríos Caquetá e Inchiyaco

CUERPO DE AGUA	PUNTO No	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		UBICACIÓN	LONGITUD DE LA FRANJA
		ESTE	NORTE		
Río Caquetá	INICIO	754781	599765	Sector Norte: Departamento de Cauca, Municipio de Piamonte, Vereda El Caraño. Sector Sur: Departamento de Putumayo, Municipio de Puerto Guzmán, Vereda Puerto Rosario	1.500 m
	FIN	755570	600447	Sector Norte: Departamento de Cauca, Municipio de Piamonte, Vereda Villa de los Prados Sector Sur: Departamento de Putumayo, Municipio de Puerto Guzmán, Vereda Puerto Rosario	
Río Inchiyaco	INICIO	750285	602945	Departamento de Cauca Municipio de Piamonte Vereda La Esmeralda	1.500m
	FIN	751581	603068	Departamento de Cauca Municipio de Piamonte Vereda La Samaritana	

El inventario de usuarios y de fuentes contaminantes se realizó 1km aguas arriba y 1km aguas abajo de las franjas propuestas para el vertimiento, encontrándose los siguientes puntos:

Tabla 4-18. Listado de usuarios de captación y generadores de aguas servidas sobre los ríos Caquetá e Inchiyaco (aguas arriba y aguas abajo de las franjas de intervención propuestas)

CUERPO DE AGUA	INFRAESTRUCTURA	VEREDA	TIPO DE USO	COORDENADAS DE PUNTOS Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				ESTE	NORTE
Río Caquetá	Finca Laura Jojoa	Puerto Rosario	Captación (Uso agrícola y Pecuario)	755075,0	600455,3

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

CUERPO DE AGUA	INFRAESTRUCTURA	VEREDA	TIPO DE USO	COORDENADAS DE PUNTOS Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				ESTE	NORTE
	Finca Laura Jojoa	Puerto Rosario	Captación (Uso agrícola y Pecuario)	755584,1	600147,7
	Caserío Puerto Rosario	Puerto Rosario	Vertimiento (aguas negras y grises a campo abierto)*	756293,6	599008,3
				756293,5	598973,3
				756614,8	599056,1
				756703,9	599123,1
	Extracción aurífera	Villa de los Prados	Vertimiento (aguas negras por infiltración)*	755759,3	600284,6
	Vivienda	Villa de los Prados	Captación (Uso agrícola y Pecuario) Vertimiento (aguas negras por infiltración)*	755805,4	600294,6
	Vivienda	Villa de los Prados	Captación (Uso agrícola y Pecuario) Vertimiento (aguas negras por infiltración)*	755906,1	599879,2
	Extracción aurífera	El Caraño	Vertimiento (aguas negras por infiltración)*	754430,7	599342,2
Río Inchiyaco	Viviendas	La Esmeralda	Captación (Uso agrícola, Pecuario y uso para consumo humano y doméstico) Vertimiento (aguas negras por infiltración)*	749548,3	602696,8
			Captación (Uso Pecuario y uso para consumo humano y doméstico)	749903,7	602831,5
			Captación (Uso Pecuario y uso para consumo humano y doméstico)	750050,8	602875,4
			Captación (Uso Pecuario y uso para consumo humano y doméstico)	750004,7	602785,4

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-27
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

CUERPO DE AGUA	INFRAESTRUCTURA	VEREDA	TIPO DE USO	COORDENADAS DE PUNTOS Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				ESTE	NORTE
			Captación (Uso Pecuario y uso para consumo humano y doméstico)	750183,0	602939,4
	Vivienda	La Samaritana	Captación (Uso Pecuario y uso para consumo humano y doméstico) Vertimiento (aguas negras por infiltración)	751452,1	603159,4
	Vivienda	La Samaritana	Captación (Uso Pecuario y uso para consumo humano y doméstico)	751582,0	603034,2

Fuente: Trabajo de campo, C&MA 2011

*En los sistemas de tratamiento de aguas negras en donde se genera la contaminación por infiltración, existen baterías sanitarias con pozos sépticos y campo de infiltración, en donde no se realiza inspección, limpieza y mantenimiento. El otro efecto con mayor contaminación se da donde se evidenció el vertimiento directo a campo abierto sin ningún tipo de sistema de tratamiento previo y la ubicación del efluente se encuentra cerca al cauce de las corrientes de estudio.

Capacidad de asimilación de los cuerpos de agua

El objetivo del presente estudio comprende la modelación de la calidad del agua sobre las franjas de disposición propuestas en el río Caquetá y el río Inchiyaco, por efecto del vertimiento directo del efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales de los pozos y facilidades del APE Canelo Norte, con el fin de establecer la capacidad de asimilación de contaminantes en los cuerpos de agua mencionados, en condiciones de caudales medios y mínimos, mediante la simulación de escenarios propuestos para establecer los impactos ambientales que se presentan por efecto de la carga aportante del vertimiento.

La metodología aplicada corresponde al modelo QUAL2KW, que es una representación matemática de las características del río en estudio, con el cual se pretende simular su respuesta ante impactos causados por el vertimiento solicitado y la capacidad de autorecuperación, de acuerdo con las variaciones de caudal en la corriente. Se considera como punto de partida que la calidad del agua de los ríos Caquetá e Inchiyaco, en los tramos de interés, está determinada por el efecto de las actividades socioeconómicas y la morfología de cada cuenca, dada por las características geológicas, biológicas e hidrológicas.

Por lo anterior, en sus condiciones actuales, la calidad del agua de los ríos es el resultado de la influencia de aportes de vertimientos difusos y puntuales de aguas residuales domésticas e industriales y escorrentía agrícola y ganadera, que tienen lugar sobre la corriente y sus afluentes, aguas arriba del punto de interés.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-28
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Los monitoreos de calidad de agua para el modelo se realizaron en dos puntos sobre un tramo de 1,5 Km en los ríos Caquetá e Inchiyaco, en condiciones de estiaje, en los cuales se encuentran condiciones de buena calidad, con capacidad de asimilar la carga aportada por el vertimiento del sistema de aguas residuales industriales por las actividades a desarrollar en el Área de Interés Exploratorio Canelo Norte, mantener sus condiciones fisicoquímicas e hidrobiológicas y no interferir con los usos previstos aguas abajo del vertimiento.

Los parámetros generales de aplicación del modelo se presentan en el Informe de Escenarios de Modelación del Río Caquetá y el río Inchiyaco (ver Anexo I: Capacidad de Asimilación), en el cual se resumen los resultados de caracterización fisicoquímica y microbiológica del río Caquetá y el río Inchiyaco, así como los escenarios de modelación, dados por los caudales medios y mínimos obtenidos en la aplicación del modelo hidrológico. En la caracterización del vertimiento se considera la composición típica de las aguas residuales del sector de hidrocarburos y el cumplimiento de los límites permisibles de acuerdo con los artículos 71 y 72 del Decreto 1594 de 1984.

Caracterización hidráulica de las franjas de vertimiento propuestas

Metodología

Se realizaron los levantamientos hidrotopográficos (Escala 1:1000), donde se ejecutaron 17 secciones batimétricas para el Río Caquetá y 16 secciones para el Río Inchiyaco, con separación aproximada de 100 metros entre secciones, en tramos totales de 1500 metros a 1600 metros respectivamente para cada uno de los sitios de vertimientos.

Los trabajos hidrotopográficos estuvieron acompañados aforos, realizados en cada uno de los tramos de análisis, a fin de poder determinar la rugosidad de manning a utilizar en cada modelo hidráulico del HEC-RAS (ver Anexo H: Batimetrías y Anexo I: Capacidad de asimilación).

Finalmente, se optó por realizar la Modelación Hidráulica, en la cual se destaca la determinación de los parámetros morfométricos, niveles, velocidades, profundidades hidráulicas entre otros, con variaciones de caudales (medios y mínimos); para la totalidad de las secciones en los sitios de vertimiento establecidos en las corrientes de los ríos Caquetá e Inchiyaco como se relaciona a continuación:

Generalidades de la caracterización hidráulica

Para hallar los parámetros de dinámica fluvial en los tramos de estudio de los ríos Caquetá e Inchiyaco, se utilizó el Modelo Matemático denominado HEC-RAS del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos Versión 4.0, utilizando las secciones transversales de los levantamientos hidrotopográficos de los cauces en mención; además de los caudales medios y mínimos estimados.

Secciones de análisis

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-29
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Corresponde al levantamiento hidrotopográfico realizado en campo, por medio de las secciones transversales al cauce de los ríos Caquetá e Inchiyaco; tal como se identifican a continuación

Tabla 4-19. Numeración y abscisado de las diferentes secciones hidrotopográficas utilizadas en la modelación hidráulica del río Caquetá

	ABSCISA	SECCIÓN HIDRÁULICA	DISTANCIA IZQUIERDA	DISTANCIA EJE	DISTANCIA DERECHA
	K0+000	H17	100.0	100	102.4
	K0+100	H16	101.1	100	100.8
	K0+200	H15	100.0	100	100.6
	K0+300	H14	66.3	99	129.8
	K0+400	H13	100.0	100	100.4
	K0+500	H12	100.0	100	100.0
	K0+600	H11	142.8	99	56.0
	K0+700	H10	155.2	98	41.8
	K0+800	H9	100.2	100	101.1
	K0+900	H8	100.0	100	100.2
	K1+000	H7	143.4	98	44.0
AFORO	K1+100	H6	100.4	100	100.0
	K1+200	H5	133.9	98	56.0
	K1+300	H4	135.4	99	54.2
	K1+400	H3	100.3	100	104.0
	K1+500	H2	130.8	99	70.0
	K1+600	H1	0.0	0	0.0

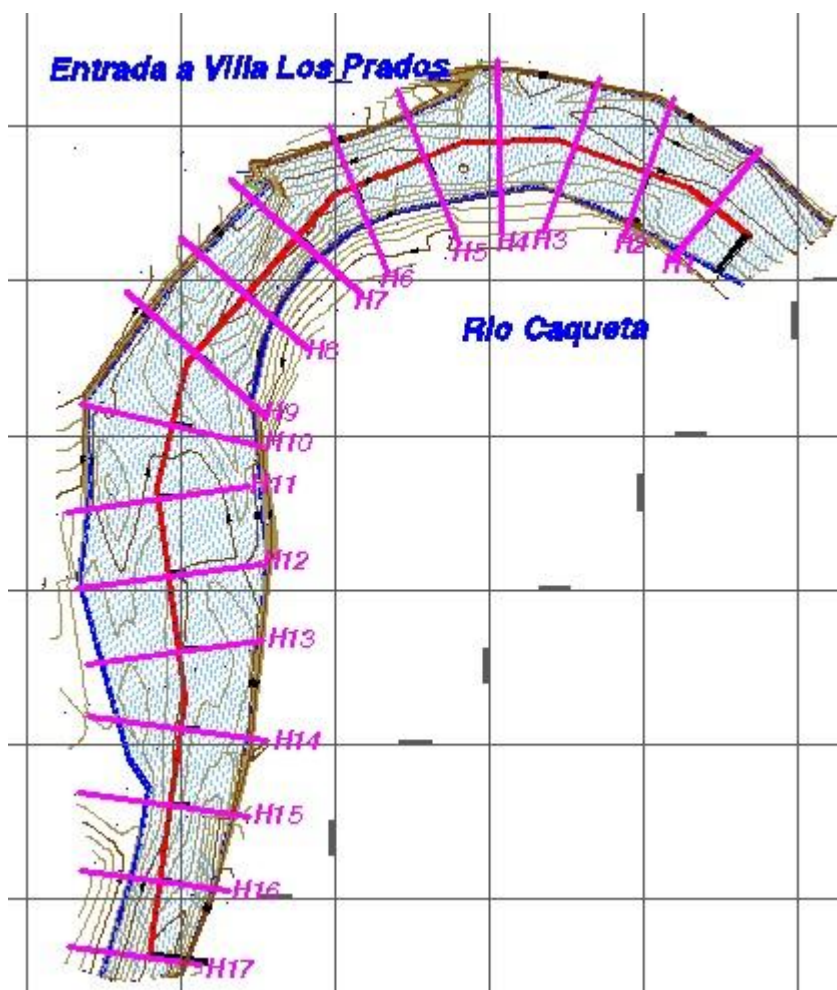


Figura 4-1. Numeración y abscisado de las diferentes secciones hidrotopográficas utilizadas en la modelación hidráulica del río Caqueta

Tabla 4-20. Numeración y abscisado de las diferentes secciones hidrotopográficas utilizadas en la modelación hidráulica del río Inchiyaco

	ABSCISA	SECCIÓN HIDRÁULICA	DISTANCIA IZQUIERDA	DISTANCIA EJE	DISTANCIA DERECHA
AFORO	K0+000	H16	108.3	99.5	87.0
	K0+100	H15	121.3	81.7	36.3
	K0+200	H14	33.6	57.7	83.3
	K0+300	H13	84.8	99.9	110.7
	K0+400	H12	101.1	100.0	100.0
	K0+500	H11	95.4	64.7	32.0
	K0+600	H10	103.3	95.2	75.7

K0+700	H9	77.6	95.1	121.9
K0+800	H8	73.3	94.7	112.1
K0+900	H7	96.9	99.8	102.6
K1+000	H6	100.6	100.0	99.4
K1+100	H5	98.9	99.9	100.9
K1+200	H4	93.1	98.2	103.5
K1+300	H3	76.9	90.2	103.7
K1+400	H2	114.5	97.2	80.6
K1+500	H1	0	0	0

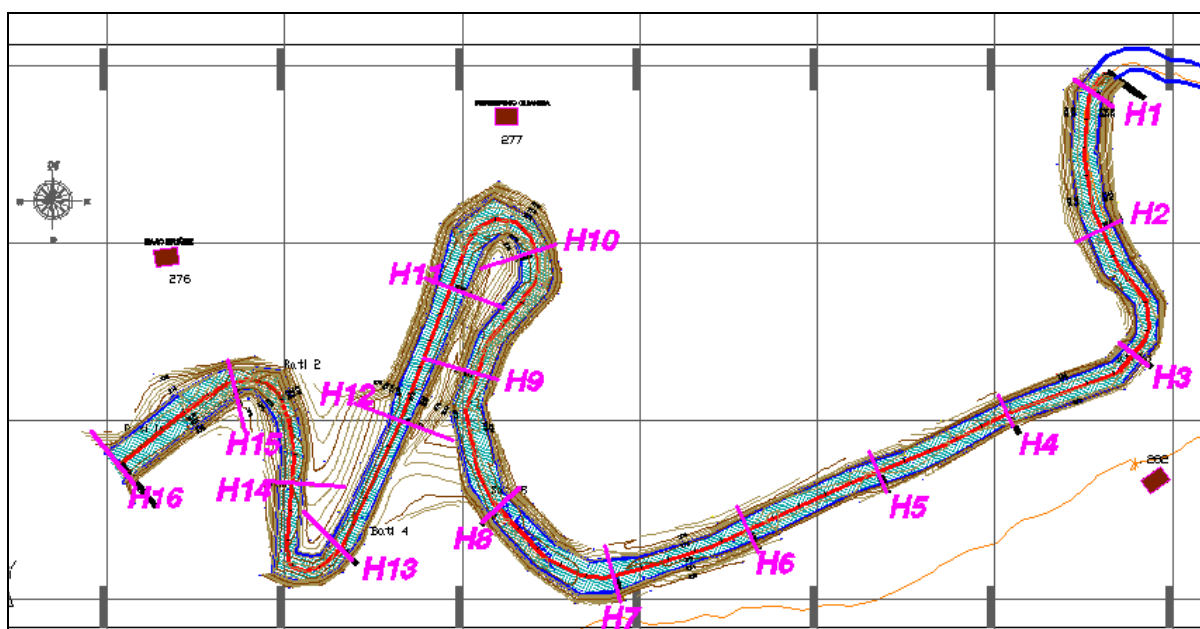


Figura 4-2. Numeración y abscisado de las diferentes secciones hidrotopográficas utilizadas en la modelación hidráulica del río Inchiyaco.

En el Anexo H se presentan los resultados de los levantamientos hidrotopográficos y de los aforos realizados en los ríos Caquetá e Inchiyaco de acuerdo con los Informes Técnicos de las Batimetrías y Levantamientos Topográficos.

Simulación hidráulica de caudales en los sitios de vertimientos sobre los ríos Caquetá e Inchiyaco (Tránsito de Caudales medios y mínimos)

Para la simulación hidráulica de caudales y niveles en los dos sitios de vertimiento sobre los ríos Caquetá e Inchiyaco, se utilizó el modelo matemático HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), como se mencionó anteriormente, el cual es un paquete integrado de programas de análisis hidráulico desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, que efectúa los cálculos de perfiles de la superficie de agua para flujos gradualmente variados y permanentes.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Para cada uno de los modelos matemáticos de los ríos Caquetá e Inchiyaco es necesario ingresar al programa los datos de geometría y los datos de flujo de los sistemas. Para los datos geométricos del sistema de los sitios de análisis sobre los ríos Caquetá e Inchiyaco, se introdujeron al programa los datos de las 17 secciones transversales del Caquetá y las 16 del Inchiyaco (secciones hidrotopográficas y/o hidráulicas), tomadas en campo y debidamente procesadas. Adicionalmente, para todas las secciones, se determinaron los coeficientes de rugosidad de Manning, las orillas del cauce y las distancias entre las secciones tanto por el eje del canal principal como por las orillas de acurdo a las calibraciones realizadas a partir de los aforos.

Una vez definidos los datos de entrada para los ríos en análisis, se procedió a calcular los perfiles de flujo para cada una de las secciones de análisis con variaciones de caudales a nivel mensual, tanto para valores promedios de caudales medios y mínimos; a fin de obtener las variaciones de niveles, velocidades del flujo, anchos mojados, perímetros mojados, aéreas mojadas entre otros; además de los respectivos parámetros hidráulicos en cada una de las diferentes secciones de análisis localizadas en los dos sectores de posibles vertimientos sobre los ríos Caquetá e Inchiyaco, por lo cual se estimaron sus respectivos niveles, a partir de las diferentes modelaciones o tránsito de caudales en las secciones de análisis a nivel mensual.

Modelación hidráulica del río Caquetá y del río Inchiyaco

A continuación se presentan las figuras de la modelación hidráulica del río Caquetá y del río Inchiyaco, el perfil longitudinal de las láminas de agua y el perfil longitudinal de velocidades del flujo para caudales medios y mínimos mensuales.

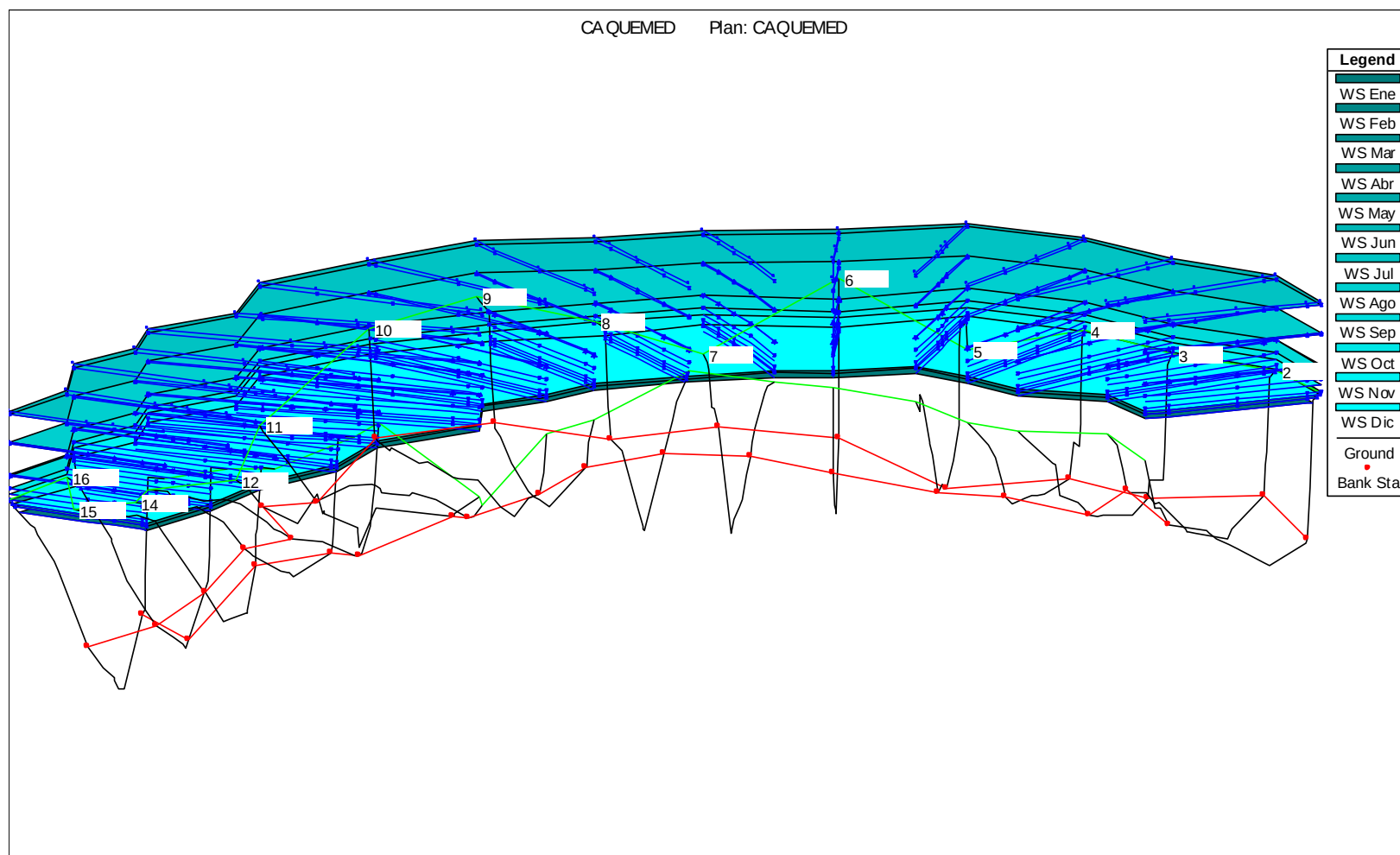


Figura 4-3. Modelo HEC-RAS 3D - río Caquetá Tramo de Análisis

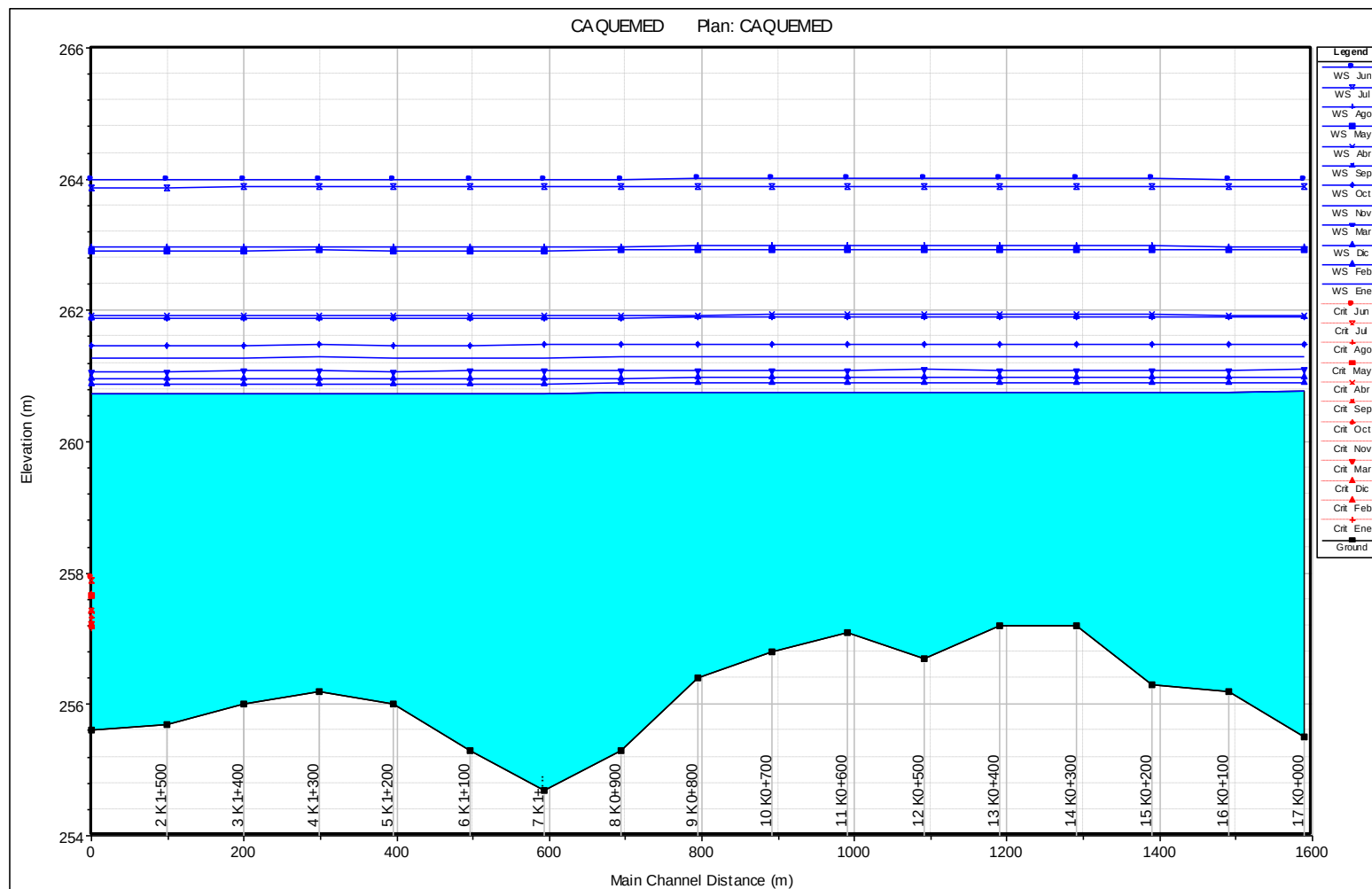


Figura 4-4. Perfil Longitudinal de las láminas de agua en el río Caquetá - Tramo de análisis con variaciones de caudales medios mensuales

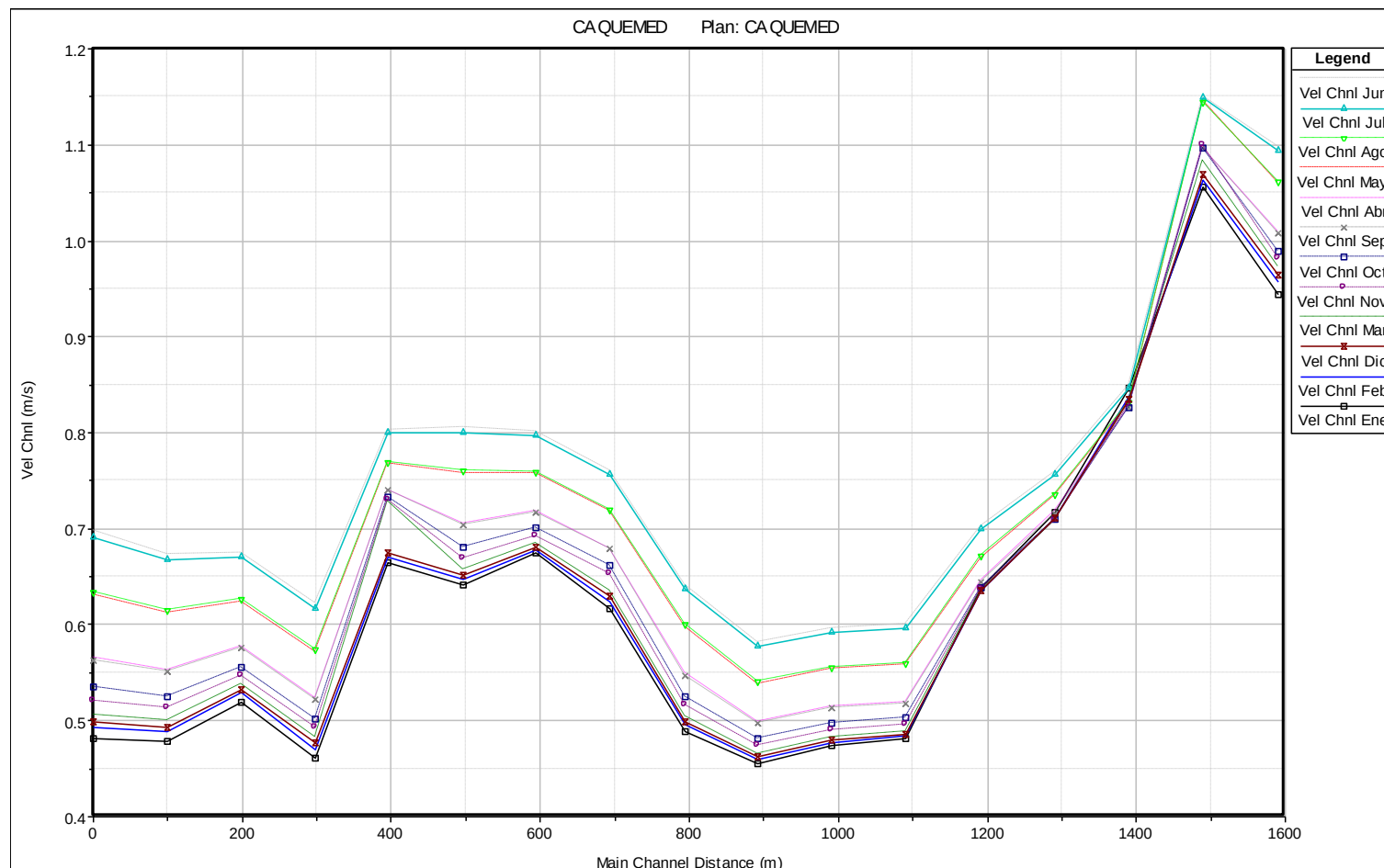


Figura 4-5. Perfil Longitudinal de velocidades del flujo de agua en el río Caquetá - Tramo de análisis con variaciones de caudales medios mensuales

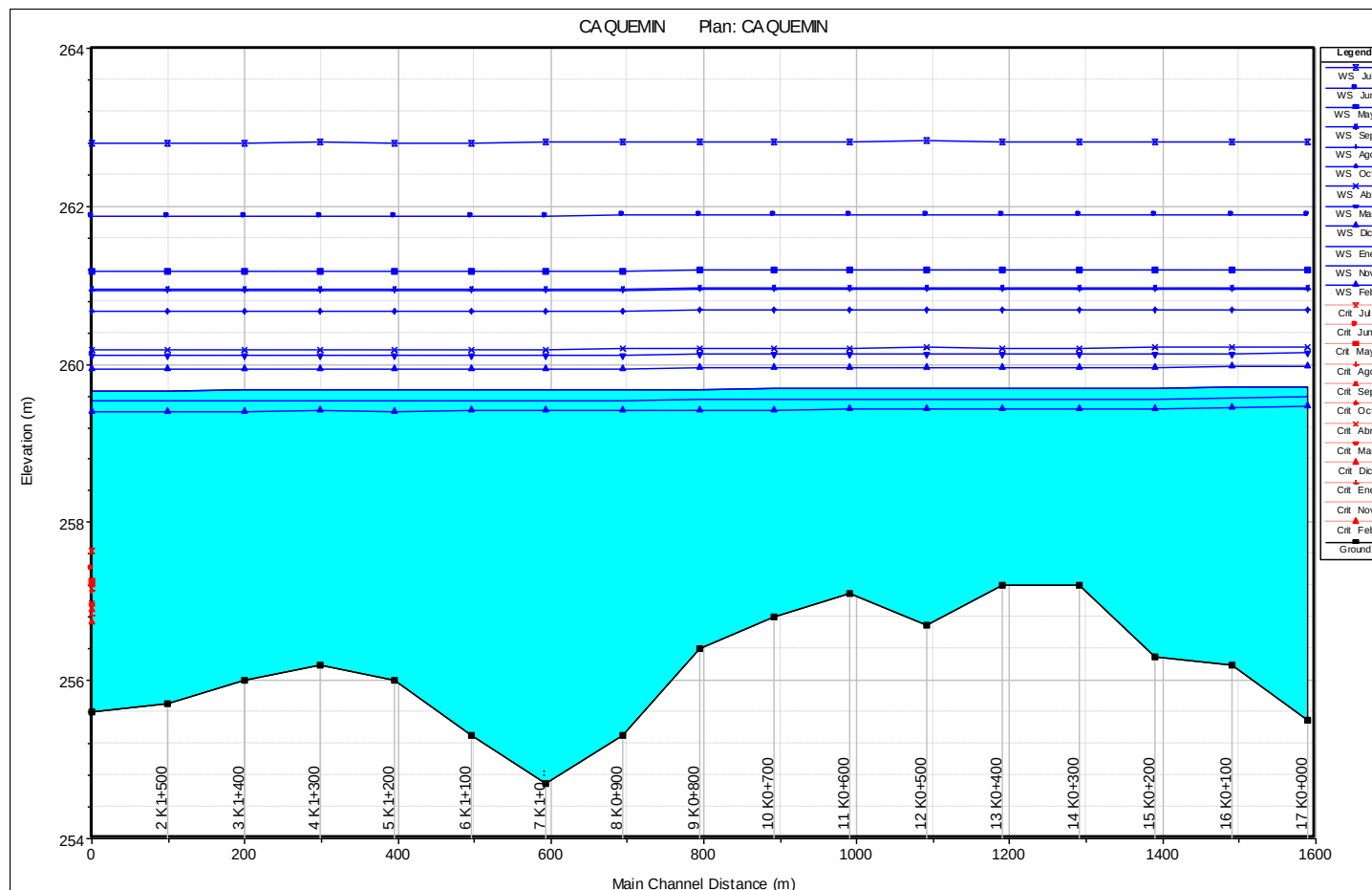


Figura 4-6. Perfil Longitudinal de las láminas de agua en el río Caquetá - Tramo de análisis con variaciones de caudales mínimos mensuales

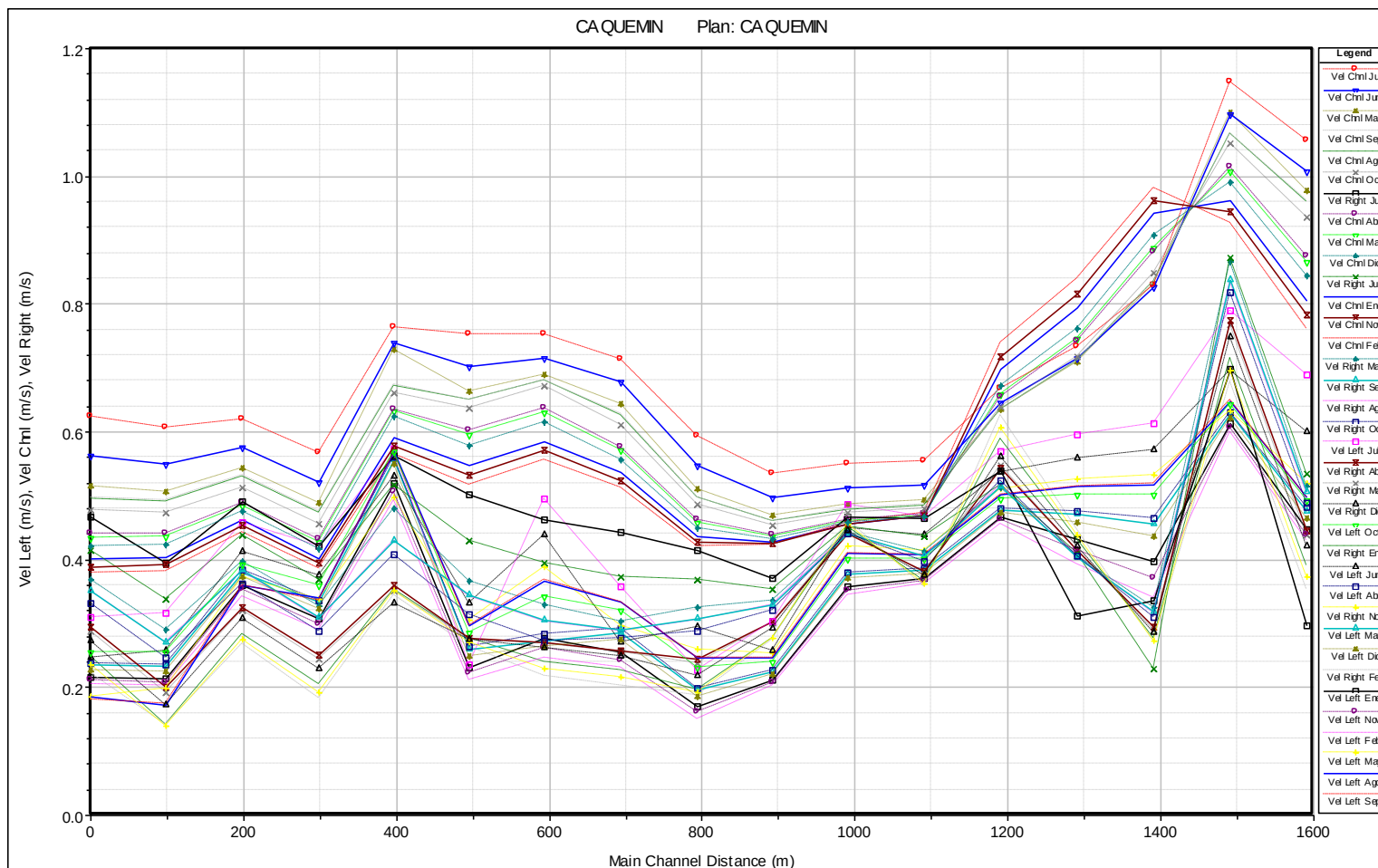


Figura 4-7. Perfil Longitudinal de velocidades del flujo de agua en el río Caquetá - Tramo de análisis con variaciones de caudales mínimos mensuales

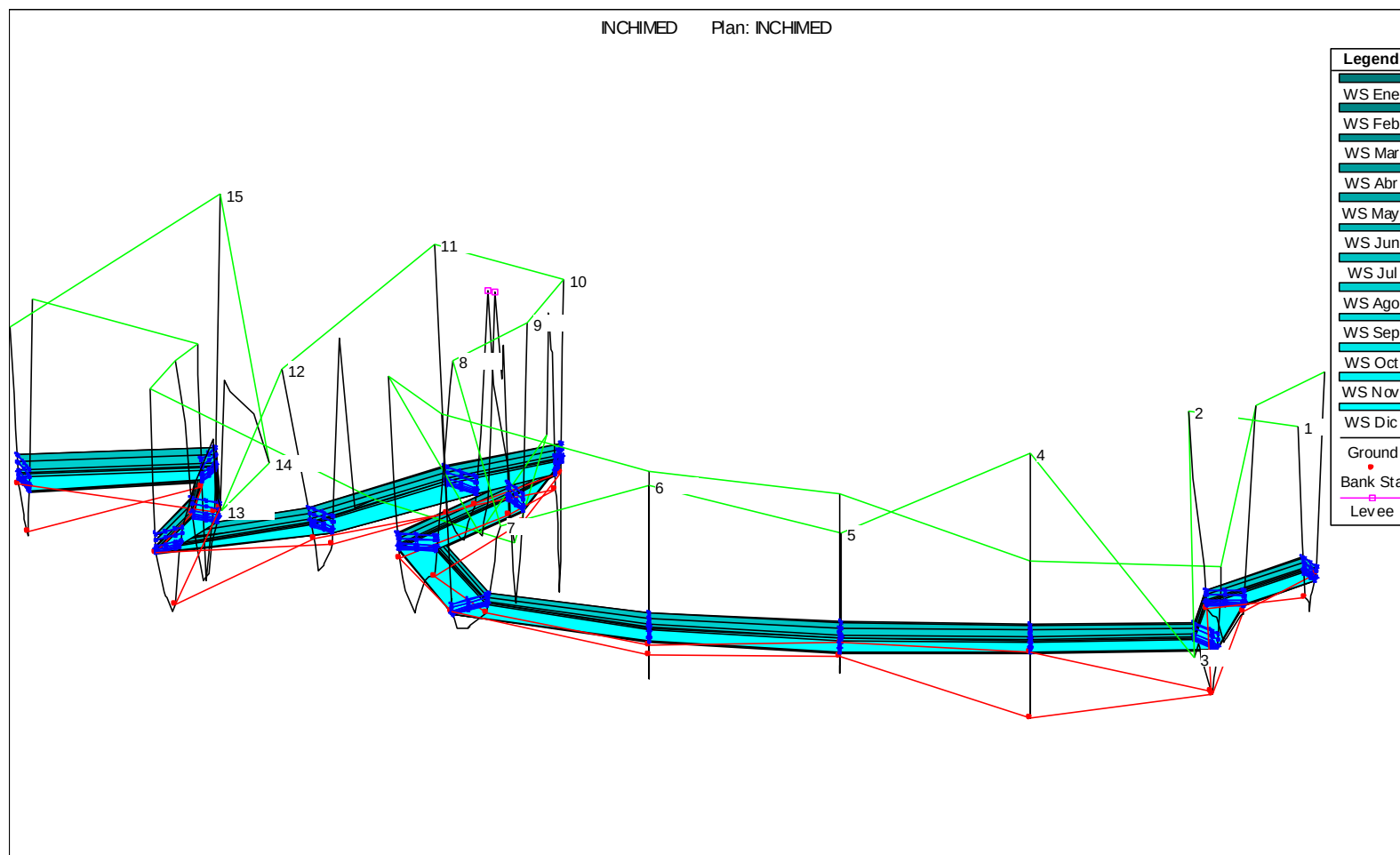


Figura 4-8. Modelo HEC-RAS 3D - río Inchiyaco Tramo de Análisis

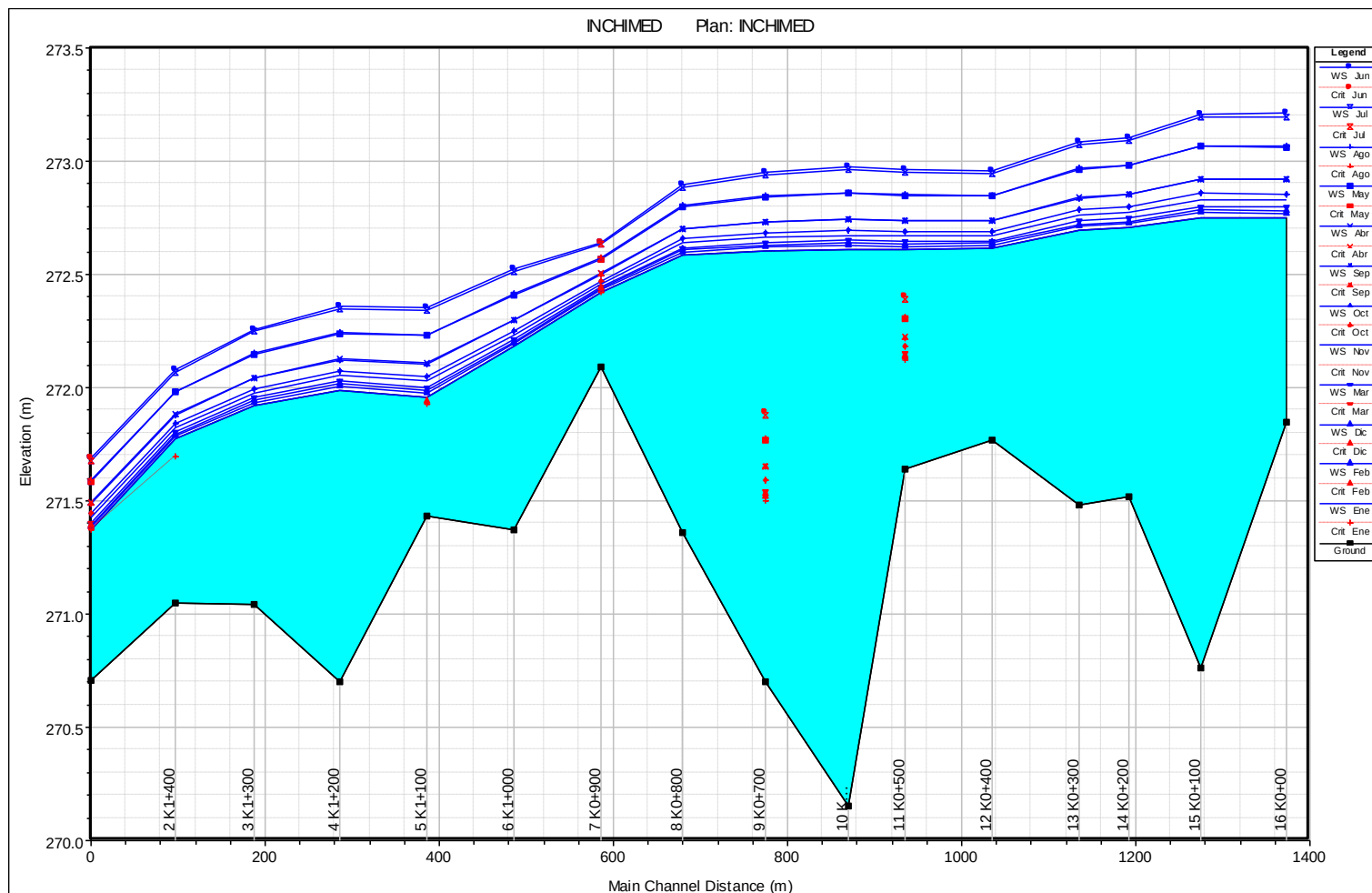


Figura 4-9. Perfil Longitudinal de las láminas de agua en el río Inchiyaco - Tramo de análisis con variaciones de caudales medios mensuales

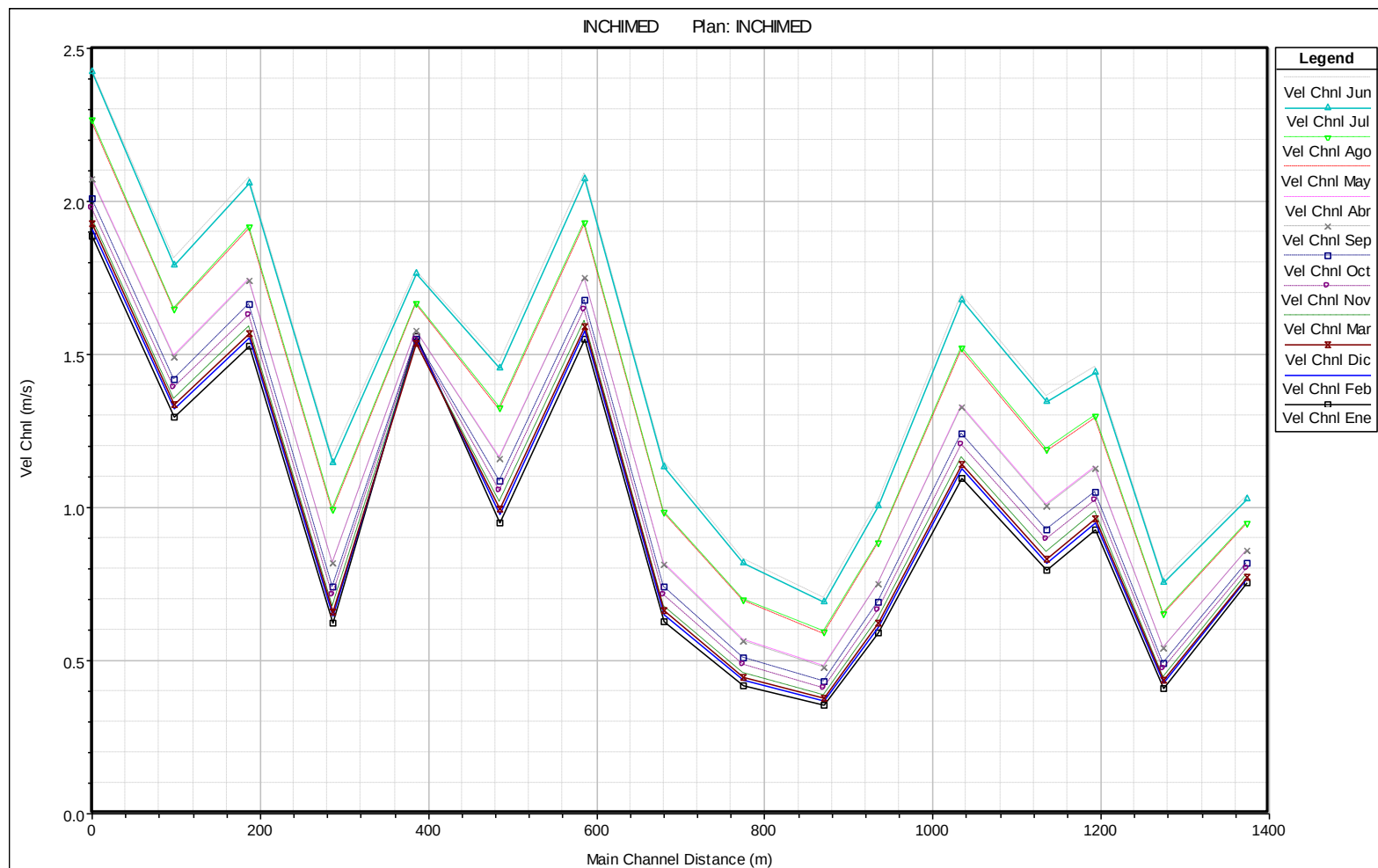


Figura 4-10. Perfil Longitudinal de velocidades del flujo de agua en el río Inchiyaco - Tramo de análisis con variaciones de caudales medios mensuales

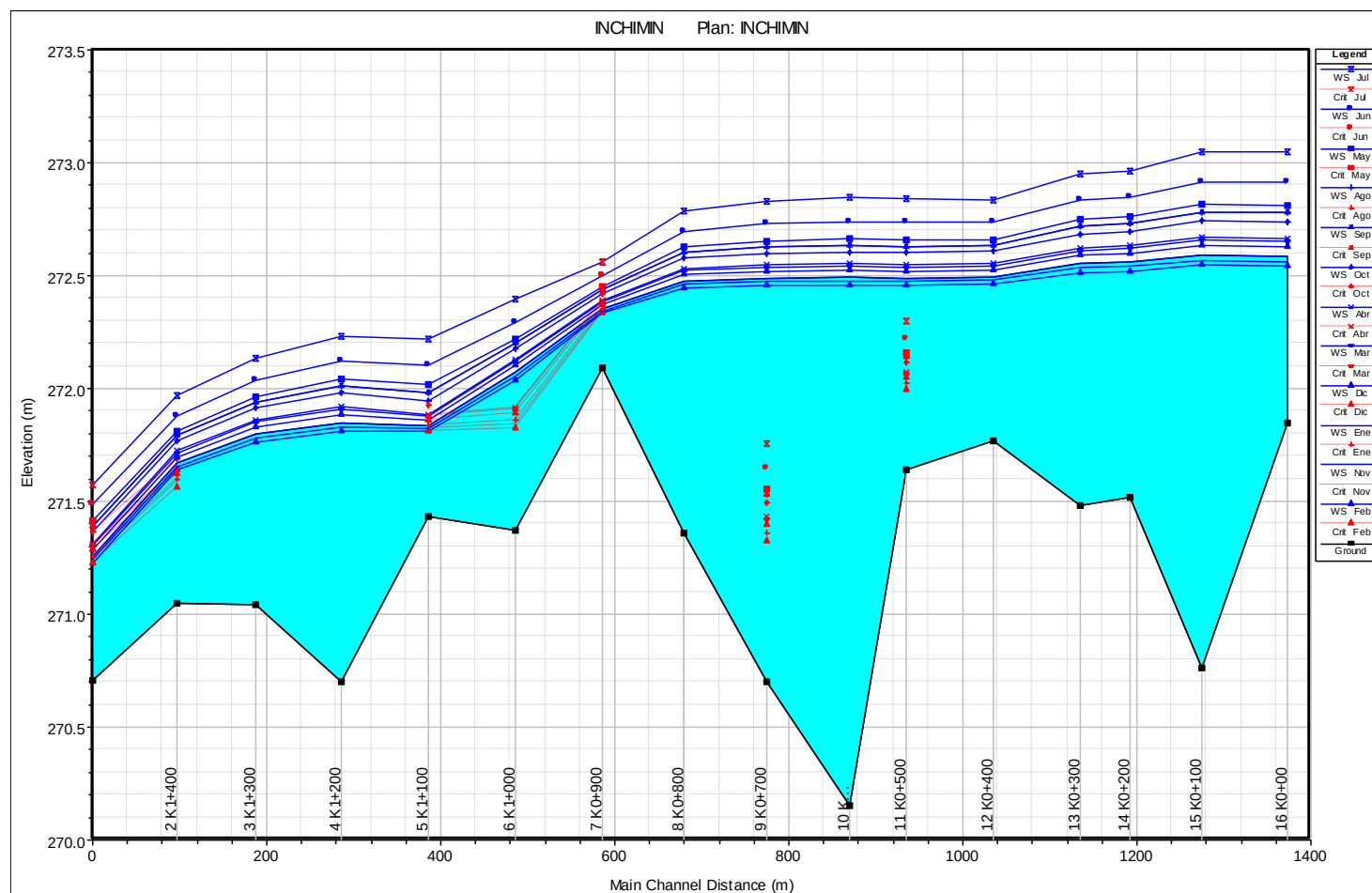


Figura 4-11. Perfil Longitudinal de las láminas de agua en el río Inchiyaco - Tramo de análisis con variaciones de caudales mínimos mensuales

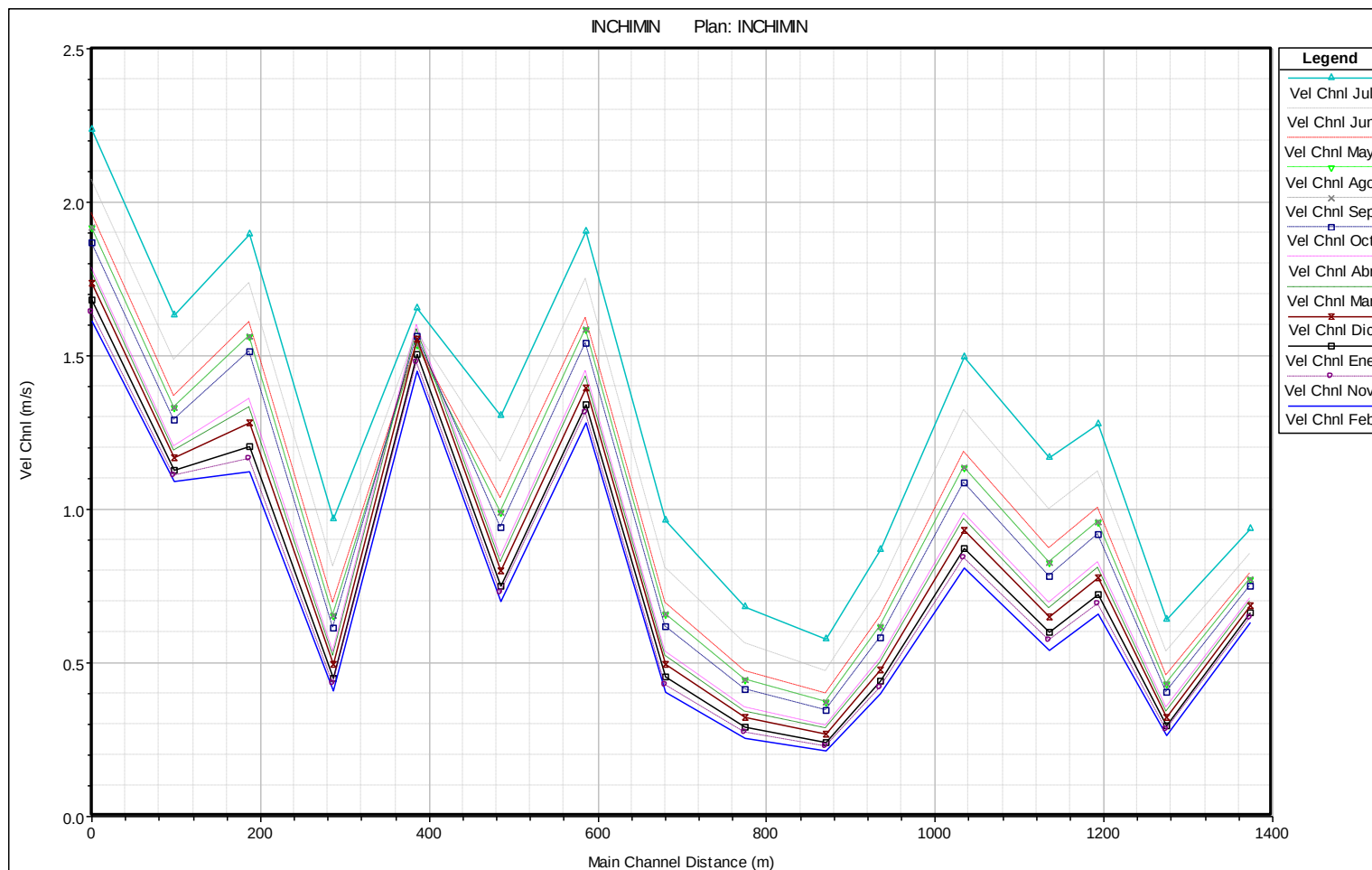


Figura 4-12. Perfil Longitudinal de velocidades del flujo de agua en el río Inchiyaco - Tramo de análisis con variaciones de caudales mínimos mensuales

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Caracterización teórica del vertimiento

Las características del agua de perforación y producción de pozos petroleros corresponden a aguas con contenidos de aceites, fenoles, cloruros, temperaturas altas, concentraciones de oxígeno bajas, contenidos de DQO, presencia de sulfuros, sulfitos, nitritos, etc., que deberán ser removidos en el sistema de tratamiento y adecuados sus valores para dar cumplimiento a la normatividad de vertimientos directos a cuerpos de agua superficiales (Artículos 72 y 74 del Decreto 1594 de 1984, o el que aplique en su momento.).

Se consideraron los parámetros fisicoquímicos en el efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la perforación y pruebas de producción de un pozo tipo, dentro de lo cual se obtienen los resultados que se presentan en la Tabla 4-21, para un vertimiento que cumple con los parámetros señalados por la legislación ambiental vigente para los vertimientos de aguas residuales industriales (Artículos 72 y 74 del Decreto 1594/84), así como con los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola y pecuario aguas abajo del vertimiento (Artículos 38 a 41 del Decreto 1594/84).

Tabla 4-21. Composición teórica de las aguas residuales industriales

PARÁMETRO	UNIDAD	VALORES REPORTADOS
Grasas y aceites	mg/l	1-5
Color	UPC	> 150
Conductividad	μ Ohm/cm	4000
Cloruros	mg/l Cl	50 -150
DBO	mg/l O ₂	150 - 500
DQO	mg/l O ₂ t	500 - 1500
Dureza total	mg/l CaCO ₃	50 -200
HPT (IR)	mg/l	0.5 -2.0
pH	Unid	6 - 9
Sólidos disueltos	mg/l	500 - 2000
Sólidos suspendidos	mg/l	200 - 500
Sulfatos	mg/l SO ₄	150
Bario	mg/l Ba	1 - 3
Turbidez	NTU	150 - 800

Modelación de la calidad del agua

El siguiente análisis comprende la modelación de la calidad del agua por efecto del vertimiento de las aguas residuales industriales tratadas de las actividades a desarrollar en el Área de Interés Exploratorio Canelo Norte, bajo las condiciones actuales, por efecto del vertimiento solicitado para un caudal desde 3,9 l/s hasta de 30 l/s en el río Caquetá y desde 3,9 l/s hasta de 15 l/s en el río Inchiyaco, mediante la simulación de escenarios en caudales medios y mínimos de estos ríos, con el fin de establecer la capacidad de asimilación del vertimiento de la carga aportante. En la Figura 4-13 se presenta el esquema metodológico general del estudio, que muestra la

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-44
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

secuencia de levantamiento, procesamiento y análisis de información seguido para la modelación.

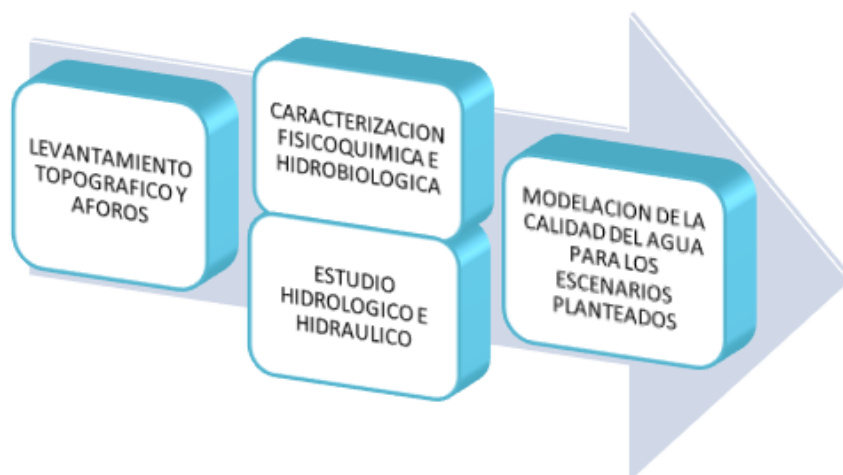


Figura 4-13. Esquema metodológico

El modelo es una representación matemática de las características de estos ríos, con el cual se pretende simular su respuesta ante impactos determinados en las condiciones actuales y para las alternativas propuestas de incremento del caudal del vertimiento del Área de Interés Exploratorio Canelo Norte, considerando los avances en la perforación de los pozos proyectados a perforar.

Se parte de considerar que en cada caso, la calidad del agua del río está determinada por las condiciones esperadas o deseadas con respecto a la destinación del recurso en el área de interés, el cual corresponde a uso agrícola y pecuario, principalmente. En sus condiciones actuales, la calidad del agua es el resultado de la influencia de los vertimientos de efluentes domésticos, agrícolas e industriales que tengan lugar sobre la corriente, además de las características geológicas, biológicas e hidrológicas de la cuenca aferente.

Se aplica un modelo unidimensional, que representa el flujo del agua del río en el sentido del escurrimiento, de estado estacionario, que supone una descarga continua y constante en el tiempo, donde la variación de la calidad del agua se presenta solamente en el espacio.

La aplicación del modelo de calidad del agua tiene por finalidad determinar las nuevas concentraciones de contaminantes en puntos a lo largo del tramo de interés, con base

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

en condiciones de estado y modificación conocidos. De acuerdo a lo anterior, el modelo es una herramienta para la predicción del comportamiento de la calidad del agua de los ríos, mediante un conjunto de expresiones matemáticas que definen los procesos físicos, biológicos y químicos que tienen lugar en un cuerpo de agua. Las ecuaciones del modelo están basadas en la conservación de la masa y la energía, considerando tres fenómenos: ingreso de contaminantes al cuerpo de agua desde el exterior del sistema, el transporte y las reacciones en el cuerpo de agua. A su vez, el transporte puede ser por advección y/o dispersión, dependiendo de las características hidrodinámicas e hidrológicas del cuerpo de agua.

Resultados de caracterización fisicoquímica

La caracterización de la corriente y el vertimiento se realiza con la determinación de los siguientes parámetros:

- Parámetros Físicoquímicos: Temperatura, pH, Conductividad, Alcalinidad, OD, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, DBO, DQO, Cloruros, Sulfatos, Nitritos, Nitratos, Fosfatos, Grasas y Aceites, Fenoles, Tensoactivos (SAAM).
- Parámetros Microbiológicos: Coliformes Totales y Coliformes Fecales.

En el Informe de Escenarios de Modelación (ver Anexo I: Capacidad de Asimilación) se resumen los resultados de los parámetros determinados en los diferentes puntos sobre los ríos y el análisis de los índices de calidad de las corrientes. Los resultados de este muestreo corresponden a los datos que se introducen al modelo con el fin de establecer la capacidad de asimilación de los ríos.

Se observa en los resultados que el comportamiento de los parámetros es similar aguas arriba y abajo del vertimiento, y señalan la capacidad de la corriente para asimilar la carga aportada por el vertimiento de las actividades a desarrollar en el Área de Interés Exploratoria, dentro de los límites permisibles para vertimiento de aguas residuales industriales tratadas dadas en el Artículo 72 del Decreto 1594 de 1984.

De la misma manera, se observa en los resultados correspondencia entre el contenido de cloruros, salinidad, conductividad, concentración de DBO, DQO, nitratos, sulfatos y Sólidos Suspendidos Totales y capacidad autodepuradora de la corriente. En general los parámetros cumplen con la destinación de las aguas para los ríos, para consumo humano, uso doméstico, agrícola y pecuario, según los límites establecidos en los artículos 38 a 42 del Decreto 1594 de 1984, respectivamente, aunque se recomienda el tratamiento convencional con desinfección en caso de ser utilizada para consumo humano.

Ejecución del modelo

Para evaluar la capacidad de asimilación y dilución de la carga contaminante aportada por un vertimiento directo, en este caso el efluente del tratamiento de las aguas residuales generadas por las actividades exploratorias en el Área de Interés Canelo

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-46
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Norte, sobre dos cuerpos receptores, Río Caquetá y Río Inchiyaco, se aplica el modelo de simulación QUAL2KW4, de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Éste es un modelo de estado estacionario, con el cual se puede simular el transporte y destino de contaminantes comunes en corrientes con flujo en una dirección, con flujo uniforme y no uniforme, que permite estimar el impacto de fuentes fijas y difusas de aportes de carga contaminante. El modelo simula el comportamiento de parámetros de calidad del agua como Oxígeno Disuelto, DBO, Temperatura, Sólidos Suspendidos, Nitritos, Nitratos, Fósforo Orgánico, pH, Alcalinidad, Coliformes y Algas (como clorofila a). Este modelo corresponde a una versión actualizada del modelo de calidad QUAL2E, que se aplica con los siguientes supuestos para cada corriente:

- La corriente es unidimensional y el canal se encuentra completamente mezclado horizontal y verticalmente.
- Estado hidráulico estacionario.
- Cambios de temperatura simulados dinámicamente como función meteorológica.
- Modelación de descargas y captaciones puntuales y difusas con cargas de contaminantes constantes.

Para utilizar el modelo se requiere una formulación idealizada del sistema hidrográfico a estudiar, dividiéndolo en tramos o sectores de los ríos que tienen características hidráulicas uniformes. Para cada uno de los elementos de cálculo, el balance de masa se escribe en términos de flujo entrante en la cara de aguas arriba, descargas externas (fuentes) o extracciones (captaciones) y el flujo saliente a través de la cara de aguas abajo del elemento.

Se efectúa un balance de masa para todo constituyente, que considera, tanto el transporte y la dispersión, como el movimiento de masa a lo largo de la corriente. La masa puede ser aumentada o removida del sistema, por fuentes o sumideros externos e internos tal como fuentes bénticas y transformación biológica. Cada elemento de cálculo se considera totalmente mezclado. De esta manera la corriente de agua puede conceptualizarse como una hilera de reactores completamente mezclados (elementos de cálculo), que están vinculados secuencialmente a los mecanismos de transporte y dispersión.

Dada la cantidad de constantes involucradas en las ecuaciones para simular el comportamiento de los parámetros estudiados, el modelo requiere calibración de las constantes mediante herramientas matemáticas como los algoritmos genéticos que se incluyen en un paquete computacional complementario del modelo QUAL2KW. La aplicación de este algoritmo genético requiere información de partida para la calibración de las constantes cinéticas que inicialmente se suponen al iniciar la modelación y son ajustadas en las sucesivas corridas del modelo. La calibración consiste en aplicar el modelo a un conjunto conocido de datos y analizar los resultados simulados. Luego se deben conciliar los valores observados con los estimados por el

⁴ QUAL2KW (version 5.1) A modeling framework for simulating river and stream water quality. Greg Pelletier and Steve Chapra. Environmental Assessment Program, July, 2008.

modelo. La validez de los resultados se basa en una calibración en la que se obtenga un 80% entre los valores observados y los simulados.

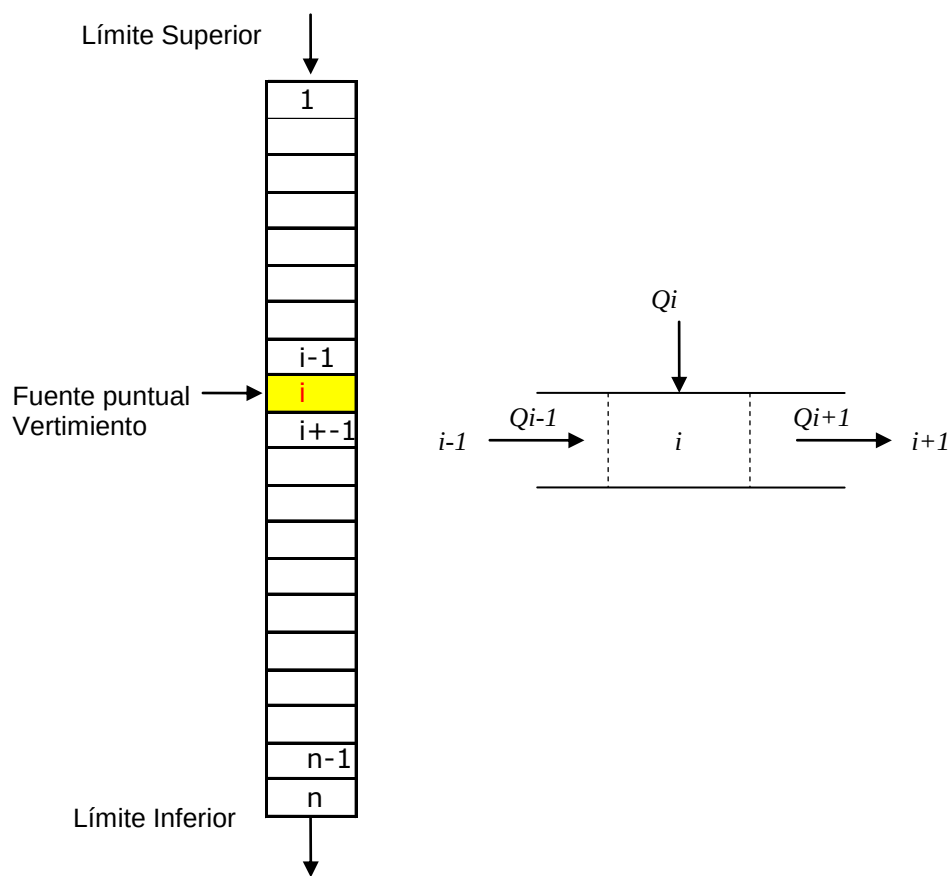
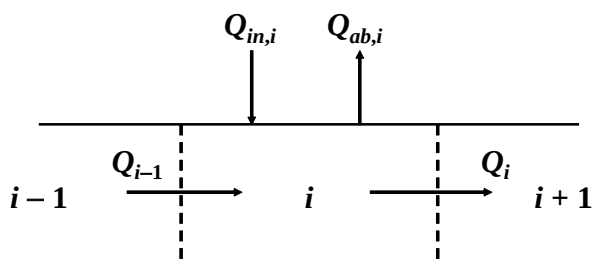


Figura 4-14. Esquema de modelación de calidad del agua del río

En condiciones de flujo totalmente mezclado, en estado estacionario, para cada sección del modelo:

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{ab,i}$$

Donde Q_i = caudal que sale del tramo i y entra al tramo $i + 1$ [m^3/d], Q_{i-1} = caudal que ingresa desde el tramo anterior $i - 1$ [m^3/d], $Q_{in,i}$ caudal total del tramo sumando los aportes de fuentes puntuales y no puntuales [m^3/d], y $Q_{ab,i}$ caudal total que sale del tramo restando caudales de captaciones puntuales y no puntuales [m^3/d].



En las condiciones del sector, en el modelamiento se considera el caudal inicial el flujo afluente del Río Caquetá y el Río Inchiyaco, medido en el punto inicial 1, el único caudal aportado corresponde al vertimiento de las actividades a desarrollar en el Área de Interés Exploratorio Canelo Norte en el punto 2 y caudal final es el efluente en el punto 3. Se consideran despreciables otros caudales aportados por drenajes estacionales o vertimientos difusos y las captaciones puntuales que se puedan presentar en el sector.

Escenarios de modelación

En el estudio se modeló un tramo de 1,5 km de longitud del Río Caquetá y el Río Inchiyaco, para las condiciones de caudales mínimos mensuales multianuales (Tabla 4-22), obtenidos en la modelación hidrológica, con el máximo caudal de aguas residuales industriales solicitado en cada caso.

De igual modo se evalúan las condiciones de caudal mínimo de la corriente receptora y el incremento del caudal del vertimiento desde una tasa de 3,9 L/s hasta 30 L/s en el río Caquetá y de 3,9 L/s hasta 15 L/s en el río Inchiyaco, con el fin de establecer la variación de la capacidad de asimilación de la corriente en condiciones críticas, es decir el caudal mínimo medio encontrado en la corriente, que corresponde al mes de febrero en ambos casos.

Tabla 4-22. Caudales medios y mínimos de los ríos de interés

RÍO CAQUETA												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caudal medio m3/s	326,7	345	370,7	494,8	659,7	858,2	836,6	669,1	489,8	427,2	399,8	356
Caudal Medio m3/s	200,7	173,4	250,0	258,6	385,4	488,9	640,9	350,9	353,4	317,7	186,4	230,1
RÍO INCHIYACO												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caudal Medio m3/s	8,9	9,4	10,1	13,5	18	23,4	22,8	18,2	13,4	11,6	10,9	9,7
Caudal Mínimo m3/s	5,50	4,70	6,80	7,10	10,50	13,30	17,50	9,60	9,60	8,70	5,10	6,30

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

En la Tabla 4-23 se presentan las relaciones de caudales entre el caudal mínimo y los caudales de descarga solicitados para el vertimiento. Se considera que para relaciones de caudales superiores a 9:1 se tienen condiciones que favorecen la dispersión de la carga aportante, como resultado de los fenómenos de transporte. En este caso, se observa que para todas las condiciones de caudal crítico en los ríos Caquetá e Inchiyaco, se observan condiciones teóricas de asimilación del vertimiento.

Tabla 4-23. Relación de caudales mínimos con el caudal de vertimiento máximo solicitado

RÍO CAQUETÁ												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caudal Mínimo m3/s	200,7	173,4	250,0	258,6	385,4	488,9	640,9	350,9	353,4	317,7	186,4	230,1
Vertimiento máximo m3/s	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
RELACIÓN RÍO:VERT	10890	11500	12357	16493	21990	28607	27887	22303	16327	14240	13327	11867
RIO INCHIYACO												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caudal Mínimo m3/s	5,50	4,70	6,80	7,10	10,50	13,30	17,50	9,60	9,60	8,70	5,10	6,30
Vertimiento máximo m3/s	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
RELACIÓN RÍO:VERT	367	313	453	473	700	887	1167	640	640	580	340	420

Resultados

En la Figura 4-15 se presenta el esquema del tramo del río Caquetá en el cual se aplica la metodología del modelo hidrológico y del modelo de calidad de agua y en la Figura 4-16 se presenta el esquema del tramo del río Inchiyaco. En la aplicación del modelo para cada una de las corrientes se tienen condiciones de caudales permanentes en época de estiaje, con valores de relación entre el caudal mínimo de la corriente y caudales máximos de descarga para el vertimiento en condiciones que favorecen la dispersión de la carga aportante, para los cuales se tienen condiciones teóricas de asimilación del vertimiento.

Los sectores de las corrientes seleccionados para la ubicación de los puntos de vertimiento solicitado corresponden a tramos uniformes, con viabilidad de acceso, en zonas que no interfieren con los usos de la corriente para las actividades de la comunidad.

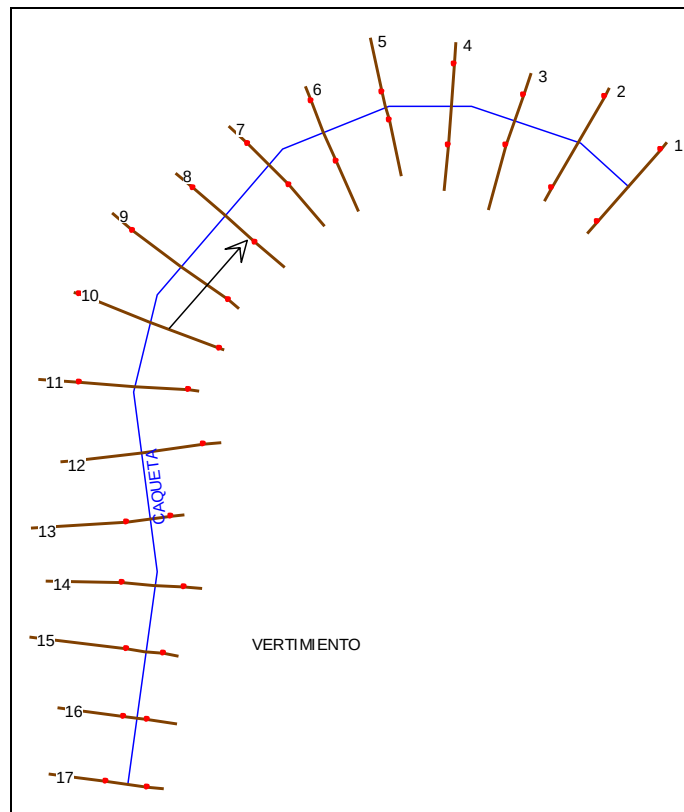


Figura 4-15. Tramo en estudio del río Caquetá

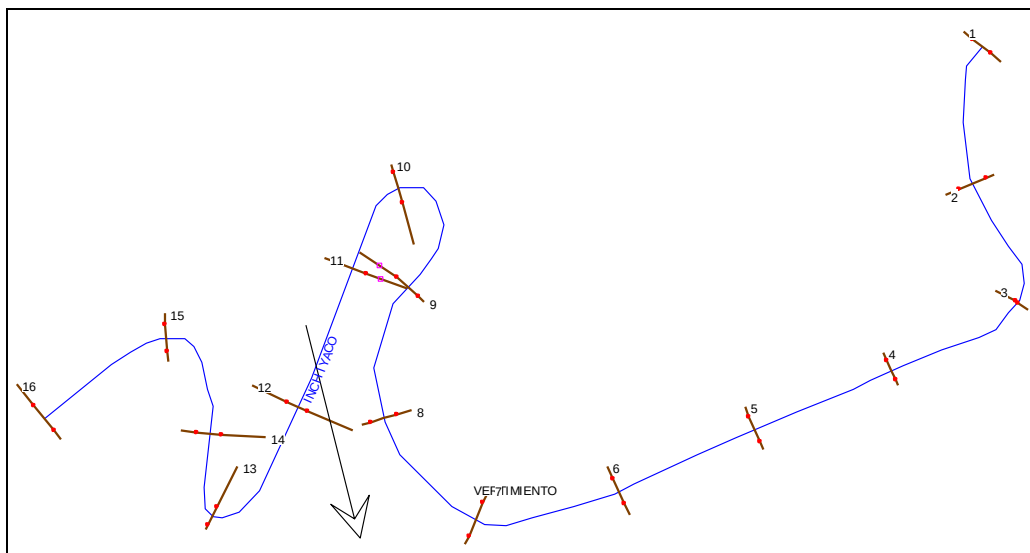


Figura 4-16. Tramo en estudio del río Inchiyaco

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

En la aplicación del modelo QUAL2KW, los resultados se expresan en términos del efecto del vertimiento sobre la calidad del agua del Río Caquetá y el río Inchiyaco, dada como el comportamiento del Oxígeno Disuelto, DBO, DQO, pH, conductividad, SST y alcalinidad, relacionados con la capacidad autodepuradora de cada corriente. Se considera el contenido de oxígeno disuelto como el parámetro más sensible, para los usos más restrictivos en la corriente aguas abajo del vertimiento, de manera que el río presente condiciones que le permitan mantener la vida de ecosistemas acuáticos y terrestres, además de los usos actuales agrícola y pecuario y usos potenciales como pesca y acuicultura.

La aplicación del modelo muestra que, para las condiciones de caudales mínimos mensuales multianuales, en los puntos seleccionados, estos ríos están en capacidad de asimilar la carga de contaminantes aportante por efecto del vertimiento, con un caudal de vertimiento máximo de 30 L/s sobre el río Caquetá y de 15 L/s sobre el río Inchiyaco. Cabe anotar que las condiciones de calidad del vertimiento corresponden a las características típicas de las aguas residuales industriales, y con cumplimiento de los parámetros establecidos en los Artículos 72 y 74 del Decreto 1594 de 1984. La operación del sistema de tratamiento puede obtener condiciones de calidad de agua con menor contenido de DBO, DQO, sólidos disueltos y conductividad, bajo las cuales se tendría una mayor capacidad de asimilación en el Río Caquetá y en el Río Inchiyaco.

Las tablas con los resultados de las modelaciones realizadas para los diferentes caudales mínimos de los ríos y los caudales del vertimiento planteados se presentan en Anexo I: Capacidad de Asimilación – Resultados Modelación Río Caquetá y Río Inchiyaco.

Resultados para el modelamiento del río Caquetá

Los resultados de la modelación para los escenarios planteados de vertimiento del Área de Interés Exploratorio Canelo Norte solicitado en los ríos Caquetá, para caudales de descarga entre 3,9 L/s y 30 L/s, muestran que no se presenta un cambio significativo en las características de la calidad del agua en las condiciones de caudales mínimos y medios mensuales multianuales.

En la modelación del escenario del máximo caudal de descarga del vertimiento (0.03 m³/s), para el caudal crítico del Río Caquetá, dado por el caudal mínimo medio (174,3 m³/s), se observa que en este sector el río tiene capacidad para asimilar la carga contaminante aportante y se presenta recuperación de las características de la corriente en los tramos cercanos al vertimiento.

Las condiciones de dispersión y asimilación de la carga contaminante se observan en la baja variación y estabilización en la concentración de los parámetros, en un tramo cercano al aporte del vertimiento. Se aprecia una rápida recuperación del Oxígeno Disuelto, que presenta una disminución de cerca del 11% en los puntos cercanos al vertimiento, debido a la asimilación de materia orgánica aportada, que se estabiliza y recupera por efecto de las condiciones de la corriente. En el caso del aporte de DBO y DQO, se presentan variaciones en sus concentraciones que son inferiores al 10%, para las condiciones críticas, con un incremento leve en los tramos cercanos al vertimiento

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-52
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

y una rápida asimilación que se observa en las concentraciones aguas abajo del vertimiento.

Se observa estabilidad en las condiciones de pH, que presenta bajas variaciones y con tendencia a la neutralización del agua.

Para los parámetros de contaminantes conservativos, tales como compuestos inorgánicos, sales y sólidos disueltos, y compuestos no biodegradables, se observa que se mantienen dentro del rango permisible para los usos actuales y potenciales aguas abajo del vertimiento.

De igual manera, se observa una rápida estabilización de las condiciones de conductividad, alcalinidad y cloruros, que son los parámetros que pueden presentar una mayor afectación por efecto del vertimiento. Esto se debe a las características esperadas en la composición del vertimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, teniendo en cuenta las condiciones de las aguas asociadas a los fluidos de producción, las cuales normalmente tienen un elevado contenido salino. Este efecto se observa también en la asimilación de compuestos típicos de las aguas de producción como fenoles, grasas y aceites e hidrocarburos totales, que se modelan como el componente genérico.

En general se observa que para las condiciones de caudales mínimos en el Río Caquetá, se tienen buenas condiciones de calidad de agua, sin cambios apreciables por el incremento del vertimiento, previo cumplimiento de las características de calidad establecidas en el Artículo 72 del Decreto 1594 de 2009.

Modelación del Río Inchiyaco

Los resultados de la modelación para los escenarios planteados de vertimiento en el río Inchiyaco, para caudales de descarga entre 3,9 L/s y 15 L/s, muestran que no se presenta un cambio significativo en las características de la calidad del agua en las condiciones de caudales mínimos y medios mensuales multianuales del río.

En la modelación del escenario crítico, dado para el caudal mínimo mensual del río Inchiyaco (4,7 m³/s) y el máximo caudal de descarga del vertimiento (0,015 m³/s), se observa que en este sector, el río tiene capacidad para asimilar la carga contaminante aportante y se presenta recuperación de las características de la corriente en los tramos cercanos al vertimiento.

Las condiciones de dispersión y asimilación de la carga contaminante se observan en la baja variación y estabilización en la concentración de los parámetros. En el caso del Oxígeno Disuelto, se observa una leve dismunición en un tramo cercano al aporte del vertimiento y estabilización en un valor que no interfiere con la calidad de la corriente. Se aprecia una rápida asimilación de materia orgánica expresada como DBO y DQO, que presentan bajas variaciones en sus concentraciones, para las condiciones críticas, con un incremento leve en los tramos cercanos al vertimiento y una rápida asimilación aguas abajo del vertimiento.

Se observa estabilidad en las condiciones de pH, que presenta bajas variaciones y con tendencia a la neutralización del agua, ya que las condiciones de la corriente señalan carácter levemente ácido.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-53
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Para los parámetros de contaminantes conservativos, tales como compuestos inorgánicos, sales y sólidos disueltos, y compuestos no biodegradables, se observa que se mantienen dentro del rango permisible para los usos actuales y potenciales aguas abajo del vertimiento.

De igual manera, se observa una rápida estabilización de las condiciones de conductividad, alcalinidad y cloruros, que son los parámetros que pueden presentar una mayor afectación por efecto del vertimiento. Esto se debe a las características esperadas en la composición del vertimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, teniendo en cuenta las condiciones de las aguas asociadas a los fluidos de producción, las cuales normalmente tienen un elevado contenido salino. Este efecto se observa también en la capacidad de asimilación de compuestos típicos de las aguas de producción como fenoles, grasas y aceites e hidrocarburos totales (que se modelan como el componente genérico).

En general se observa que para las condiciones de caudales mínimos del río Inchiyaco, se tienen buenas condiciones de calidad de agua, en las que se espera que no se presenten cambios considerables por el vertimiento de aguas industriales, previo cumplimiento de las características de calidad establecidas en el Artículo 72 del Decreto 1594 de 2009.

Conclusiones y recomendaciones del modelamiento

La caracterización de calidad fisicoquímica y bacteriológica del Río Caquetá y del Río Inchiyaco en el área de interés de este estudio, señalan que estos ríos presentan condiciones de calidad del agua aceptables, baja contaminación por materia orgánica y mineralización. Bajo estas condiciones, en ambos casos se observa que el efecto del vertimiento por las actividades a desarrollar en el Área de Interés Exploratorio Canelo Norte es asimilado por las corrientes en el sector cercano al punto vertimiento y no se observa cambio de las condiciones de la calidad del río en el punto final localizado 1,5 km aguas abajo del mismo.

Dadas sus características hidrológicas, el río Caquetá y el río Inchiyaco presentan condiciones de caudales permanentes en los periodos de estiaje, lo cual les confiere la capacidad de asimilación de la cantidad y calidad del vertimiento de aguas industriales tratadas durante todo el año.

En condiciones de año seco, para los caudales mínimos del río Caquetá, se recomienda realizar descargas hasta de 30 l/s, aunque la relación de caudales para estas corrientes presentan un amplio margen para asimilar el efecto del vertimiento, para caudales de descarga superiores a 42 L/s se pueden presentar efectos significativos sobre las características de mineralización de la corriente, con incrementos considerables en el contenido de cloruros.

En el caso del Río Inchiyaco, para condiciones de caudales de descarga del vertimiento superiores a 21 L/s, se aprecian cambios considerables en parámetros de interés como conductividad, alcalinidad y Oxígeno Disuelto, por lo que se recomienda mantener un límite de seguridad con un caudal máximo de descarga de 15 L/s

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-54
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Para los escenarios de modelación de caudales medios de las corrientes, en ambos casos se observa que el cambio en la concentración de contaminantes propios de las aguas de formación y resultantes del tratamiento de aguas industriales, tales como fenoles, hidrocarburos totales y grasas y aceites, señalan condiciones de concentración por debajo los límites permisibles según los usos de estas corrientes. En la aplicación del modelo su comportamiento puede asimilarse a las condiciones de remoción de materia orgánica y teniendo en cuenta las características del vertimiento, se considera que la corriente tiene capacidad para asimilar la carga de estos compuestos en la condición de vertimiento solicitado.

Los resultados de los análisis de calidad de agua y la modelación de la capacidad de dispersión y asimilación de los ríos Caquetá e Inchiyaco en el sector de interés, presentan características de buena calidad del agua, bajos niveles de contaminación por materia orgánica, sólidos suspendidos, nutrientes y patógenos, aceptable contenido de oxígeno disuelto y pH, que permiten su uso para las actividades agrícolas, pecuarias y transporte fluvial. En los resultados de los puntos aguas arriba del vertimiento no se presentan condiciones de contaminación significativa con patógenos, que puede ser debida a vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento o escorrentía ganadera.

Estos ríos presentan condiciones de caudal permanente en escenarios de año seco, que les permiten mantener buena capacidad de reoxigenación y asimilación de la carga aportante por efecto del vertimiento de las aguas residuales. Los resultados de concentraciones obtenidas en la aplicación del modelo de calidad del agua indican que ambas corrientes mantiene su capacidad para asimilar la carga contaminante aportada por el vertimiento en condiciones de caudales mínimos y medios mensuales y oferta mínima.

Con base en los resultados de modelación de la calidad del agua del Río Caquetá y del Río Inchiyaco por efecto del vertimiento, se obtiene que es viable, desde el punto de vista técnico, realizar las descargas con los caudales solicitados. Las observaciones de los parámetros aguas abajo del vertimiento, muestran estabilización de la concentración de oxígeno disuelto y disminución de la concentración de DBO y DQO por efecto de la capacidad de asimilación de la carga orgánica aportada, así como ajuste de los parámetros de conductividad, alcalinidad, sólidos, cloruros y pH, señalando la capacidad de dispersión y autodepuración de la corriente.

Los escenarios propuestos para caudales críticos, que podrían presentarse en condiciones climáticas de sequía extrema, muestran que la calidad del agua se mantiene dentro de los límites permisibles de contenido de oxígeno disuelto, pH, DBO y DQO, aún bajo las condiciones de vertimiento del caudal máximo solicitado. Esto considerando que el efluente del sistema de tratamiento para el proyecto cumple con los límites permisibles establecidos en los Artículos 72 y 74 del Decreto 1594/84 y la eficiencia de remoción en su sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.

Los resultados de la modelación presentan concentración de parámetros de interés, en condiciones de caudales medios y mínimos de las corrientes en estudio, bajo los cuales el vertimiento no interfiere con el mantenimiento de las características de calidad y sus usos aguas abajo.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-55
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.3.3 Disposición sobre suelo

Durante la perforación exploratoria y pruebas de producción en el área Canelo Norte se contempla como alternativa de disposición de las aguas residuales domésticas e industriales tratadas previamente, el riego por aspersión sobre las vías a usar para el desarrollo del presente proyecto o en campos de aspersión ubicados en lo posible sobre áreas aledañas a las locaciones a construir.

Con el fin de definir si el suelo del área es apropiado para dicha actividad, se determinó el grado de absorción del mismo a partir de la realización de 3 pruebas de infiltración, localizadas estratégicamente para cubrir espacialmente las diferentes características del terreno y las áreas de probable intervención por la ejecución del vertimiento de ARD y ARI.

Las pruebas de infiltración se tuvieron en cuenta para determinar si el método de disposición de aguas residuales e industriales (tratadas) mediante áreas de infiltración es adecuado. Gracias a estas pruebas (en las que se calculó el tiempo requerido para que el agua baje 2,5 cm en los 3 puntos de muestreo), se pudo estimar que la tasa de absorción para el área de estudio oscila entre 0,066 - 0,035m³/m²-día.

Metodología de la prueba de percolación

La metodología establecida para la realización de la prueba de infiltración fue la siguiente:

- ✓ Perforación del agujero: Corresponde a la excavación que se realiza en el terreno para determinar la tasa de absorción del mismo. Esta excavación se realiza con paredes de 30cm de ancho y profundidades entre 30 y 60 centímetros.
- ✓ Saturación y expansión del suelo. Para asegurar una completa saturación y expansión del suelo, se mantiene el agujero lleno de agua durante un período conveniente de 24 horas, previo a la prueba o toma de lecturas. La saturación del suelo es muy importante porque los sistemas de infiltración deben funcionar correctamente en las épocas de lluvia. Con esta etapa se pretende simular ese hecho.
- ✓ Medición de la tasa de filtración. Pasado el período de saturación, indicado en el punto anterior, se ajusta la profundidad del agua. Desde un punto de referencia fijo, se mide el nivel de agua a intervalos de 10 minutos durante un período de 1 hora. El descenso que ocurra en los últimos 60 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración, usualmente expresada en minutos/cm.

El rango en que oscila la tasa de absorción mencionada anteriormente se determinó utilizando la siguiente tabla, y teniendo en cuenta el tiempo requerido para que el agua baje 2,5 cm en los 3 puntos de muestreo.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-56
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-24. Tasa de absorción y su significado

TIEMPO REQUERIDO PARA QUE EL AGUA BAJE 2,5cm (min)	TASA DE ABSORCIÓN (m ³ /m ² *día)	ABSORCIÓN DEL TERRENO
<1	0,16	RÁPIDA
2	0,13	
3	0,11	
4	0,101	MEDIA
5	0,089	
10	0,066	
15	0,054	LENTA
30	0,035	
45	0,026	
50	0,023	TERRENO SEMIPERMEABLE
> 60	0,023	

Fuente: Manual de Normas Técnicas, CDMB – Bucaramanga.

➤ Resultados obtenidos

Los datos tomados en campo se presentan a continuación.

Tabla 4-25. Pruebas de infiltración - Sector Trojayaco

Prueba de Infiltración No.1 - Sector Trojayaco				
COORDENADAS				
Este	752763,0	Norte	600945,7	
Hora	Δ T		Profundidad (cm)	ΔH (cm)
	minutos	segundos		
8:56:00	0	0	50	
9:06:00	10	600	46	4
9:16:00	10	905	43,5	2,5
9:26:00	10	867	42	1,5
9:36:00	10	898	41	1
9:46:00	10	1210	39	2
9:56:00	10	1210	37,5	1,5
Total	60	4480		12,5

Fuente: Trabajo de campo Canelo Norte. C&MA Ltda., 2010.

Tabla 4-26. Pruebas de infiltración - Sector Caraño

Prueba de Infiltración No.2 Sector Caraño				
COORDENADAS				
Este	744.682,5	Norte	600.098,2	
Hora	ΔT		Profundidad (cm)	ΔH (cm)
	minutos	segundos		
4:15:00	0	0	50	
4:25:00	10	600	42,5	7,5
4:35:00	10	905	36,5	6
4:45:00	10	867	32,5	4
4:55:00	10	898	29,1	3,4
5:05:00	10	1210	27	2,1

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-57
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Prueba de Infiltración No.2 Sector Caraño				
COORDENADAS				
Este	744.682,5	Norte	600.098,2	
Hora	ΔT		Profundidad (cm)	ΔH (cm)
	minutos	segundos		
5:15:00	10	1210	25,2	1,8
Total	60	4480		24,8

Fuente: Trabajo de campo Canelo Norte. C&MA Ltda., 2010.

Tabla 4-27. Pruebas de infiltración - Sector La Punta

Prueba de Infiltración No.3 -Sector La Punta				
COORDENADAS				
Este	744.686,5	Norte	604.546,5	
Hora	ΔT		Profundidad cm	ΔH cm
	minutos	Segundos		
9:52:00			28	
10:02:00	10	600	16,5	11,5
10:12:00	10	905	10,4	6,1
10:22:00	10	867	8	2,4
10:32:00	10	898	5,6	2,4
10:42:00	10	1210	4	1,6
10:52:00	10	1210	2,7	1,3
Total	60	4480		25,3

Fuente: Trabajo de campo Canelo Norte. C&MA Ltda., 2010.

Tabla 4-28. Pruebas de infiltración – Sector Villa de Los Prados

Prueba de Infiltración No.4 - Sector Villa de los Prados				
COORDENADAS				
Este	755.290,7	Norte	601.086,6	
Hora	ΔT		Profundidad cm	ΔH cm
	minutos	Segundos		
3:23:00	0	0	30	
3:33:00	10	600	21,4	8,6
3:43:00	10	905	15	6,4
3:53:00	10	867	11,3	3,7
4:03:00	10	898	8,6	2,7
4:13:00	10	1210	6,1	2,5
4:23:00	10	1210	4	2,1
Total	60	4480		26

Fuente: Trabajo de campo Canelo Norte. C&MA Ltda., 2010.

De acuerdo con los anteriores datos se determinó la tasa de absorción en los puntos muestreados y que al ser comparada con los datos de referencia permiten obtener los siguientes resultados y conclusiones.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-58
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

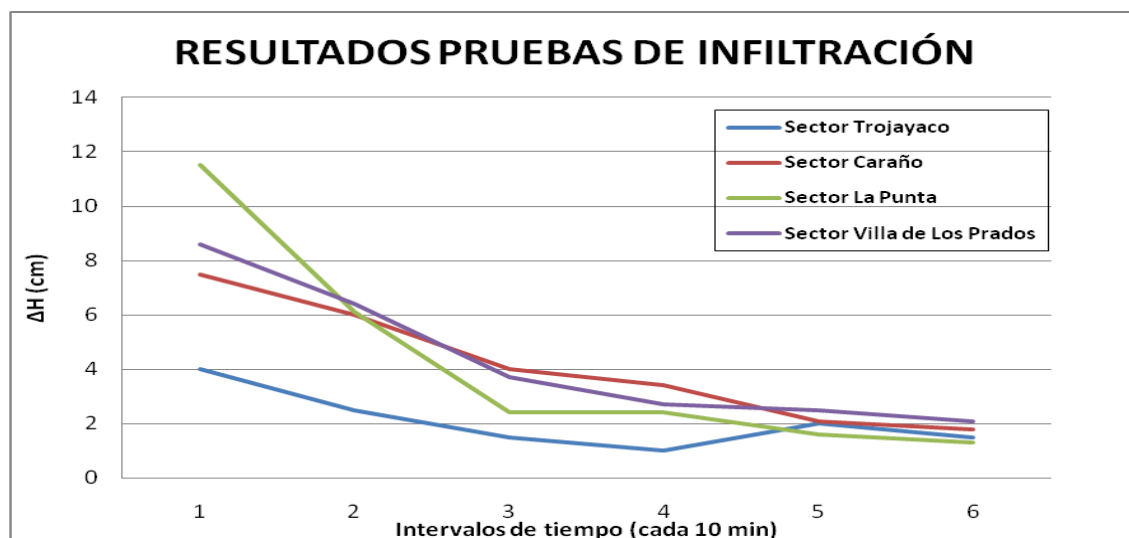


Figura 4-17. Resultados prueba de infiltración

Como se puede apreciar en la Figura 4-17, en general los suelos del área Canelo Norte tienden a mantener un comportamiento estable una vez se saturan al límite, definiendo una disminución en la altura de la lámina de agua aproximadamente entre 0 – 4 cm en 10 min, que corresponde a una tasa absorción LENTA ($0,066 - 0,035 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$).

Tabla 4-29. Absorción del área Canelo Norte

Coordenadas Datum Bogotá Origen Oeste	Coordenadas Datum Magna Origen Bogotá	Localización	Tiempo requerido para bajar 2,5cm (min)	Absorción del terreno	Unidad Geológica	Unidad de suelo
1.086.755E 600.866N	752.763,0E 600.945,7N	P.I No.1 Sector Trojayaco Municipio de Piamonte	1,6	LENTA	Grupo Orito	Mesón
1.087.895E 600.012N	744.682,5E 600.098,2N	P.I No.2 Sector Caraño Municipio de Piamonte	8,71	LENTA	Depósitos aluviales	San José
1.078.681E 604.457N	744.686,5E 604.546,5N	P.I No.3 Sector La Punta Municipio de Piamonte	11,95	LENTA		Las Gaviotas
1.089.281E 601.009N	755.290,7E 601.086,6N	P.I No.4 Sector Villa de los Prados Municipio de Piamonte	8,36	LENTA		San José

Fuente: C&MA Ltda., 2011.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

La infiltración promedio del área de estudio corresponde a **11,41cm/h**

SECTOR EL PRADO	SECTOR TROJAYACO
	
SECTOR LA PUNTA	SECTOR CARAÑO
	

Fotografía 4-3. Pruebas de infiltración

Las pruebas de infiltración abarcaron todas las unidades de suelo y geológicas presentes en el APE Canelo Norte, así mismo, incluyendo puntos en donde se propone desarrollar las actividades de riego mediante aspersión, los cuales permitieron tener una muestra más representativa para el análisis en mención.

El suelo del área de estudio presenta una tasa de absorción LENTA, la cual se relaciona con las características del terreno, específicamente la textura que es arcillosa, seguida de arenas – limosas, y terminando con limo-arenoso en la parte inferior, lo cual resulta apto para la disposición final de las aguas residuales domésticas e industriales tratadas y que se generen por la ejecución del presente proyecto, siempre y cuando se tengan en cuenta las siguientes consideraciones de diseño, con el fin evitar el encharcamiento del agua y garantizar la absorción de la misma.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-60
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-30. Descripción de las unidades de suelo del Área de interés exploratorio Canelo Norte

TIPO DE RELIEVE	FORMAS DEL TERRENO - LITOLOGÍA	UNIDADES TAXONÓMICAS		CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	SÍMBOLO
		CLASIFICACIÓN	NOMBRE		
Lomerío	Lomas ligeramente disectadas / Arcillolitas	Oxic Dystropets Typic Tropaquents	Mesón	Oxic Dystropepts: Moderadamente profundos de textura fina y moderadamente fina, de fertilidad media a baja. Typic Tropaquents: De fertilidad baja a moderada, presentan acumulación de materia orgánica sobre material arcilloso.	ME
		Typic Dystropets Typic Endoaquents	Las Gaviotas	Pertenecen al orden de los inceptisoles poseen un bajo grado de evolución, con baja saturación de bases, textura de moderadamente gruesa a moderadamente fina.	LG
Valle	Terraza Baja / aluviones finos	Fluventic. Dystropepts Typic Dystropepts Endoaquents	San José	Fluventic: Suelos de planicie aluvial con textura media, ligeramente ácidos. Dystropepts: Son poco profundos con baja saturación de base. Typic Dystropepts: Son moderadamente profundos, texturas moderadamente finas sobre gruesas. Endoaquents: Son suelos recientes con horizontes poco desarrollados.	SJ
	Islas y Orillares / Aluviones Medios	Fluventic Eutropepts Typic Endoaquents	Puerto Limón	Fluventic: Suelos de planicie aluvial con un desarrollo de perfil incipiente o muy débil, excesiva arena. Eutropepts: Alta saturación de bases, débil desarrollo del perfil, presenta procesos de lixiviación. Typic Endoaquents: Poseen un régimen húmedo durante gran parte del año, predominio de hierro.	PL

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial. Municipios de Puerto Guzmán y Piamonte – C&MA. 2011

Durante el trabajo de campo, se efectuó una (1) calicata sobre los suelos residuales del Grupo Orito, dos (2) calicatas en suelos con influencia aluvial en el sector central del Área de Interés Exploratorio Canelo Norte y diferentes apiques a lo largo de la vía de acceso proyectada al sector norte del área de estudio. En la Tabla 4-31, se resumen los resultados de los análisis realizados en el laboratorio del IGAC en Bogotá. Los resultados completos de los análisis de suelos se encuentran en el Anexo B.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-61
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

Tabla 4-31. Resultados de Análisis de Laboratorio de Suelos

No.	COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ DATUM MAGNA		HUM.	GRANULOMETRIA		
	ESTE	NORTE	%	Ar	Li	Arc
1A	749189,5	600958,9	30.05	21.1	34.4	44.5
1B	749189,5	600958,9	13.06	12.2	34.7	53.1
2A	753392,0	601698,7	23.83	30.2	45.2	24.6
2B	753392,0	601698,7	15.29	10.5	50.8	38.7
3A	753341,2	599601,3	38.48	54.9	28.7	16.4
3B	753341,2	599601,3	18.62	59.7	28.2	12.1

Fuente: Grupo EIA Área de Interés Exploratorio Canelo Norte – C&MA. 2011

Con base en los anteriores resultados, se aprecia que la muestra 1 tomada hacia el sector Norte del área de estudio, corresponden a arcillas limosas que evidencia la influencia del Grupo Orito y sus altos contenidos de arcillas determinan un comportamiento plástico de los suelos, los cuales presentan índices de plasticidad representativos en los ensayos de suelo de la vía acceso.

En cuanto a los suelos de las calicatas 2 y 3 tomadas hacia el sector central y sur, son básicamente suelos franco arenosos donde se puede inferir la influencia aluvial marcada y su baja compactación.

Tabla 4-32. Consideraciones de diseño para el riego en el APE Canelo Norte

Parámetro	Valor
Caudal a disponer	3,9 L/s (336,9 m ³ /d)
Tasa de absorción del terreno	0,066 – 0,035 m ³ /m ² -día
Área necesaria para riego	5.104,5m ² -9.625,7m ²
Ancho de las vías a regar	4,5m
Longitud de vías a regar	1.134,3 m– 2.139m

Con base en las longitudes y áreas reportadas en la tabla anterior, y de acuerdo con las longitudes máximas totales de vías a construir que se plantean para el proyecto y el área disponible cerca a las locaciones para el campo de aspersión (10.000 m²), se considera que esta alternativa de disposición final de las aguas residuales es viable, a partir de la existencia del área para tal fin.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

DISEÑO AGRONÓMICO DEL CAMPO DE ASPERSIÓN

Características del agua a regar

El agua a regar proviene de las actividades de perforación después de ser tratada en las respectivas piscinas o tanques y que cumplan con los parámetros físicos y químicos establecidos del Decreto 1594 de 1984 y en el Decreto 4728 de 2010.

Descripción del emisor

Tipo de emisor: Se podrá utilizar el Aspensor NaanDan 5024 de impacto de ángulo bajo, el cual se emplea para riego supra-arbóreo y sub-arbóreo de árboles, bananeros, viñedos, viveros e invernaderos, no obstante, queda abierta la posibilidad de utilizar algún otro tipo de aspensor que esté acorde a los requerimientos del proyecto.

Dentro de la línea comercial de emisores podemos encontrar una gran variedad de aspersores de características muy disímiles, metálicos, plásticos, de bajo caudal, alto caudal, de gotas variables. Sin embargo, se recomienda la línea Naan-Dan por ser una marca reconocida en sistemas de aspersión, de fácil consecución en el mercado nacional y de alta calidad. Dentro de las bondades del aspensor se tienen:

- Caudal uniforme y constante, poco sensible a las variaciones de presión
- Poca variabilidad a las obturaciones
- Elevada uniformidad de fabricación
- Resistencia a la agresividad química y ambiental, así como a las operaciones agrícolas.
- Bajo costo
- Estabilidad de la relación Caudal-presión a lo largo del tiempo
- Poca sensibilidad a los cambios de temperatura
- Reducida pérdida de carga en el sistema de conexión
- Resistencia al ataque de insectos y roedores

Caudal de emisor: El aspensor es de boquilla naranja que posee un caudal de 0,55m³/h.

Disposición de los emisores: El distanciamiento recomendado por el fabricante se encuentra entre 12 y 18m, de acuerdo al tipo de cultivo y cantidad de lámina a disponer. Para este proyecto se recomienda una disposición a tresbolillo (en triángulo), con un distanciamiento entre líneas de 15,15m y entre aspersores de 17,5m

Lluvia efectiva

La lluvia efectiva es la que el aspensor deposita en el terreno sin que esta lo sature formando charcos y genere escorrentía superficial. Esta debe ser inferior a la infiltración obtenida, la cual tiene un valor de 11,41cm/h en este caso.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-63
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Vegetación de la zona a regar

La vegetación de la zona de riego preferiblemente deberá ser pastos.

Coeficiente del cultivo

Según las condiciones naturales de humedad relativa (>70%) y velocidad de viento (0-5m/s) el coeficiente promedio para planificación de proyectos es de 1,1. Este coeficiente indica la relación entre el uso consultivo de la especie predominante y un cultivo de pasto estándar 5,5cm/día diarios de agua, (FAO 2003).

DISEÑO HIDRÁULICO

El principal objetivo de este numeral es establecer los parámetros hidráulicos para el diseño del sistema de riego por aspersión en el APE Canelo Norte.

Precipitación Media

La precipitación media de riego para este arreglo se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$P_m = \frac{Q_n \times 3600}{DL \times DA}$$

$$P_m = 2,07\text{mm}$$

Dónde:

P_m = Precipitación media de riego (mm/h)

Q_n = Caudal nominal de riego (L/s) = 0,153 (0,55m³/h según el aspersor a usar)

DL = Distanciamiento entre laterales = 15,15 m

DA = Distanciamiento entre aspersores = 17,5 m

La precipitación media a disponer por el campo de aspersión es de 2,07 mm/h. Esta tasa de infiltración es menor comparada con la tasa de infiltración de la zona, la cual tiene un valor de 114,1 mm/h, lo cual es favorable para la actividad y garantizará la no existencia de encharcamientos.

El balance hídrico para el sistema de riego se calcula para verificar si en condiciones extremas, el campo de aspersión funciona sin detrimento del suelo y no produce inundación, ni escurrimiento superficial.

Las condiciones críticas a evaluar son: cero evapotranspiraciones, si la intensidad de lluvias es tal que ocurra escorrentía con un tiempo de concentración de diseño de lluvia igual a la duración del aguacero crítico, y operación normal del sistema de aspersión, el suelo debe tener la capacidad de seguir infiltrando el agua.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-64
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tiempo de concentración

Es el tiempo que la lluvia cae en el punto más distante de la corriente de agua de una cuenca para llegar a una sección determinada. El cálculo del tiempo de concentración (T_c), conforme a la ecuación de Kirpich es el siguiente:

$$T_c = 0,01947 \times L^{0,77} \times p^{-0,385}$$

$$T_c = 0,01947 \times 100^{0,77} \times 0,075^{-0,385}$$

$$T_c = 1,82 \text{ min}$$

Donde,

T_c = Tiempo de concentración.

L = Longitud de la corriente, equivalente a la longitud hidrológicamente más desfavorable a lo ancho del lote, equivalente a 100m.

P = Pendiente promedio, equivalente a 7,5% (de acuerdo al plano de pendientes del proyecto)

Para este tiempo de concentración de lluvia se estimó el nivel máximo de lluvia mensual en la zona del proyecto que se puede presentar en promedio por día que es de 63mm, precipitación máxima presentada sobre el mes de abril, de acuerdo con los datos del IDEAM.

$$I_m = \frac{P_{\max.} \times T_c^{0,186}}{(T_{\text{Estimado}} + 10)^{0,65}}$$

$$I_m = \frac{63 \times 1,82^{0,186}}{(60 + 10)^{0,651}}$$

$$I_m = 4,43 \text{ mm/h}$$

Donde,

I_m = Intensidad media

$P_{\max.}$ = Precipitación máxima en el mes más lluvioso

T_c = Tiempo de concentración

T_{Estimado} = Tiempo máximo estimado del aguacero de diseño

La precipitación total es la suma de la intensidad media del aguacero crítico y la irrigación promedia de riego.

$$P_t = I_m + P_m$$

$$P_t = 4,43 \text{ mm/h} + 2,07 \text{ mm/h}$$

$$P_t = 9,2 \text{ mm/h}$$

Donde,

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-65
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Pt= Precipitación total

Im = Intensidad media del aguacero crítico

Pm = Precipitación media de riego

Si se compara la precipitación total con la infiltración promedia básica obtenida en el área de estudio (114,1 mm/h), se puede concluir que no existirá escorrentía superficial directa. Si llegara a emitir abnegación esta sería de carácter temporal.

Área a irrigar

El área a regar se definió teniendo en cuenta la cantidad de agua máxima que producirá el proyecto 3,9 L/s. El factor más importante desde el punto de vista hidráulico es la infiltración básica, de ésta se obtiene el periodo de no encharcamiento y las dimensiones del campo a regar.

Estimación teórica de volumen de agua a infiltrar

Teóricamente se puede estimar la cantidad de agua a infiltrar ya que se poseen todos los datos necesarios para ello. Esta estimación se realiza teniendo en cuenta los datos de infiltración (11,41cm/h), el área del campo de aspersión (82,10m x 74m = 6.075,4m²) y las horas promedio de riego (8 horas).

Este cálculo toma en cuenta parámetros ideales de campo de acuerdo con los datos arrojados por las pruebas de infiltración, es necesario que se tenga en cuenta que la naturaleza de un suelo lo hace totalmente cambiante y que por ello en ninguna circunstancia se debe tomar el dato como ideal, es decir para el vertimiento se deben hacer correcciones y monitoreos constantes a los suelos para evitar los encharcamientos y escorrentías superficiales, pues este fenómeno está ligado a las condiciones climáticas del sitio, las cuales pueden cambiar de un día para otro. Para el dato final presentado es recomendable buscar un factor multiplicador (fm) que está entre 0,3 y 0,7 de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona, este hecho implica la multiplicación por un fm de 0,3 en condiciones de alta pluviosidad y un fm de 0,7 en condiciones de baja o nula pluviosidad.

Tabla 4-33. Volumen de agua teórico que recibe el suelo

Lámina de agua en m/h/m ²	Volumen de agua (m ³ / ha)	Volumen de agua en m ³ /día
0,114	1.140	9.120

Tabla 4-34. Volumen en condiciones de alta pluviosidad

Lámina de agua en m/h/m ²	Volumen de agua (m ³ / ha)	Volumen de agua en m ³ /día
0,114	342	2.736

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

De acuerdo con este cálculo en una hectárea, pueden disponerse máximo 2736m³/día de agua, lo cual es favorable teniendo en cuenta el área que se utilizará para esta actividad (6.075,4m²).

Igualmente la aspersión debe hacerse de una forma uniforme en la totalidad del área del campo de aspersión ya que de no ser así habrá lugares donde se presenten escorrentías superficiales.

Con base al caudal de emisión de cada aspersor (0,55m³/h) y el caudal máximo a verter (3,9 L/s), se calculó el número de aspersores necesarios para realizar dicha disposición (la cual es la condición máxima que se puede presentar en caso de utilizar únicamente esta alternativa de vertimiento), arrojando como resultado un total de 25 unidades.

No obstante, con el fin de optimizar la disposición y teniendo en cuenta que también se propone el vertimiento mediante otras alternativas, se podrá hacer uso de una cantidad menor de aspersores y completar el caudal a disponer con las otras opciones planteadas, por lo tanto en la Tabla 4-35 se presenta como se podría realizar dicha combinación.

Tabla 4-35. Caudal de vertimiento combinando otra alternativa

Número de aspersores	Caudal de emisión aspersores (L/s)	Combinando con otra alternativa (L/s)	Total (L/s)
1	0,153	3,288	3,9
2	0,306	3,135	
3	0,459	2,982	
4	0,612	2,829	
5	0,765	2,676	
6	0,918	2,523	
7	1,071	2,37	
8	1,224	2,217	
9	1,377	2,064	
10	1,53	1,911	
11	1,683	1,758	
12	1,836	1,605	
13	1,989	1,452	
14	2,142	1,299	
15	2,295	1,146	
16 (opción de diseño máximo para el área)	2,448	0,993	

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Número de aspersores	Caudal de emisión aspersores (L/s)	Combinando con otra alternativa (L/s)	Total (L/s)
disponible)			
17	2,601	0,84	
18	2,754	0,687	
19	2,907	0,534	
20	3,06	0,381	
21	3,213	0,228	
22	3,366	0,075	
23	3,519	3,288	
24	3,672	3,135	
25	3,825	2,982	

Cabe mencionar que el caudal máximo a verter se presentaría, si y solo sí, se tienen en operación facilidades de producción en etapa de pruebas extensas y al mismo tiempo se esté perforando un pozo exploratorio en el APE Canelo Norte.

En la Figura 4-18 se presenta la posible ubicación de 16 aspersores (condición máxima para un área de 82,10 m x 74 m) para el campo de aspersión a construir en el APE Canelo Norte, sin embargo tal y como se mencionó anteriormente dicha cantidad puede disminuir en caso de combinar con alguna de las otras alternativas presentadas.

Con el diseño para el área disponible del campo de aspersión se podrían ubicar 16 aspersores y realizar un vertimiento adecuado de 2,448 l/s, el caudal restante (0,993 l/s) podría ser dispuesto mediante la alternativa de riego sobre vías destapadas en la zona del proyecto o en los puntos autorizados sobre las franjas propuestas en el río Caquetá o en el río Inchiyaco.

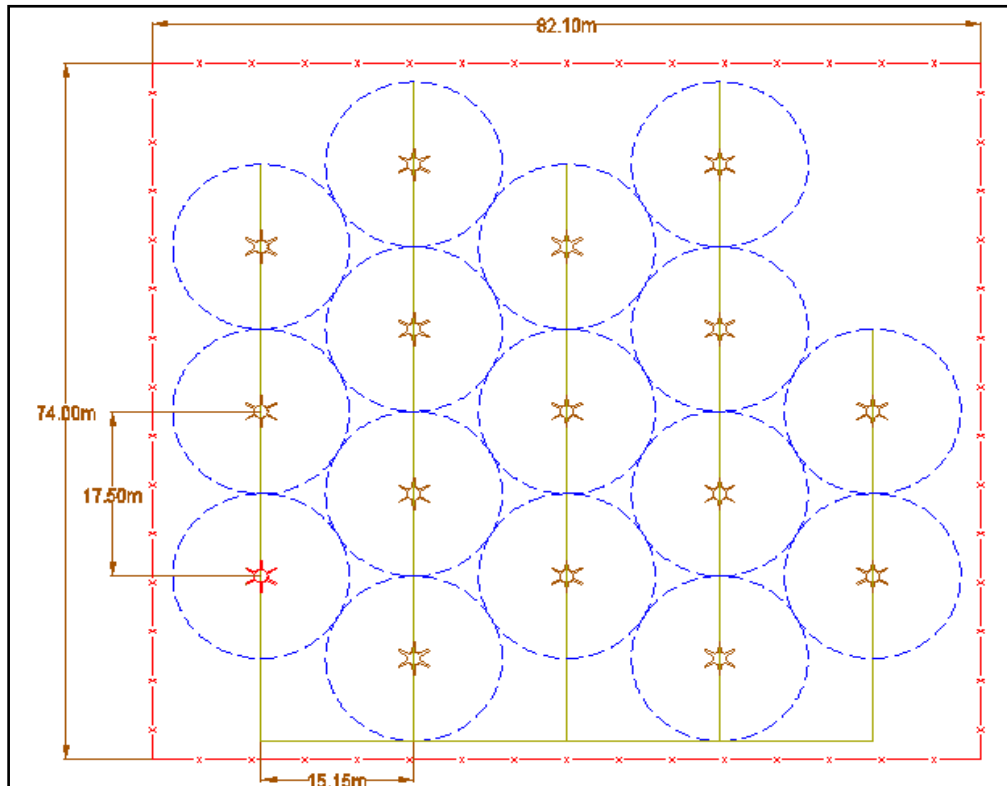


Figura 4-18. Campo de aspersión para el APE Canelo Norte

Consideraciones especiales para disposición de aguas residuales tratadas sobre cuerpos de agua y suelo

- Antes de la disposición final de las aguas residuales domésticas e industriales, éstas deberán cumplir con los parámetros del artículo 72 y 74 del decreto 1594 de 1984 (con el fin de evitar la afectación de aguas superficiales y/o subterráneas) y el Decreto 4728 de 2010. La empresa contratista encargada del tratamiento de aguas residuales de cada pozo exploratorio no podrá realizar el vertimiento de aguas residuales industriales tratadas con concentraciones de cloruros superiores a 250 mg/l.
- La empresa deberá instalar a la salida del STARI un sistema de medición que permita llevar el control del caudal a disponer. Se deberá llevar la bitácora de la lectura diaria y presentar consolidado por cada etapa de cada pozo en los ICA respectivos.
- Para la aspersión sobre las vías de acceso del proyecto, se utilizarán carrotanques acondicionados con flautas para que la descarga se realice cerca del suelo y en chorros finos, de baja presión, para controlar la dispersión del polvo y deterioro del capa de rodadura.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

- En ningún momento la tasa de aplicación de las aguas que se dispongan podrá exceder la capacidad de infiltración de los suelos.
- Se deberá asegurar que durante la irrigación en las vías, no se presenten encharcamientos, procesos erosivos o daños a la estructura de las mismas, ni contacto con los sectores diferentes a las banquetas de las vías.

4.3.4 Caudal a verter

El vertimiento de las aguas residuales generadas durante la etapa de perforación de los pozos exploratorios en el área Canelo Norte se estima en un caudal de 2,4L/s, el cual corresponde al 80% aproximadamente del caudal de agua solicitado para la captación del recurso, teniendo en cuenta que el 20% restante se consume en el proceso o se pierde. El volumen de agua a verter derivado de las pruebas hidrostáticas es el mismo caudal que se determinó para captación de las mismas, lo que equivale a un total 200,5 m³. Teniendo en cuenta que es posible que durante la fase exploratoria, algunos de los pozos sean productores y que se generen aguas asociadas a la producción de crudos, es necesario contemplar la posibilidad de incluir la descarga de dichas aguas de formación dentro del caudal de vertimiento autorizado para el proyecto. No obstante, la cantidad y las características fisicoquímicas de esta agua son inciertas, por cuanto el proyecto se encuentra en fase exploratoria. Llegado el caso y en función del caudal de agua producida por el yacimiento, sería necesario contemplar un aumento del caudal a verter, el cual de acuerdo a datos que se tienen de campos cercanos al área del proyecto que se encuentran en producción, se estima que durante las pruebas extensas se podría generar un volumen máximo de 1,5 L/s de aguas industriales o de producción.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de las aguas que se estima se verterán en cada una de las etapas del proyecto.

Tabla 4-36. Caudal de vertimiento en cada una de las etapas

Actividad/Etapa	Tipo	Vertimiento	
		L/s	Bbl/día
Perforación exploratoria y pruebas cortas de producción	Doméstico	0,2	108,7
	Industrial	2,2	1.195,6
Pruebas extensas de producción y prueba hidrostática	Doméstico	0,1	54,35
	Industrial	1,4	760,8
Total		3,9	2.119,45

Durante la fase de las obras civiles no se realizará vertimiento de aguas residuales industriales ya que el agua que se requiere en esta etapa es para la fabricación de concretos y para la compactación del área de las plataformas de perforación y las vías de acceso a los pozos exploratorios. Para las aguas negras se utilizarán baños

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

portátiles y el contratista que presta el servicio se encargará de la disposición adecuada de acuerdo a los permisos de operación de la empresa.

La disposición de las aguas residuales tratadas podrá distribuirse dentro de todas las alternativas propuestas, es decir, que no todo caudal de vertimiento estimado se dispondrá siempre mediante el mismo sistema.

4.3.5 Descripción de efluentes líquidos generados y su sistema tratamiento

AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Obras civiles

Para los residuos líquidos domésticos que se generen durante la construcción de las plataformas exploratorias y sus vías de acceso, o la adecuación de vías existentes, se instalarán baños portátiles.

Los baños portátiles poseen la facilidad de recolección de sus residuos líquidos mediante bolsillos, su mantenimiento se debe realizar periódicamente por el contratista, quien además deberá ofrecer técnicas de tratamiento legalmente establecidas, para las aguas negras extraídas.

Durante esta etapa no habrá generación de aguas grises ya que no habrá pernoctación de personal en el área.

Perforación exploratoria y pruebas de producción

Los residuos líquidos domésticos se obtendrán de los sanitarios, duchas, casino, lavandería y lavamanos del campamento instalado en el área de la plataforma de perforación de cada pozo, ya sea durante la perforación propiamente dicha o en el periodo de pruebas de producción.

Esta agua se caracteriza por presentar un contenido alto de detergentes, materia orgánica y microorganismos. En la Tabla 4-37 se presenta la caracterización típica de las aguas residuales domésticas de acuerdo con la concentración de sus contaminantes.

Tabla 4-37. Composición típica de aguas residuales domésticas no tratadas

VARIABLE	UNIDADES	CONCENTRACIÓN		
		FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Sólidos totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos disueltos totales	mg/l	850	500	250
Sólidos suspendidos totales	mg/l	350	220	100
Sólidos sedimentables	mg/l	20	10	5
Carbono orgánico total	mg/l	290	160	80
DBO	mg/l	400	220	110
DQO	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno total	mg/l	85	40	20

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-71
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-37. Composición típica de aguas residuales domésticas no tratadas

VARIABLE	UNIDADES	CONCENTRACIÓN		
		FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Nitrógeno orgánico	mg/l	35	15	8
Amoniaco libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo total	mg/l	15	8	4
Fósforo orgánico	mg/l	5	3	1
Fósforo inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Sulfatos	mg/l	50	30	20
Alcalinidad	mg/l	200	100	50
Grasas	mg/l	150	100	50
Coliformes totales	NMP/100 ml	107 - 109	107 - 108	106 - 107
Compuestos orgánicos volátiles (COV's)	mg/l	>400	100 - 400	<100

FUENTE: Metcalf& Eddy (1988)

El tratamiento de las aguas residuales domésticas se hará en primera instancia por medio de plantas portátiles compactas de lodos activados (ver Fotografía 4-4) donde se utilizan coagulantes, floculantes y desinfectantes en el tratamiento.

Las aguas grises no pasarán por la planta de lodos activados. Estas se conducirán directamente a un trampa grasas.

Los efluentes de la planta de tratamiento de lodos activados y de la trampa grasas se integrarán y almacenarán en tanques portátiles o piscinas con las ARI, para después enviar una única descarga a un punto de vertimiento sobre la franjas de los cuerpos de agua propuestos para tal fin (ríos Caquetá e Inchiyaco) previa verificación del cumplimiento de parámetros a monitorear.

Como otras alternativas, se propone la disposición del efluente doméstico generado a través del riego campos de aspersión, sobre las vías destapadas a usar por el proyecto, las cuales deberán tener su capa de base, sub-base y afirmado debidamente conformada, con el fin de garantizar la infiltración del agua en el suelo, o mediante la entrega a terceros (empresas especializadas que cumplan con los permisos ambientales) para el tratamiento y disposición final de este tipo de residuos.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	



Fotografía 4-4. Sistema de tratamiento de las ARD para perforación y pruebas de producción (Red Fox)

Aguas contaminadas de lavado

Se recolectarían en canales rectangulares perimetrales construidos alrededor de las plataformas de algunos de los equipos existentes. Estos canales conducen el agua a un separador de grasas (skimmer) y de allí se integran al sistema de tratamiento de agua residuales industriales del pozo. Su volumen de producción depende de la frecuencia del lavado y programa de mantenimiento de equipos.

Estas son aguas que se caracterizan por presentar niveles moderados de grasas y aceites.

Aguas lluvia no contaminadas

Las aguas lluvias no contaminadas serán recolectadas por canales trapezoidales perimetrales del área de la plataforma de perforación del pozo y serán pasadas a través de un desarenador antes de ser vertidas al medio. Su volumen de generación depende del régimen pluviométrico del área. No presentan ningún tipo de contaminante.

Aguas residuales industriales del lodo de perforación

Teniendo en cuenta que los residuos industriales de la perforación de cada pozo exploratorio en el APE Canelo Norte se podrán tratar ex situ a través de empresas especializadas e in situ, a continuación se describe el manejo y disposición final de cada una de estas alternativas:

En caso que se traten **ex situ**, los residuos provenientes del equipo de control de sólidos, que corresponden a una mezcla de lodos, cortes y una fracción líquida (aguas residuales), se almacenarán en tanques portátiles o piscinas sobre el área de la

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-73
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

plataforma, para posteriormente ser transportados, tratados y dispuestos por alguna empresa especializada, la cual deberá contar con licencia ambiental para el manejo de esta clase de desechos.

El tratamiento **in situ** consiste en que cuando el lodo de perforación ha perdido sus propiedades reológicas y fisicoquímicas, es conducido a la unidad “**dewatering**”, para posteriormente dirigir la fracción sólida a la(s) piscina(s), foso(s) o tanque(s) de cortes y la fracción líquida a la(s) piscina(s) o tanque(s) de aguas industriales, de las cuales una(s) es (son) de retención y otra(s) de chequeo de parámetros y vertimiento. El efluente de la segunda piscina o del tanque respectivo debe cumplir con los requisitos de calidad del agua del Decreto 1594/84⁵, para poder realizar el vertimiento sobre los cuerpos de agua receptores (río Caquetá e Inchiyaco), o disponerlo sobre el suelo a través del campo de aspersión o sobre las vías destapadas a usar por el proyecto. El agua residual separada del lodo también podrá ser entregada a empresas que cuenten con los permisos ambientales vigentes para su tratamiento y debida disposición amparada por la normatividad.

El tratamiento que se le hace al agua es un tratamiento físico-químico convencional, que consiste básicamente en adicionar sulfato de aluminio (alumbre) o cualquier químico comercial aceptado por la ley, con el fin de coagular y flocular los sólidos. También eventualmente se adicionan controladores de pH y coagulantes para facilitar el proceso de unión de las partículas disueltas y suspendidas en el agua.

En la Tabla 4-38 se presenta la caracterización típica de las aguas residuales industriales en actividades de perforación de pozos.

Tabla 4-38. Parámetros y valores típicos de calidad de las aguas residuales industriales sin tratamiento

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR ENCONTRADO
Grasas y Aceites	mg/l	1-5
Color	UPC	< 150
Conductividad	μohms/cm	4000
Cloruros	mg Cl/l.	50 -150
DBO ₅	mg O ₂ /l	150 - 500
DQO	mg O ₂ /l	500 - 1500
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	50 -200
HPT (IR)	mg/l	0.5 -2.0
pH	Unidades	6 - 9
Sólidos disueltos	mg/l	500 - 2000
Sólidos suspendidos	mg/l	200 - 500
Sulfatos	mg SO ₄ /l	150
Bario	mg Ba/l	1 - 3
Turbidez	NTU	150 - 800

Fuente: Archivo C&MA

⁵ El decreto 3930/10 (nuevo decreto de vertimientos), fue parcialmente modificado por el decreto 4728 de 2010, siendo este último el que amplía el plazo para definir los límites de vertimiento a cuerpos de agua superficiales, además de modificar otros artículos, el decreto 1594/84 es usado en el presente trabajo.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Pruebas de producción

Durante las pruebas de producción, las aguas residuales industriales se tratarán usando la infraestructura instalada en la locación del pozo donde se realicen y aplicando los mismos sistemas de tratamiento relacionados anteriormente.

En caso de que se genere agua de producción durante las pruebas extensas, ésta será dispuesta en frac tanks o piscinas para su tratamiento, antes de su disposición final de acuerdo a las opciones planteadas que son:

- Riego sobre las vías destapadas que se utilizarán por el proyecto en época de estiaje.
- Riego sobre campos de aspersión cercanos a las plataformas de perforación.
- Vertimiento sobre los ríos Caquetá e Inchiyaco.
- Entrega a terceros con los permisos ambientales vigentes.

Aguas residuales de la prueba hidrostática

La prueba hidrostática se realizará con el objetivo de verificar la unión hermética de la construcción y soldadura de la línea de flujo que se construirá desde cada pozo exploratorio hasta la locación de un pozo que cuente con las instalaciones de producción adecuadas para tal fin. La unión hermética se prueba separando los segmentos de tubería y llenando esos segmentos interrumpidos con agua. Luego se presuriza el agua y se le mantiene en el interior de la tubería durante aproximadamente ocho horas. Cualquier pérdida significativa de presión indica que se ha producido una fuga y que se necesitará una inspección posterior.

Dado que al agua no se le adicionará algún elemento o compuesto, no se prevé ninguna contaminación de tipo químico que haga necesario un tratamiento especial antes del vertimiento.

El agua residual de la prueba hidrostática se podrá verter sobre las franjas de vertimiento propuestas en el río Caquetá y el río Inchiyaco, previa verificación de parámetros (Decreto 1594/84⁶), por riego sobre las vías destapadas a usar en el proyecto en época de estiaje para el control de material particulado o sobre los campos de aspersión cercanos a cada locación.

Otros residuos líquidos industriales

Algunos de los residuos líquidos aceitosos que se generan de manera muy esporádica en la perforación, son los lubricantes quemados del cambio de aceite de los motores, por lo cual se exige a los contratistas que realicen el mantenimiento de los motores para no generar aceites quemados ni filtros dentro de la plataforma de perforación.

⁶ El decreto 3930/10 (nuevo decreto de vertimientos), fue parcialmente modificado por el decreto 4728 de 2010, siendo este último el que amplía el plazo para definir los límites de vertimiento a cuerpos de agua superficiales, además de modificar otros artículos, el decreto 1594/84 es usado en el presente trabajo.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-75
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Es posible que por horas de trabajo se necesite hacer cambio de aceite. Este aceite quemado será manejado por cada contratista, quien lo entregará a empresas especializadas en su tratamiento y disposición final, al igual que los lubricantes que se generen en el desarrollo de la actividad exploratoria.

4.3.6 Impactos ambientales previsibles

Tabla 4-39. Impactos ambientales asociados al vertimiento

ACTIVIDAD	IMPACTOS	IMPORTANCIA AMBIENTAL
Vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua superficial.	ALTA
	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo.	ALTA
	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua subterránea.	MEDIA
	Afectación a comunidades bióticas acuáticas.	MEDIA

A causa del vertimiento de las aguas residuales domésticas e industriales generadas durante la perforación de los pozos exploratorios en el APE Canelo Norte, no se prevé ocasionar algún tipo de alteración fisicoquímica del suelo o del agua, ni del equilibrio, abundancia y estructura de las comunidades hidrobiológicas de los cuerpos de agua receptores (río Caquetá e Inchiyaco); sin embargo, se debe tener en cuenta que antes de realizarla descarga, se debe verificar el cumplimiento de lo estipulado en el Decreto 1594 de 1984⁷ así como las medidas establecidas en **la Ficha 9 Manejo de los residuos líquidos del capítulo 7 “PMA”** del presente documento.

La empresa deberá remitir copia de los permisos de la(s) empresa(s) contratada(s) para el manejo, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos líquidos aceitosos y copia de las actas de entrega de los residuos donde se indique la cantidad a ser tratada. En caso de ser manejados por el contratista o proveedor del producto, se deberán presentar los respectivos soportes. Adicionalmente se deberán verificar las actas de socialización con los propietarios de los predios en donde se localicen los puntos de vertimiento. (Ver **Plano C&MA-PTN-AMB-1010-12-18/24 Sitios de Muestreo y Uso y Aprovechamiento de recursos**).

⁷ El decreto 3930/10 (nuevo decreto de vertimientos), fue parcialmente modificado por el decreto 4728 de 2010, siendo este último el que amplía el plazo para definir los límites de vertimiento a cuerpos de agua superficiales, además de modificar otros artículos, el decreto 1594/84 es usado en el presente trabajo.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.4 OCUPACIÓN DE CAUCES

Aunque no se conoce la ubicación puntual de las estructuras sobre las vías de acceso que se construirán a las plataformas, ya que no se ha definido la localización exacta de los pozos exploratorios a perforar, se definieron unas posibles ocupaciones con el fin de tener proyectar una cobertura vial total en el área de estudio.

4.4.1 Dinámica fluvial del área Canelo Norte

La cuenca del río Caquetá está ubicada en la zona nor-occidental de la cuenca hidrográfica del río Solimoes/Amazonas. El río Caquetá nace en el departamento del Cauca, en los Andes Colombianos y desemboca bajo el nombre de río Japurá, en el río Solimoes cerca de Tefé, en el Brasil. Su desnivel total es aproximadamente de 3.500m y su longitud total es aproximadamente 2.200km, con unos 1.200km en Colombia. La superficie de su cuenca está alrededor de los 289.000km² (Baker, 1978, citado a Gibbs, 1967), con 199.203km² en la parte Colombiana.

A partir de un drenaje de montaña con disección alta, el río Caquetá encuentra pendientes bajas y pasa a tener patrones trenzados con barras de materiales aluviales heterométricos dependiendo de su localización, más adelante en su descenso, al encontrar topografías planas (APE Canelo Norte), éstas permiten que su energía baje y presenta meandros con variaciones en el ancho del cauce.

El APE Canelo Norte, se encuentra dentro de las áreas de drenaje de los ríos Caquetá e Inchiyaco, los cuales constituyen las principales corrientes del área de estudio (**Tabla 4-40**).

Tabla 4-40. Red Hidrográfica del APE Canelo Norte

MEGA CUENCA	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	AFLUENTES
RÍO AMAZONAS	RÍO CAQUETA	QUEBRADA TROJAYACO	QUEBRADA LOS VIUDOS	AFLUENTES DIRECTOS
			QUEBRADA AGUAS NEGRAS	
		RÍO CHICHICO	AFLUENTES DIRECTOS	
		RÍO CAQUETÁ (BRAZUELO MANGALPA)	QUEBRADA VERGEL	AFLUENTES DIRECTOS
			QUEBRADA GUARANA	
			QUEBRADA LA MOJARRA	
			AFLUENTES DIRECTOS	
		QUEBRADA LA CATONGA	AFLUENTES DIRECTOS	
		RÍO INCHIYACO	QUEBRADA AGUA BLANCA	AFLUENTES DIRECTOS
			QUEBRADA SUSPIZACHA	
			QUEBRADA EL TUFÁN	
			QUEBRADA EL COROZO	
			QUEBRADA LA SIERPE	
QUEBRADA LA DANTA				
	QUEBRADA PLATANILLO			

Fuente: Grupo EIA APE Canelo Norte – C&MA Ltda. 2011

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-77
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.4.2 Obras a construir

Para poder llegar a los diferentes puntos del APE se plantearon y proyectaron varios accesos, los cuales conllevarían las siguientes ocupaciones de cauce.

Se construirán alcantarillas en los sitios indicados en la siguiente tabla, para drenar la vía a adecuar y construir en el sector norte (desde el cabildo Rumiñawi a la Punta que es adecuación y desde la Punta hasta el APE que es construcción propiamente), igualmente se contempla instalar dos puentes tipo Bailey para cruzar el cauce en dos puntos del río Inchiyaco.

Tabla 4-41. Puntos de ocupaciones de cauces vía a construir sector Norte

N°	ABSCISA	COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ DATUM MAGNA SIRGAS		CAUCE	TIPO DE OBRA	LONG (ml)	LOCALIZACIÓN
		ESTE	NORTE				
1	K2+090	743635,0	605949,5	Queb. Plantanillo	Alcantarilla sencilla de 24"	4	Vereda La Palmera Municipio de Piamonte
2	K2+430	743777,9	605674,2	Caño NN17	Alcantarilla sencilla de 24"	3	Vereda La Palmera Municipio de Piamonte
3	K3+950	744635,5	604544,6	Caño NN19	Alcantarilla sencilla de 24"	7	Vereda La Palmera Municipio de Piamonte
4	K4+028	744714,6	604554,5	Caño NN20	Alcantarilla sencilla de 24"	7	Vereda La Palmera Municipio de Piamonte
5	K4+110	744795,6	604562,4	Caño NN21 (A)	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda La Palmera Municipio de Piamonte
6	K4+140	744825,6	604555,4	Caño NN21 (B)	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda La Palmera Municipio de Piamonte
7	K4+210	744893,7	604535,3	Caño NN22	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda La Palmera Municipio de Piamonte
8	K4+490	745171,9	604534,1	Río Inchiyaco	Puente Tipo Bailey	45	Vereda La Palmera Municipio de Piamonte
9	K4+926	745504,9	604304,6	Queb. La Sierpe	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda El Cerrito Municipio de Piamonte
10	K5+485	745943,0	604015,0	Caño NN23	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda El Cerrito Municipio de

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-78
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

N°	ABSCISA	COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ DATUM MAGNA SIRGAS		CAUCE	TIPO DE OBRA	LONG (ml)	LOCALIZACIÓN
		ESTE	NORTE				
							Piamonte
11	K6+095	746255,7	603511,3	Caño NN24	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda El Cerrito
12	K6+583	746647,8	603257,8	Caño NN25	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda El Cerrito
13	K6+689	746741,8	603214,7	Caño NN26	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda El Cerrito
14	K6+806	746854,9	603222,6	Caño NN27	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda El Cerrito
15	K7+400	747268,9	602940,0	Caño NN28	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda La Esmeralda Municipio de Piamonte
16	K7+700	747485,9	602757,7	Caño NN29	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda La Esmeralda Municipio de Piamonte
17	K8+220	747997,2	602686,2	Caño NN30	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda La Esmeralda Municipio de Piamonte
18	K8+880	748519,3	602325,4	Caño NN31	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda La Esmeralda Municipio de Piamonte
19	K8+890	748502,2	602291,4	Río Inchiyaco	Puente Tipo Bailey	45	Vereda La Esmeralda Municipio de Piamonte
20	K9+810	749168,3	601793,5	Caño NN32	Alcantarilla doble de 24"	12	Vereda La Esmeralda Municipio de Piamonte
21	K10+086	749357,2	601598,2	Caño NN33	Alcantarilla doble de 24"	12	Vereda La Esmeralda Municipio de Piamonte
22	K12+095	750860,4	602873,7	Drenaje de escorrentía	Alcantarilla doble de 24"	16	Vereda La Esmeralda Municipio de Piamonte
23	K12+305	750860,4	602873,7	Caño NN34	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda La Esmeralda Municipio de Piamonte
24	K13+035	751557,0	602996,2	Drenaje de escorrentía	Alcantarilla doble de 24"	12	Vereda La Samaritana Municipio de Piamonte
25	K13+120	751633,0	602963,1	Caño NN35	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda La Samaritana Municipio de

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-79
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

N°	ABSCISA	COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ DATUM MAGNA SIRGAS		CAUCE	TIPO DE OBRA	LONG (ml)	LOCALIZACIÓN
		ESTE	NORTE				
							Piamonte
26	K14+780	752946,3	602354,5	Caño NN36	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
27	K15+668	753341,9	601610,6	Caño NN37	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
28	K16+470	753838,7	601021,87	Queb. Trojayaco	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Villa los Prados Municipio de Piamonte
29	K17+192	754519,2	601032,2	Queb. Trojayaco	Alcantarilla doble de 24"	12	Vereda Villa los Prados Municipio de Piamonte

Fuente: C&MA 2011

De igual forma al interior del APE Canelo Norte se proyectaron vías de acceso siguiendo los trazados de los senderos comunitarios para llegar a los diferentes puntos de interés del proyecto dando como resultado las siguientes ocupaciones.

Tabla 4-42. Puntos de ocupaciones de cauces accesos internos del APE proyectados

N°	COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ DATUM MAGNA SIRGAS		CAUCE	TIPO DE OBRA	LONG (ml)	LOCALIZACIÓN
	ESTE	NORTE				
1	752489,9	598862,6	Queb. El Vergel	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda El Vergel Municipio de Piamonte
2	753333,2	599613,3	Queb. El Vergel	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda El Caraño Municipio de Piamonte
3	753045,4	599008,2	Queb. Guaraná	Alcantarilla sencilla de 24"		Vereda El Vergel Municipio de Piamonte
4	753572,0	600392,6	Queb. Viudos	Alcantarilla sencilla de 24"	12	Vereda El Caraño Municipio de Piamonte
5	753281,0	600634,0	Queb. Viudos	Alcantarilla sencilla de 24"	12	Vereda El Caraño Municipio de Piamonte
6	753141,4	601105,5	Queb. Trojayaco	Alcantarilla sencilla de 24"	12	Vereda Trojayaco Municipio de

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-80
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

N°	COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ DATUM MAGNA SIRGAS		CAUCE	TIPO DE OBRA	LONG (ml)	LOCALIZACIÓN
	ESTE	NORTE				
						Piamonte
7	753062,2	601039,5	Caño NN1 afluente Q. Trojayaco	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
8	753150,4	601128,5	Caño NN2 afluente Q. Trojayaco	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
8	753008,4	601293,7	Caño NN2 afluente Q. Trojayaco	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
10	752490,6	600769,8	Caño NN3 afluente Q. Trojayaco	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
11	751594,2	600994,8	Caño NN4	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
12	753135,7	601469,7	Caño NN5 - (A)	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
13	754252,3	601362,7	Caño NN8	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Villa los Prados Municipio de Piamonte
14	753719,6	602033,6	Caño NN9 - (A)	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
15	753576,4	601922,6	Caño NN9 - (B)	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
16	753576,5	602054,7	Caño NN10	Alcantarilla doble de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
17	753573,6	602167,8	Caño NN11	Alcantarilla doble de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
18	753574,6	602207,8	Caño NN12	Alcantarilla doble de 24"	5	Vereda Trojayaco Municipio de Piamonte
19	755077,4	600817,6	Queb. Trojayaco 2	Alcantarilla sencilla de 24"	12	Vereda Villa los Prados Municipio de Piamonte

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-81
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

N°	COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ DATUM MAGNA SIRGAS		CAUCE	TIPO DE OBRA	LONG (ml)	LOCALIZACIÓN
	ESTE	NORTE				
20	755944,8	600643,7	Caño NN13	Alcantarilla doble de 24"	5	Vereda Villa los Prados Municipio de Piamonte
21	755182,6	601052,6	Caño NN14	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Villa los Prados Municipio de Piamonte
22	755206,7	601054,6	Q. Aguas negras	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Villa los Prados Municipio de Piamonte
23	756566,1	601728,8	Caño NN15	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Los Almendros Municipio de Piamonte
24	756566,2	601808,9	Caño NN16	Alcantarilla sencilla de 24"	5	Vereda Los Almendros Municipio de Piamonte

Fuente: C&MA 2011

Igualmente, se requerirá la construcción de alcantarillas o box Coulvert en drenajes intermitentes o canales de escorrentía que se forman debido a la geomorfología del área y que servirán para mantener la dinámica hídrica de la zona. De acuerdo con la ubicación de cada pozo y su respectiva vía de acceso, y cuando se tengan los diseños definitivos de la misma, se establecerá si se requiere la construcción de alcantarillas cada 250m en la vía para mantener la dinámica hídrica de la zona.

En caso de llegar a construirse el desembarcadero para acceder del sector sur al norte cruzando el río Caquetá desde Puerto Rosario, se requerirá una ocupación de cauces sobre el río Caquetá en un punto sobre la franja que se presenta en la Tabla 4-43; al momento de conocer la ubicación exacta de éste, se deberá incluir en el plan de manejo ambiental del pozo que requiera su construcción.

Tabla 4-43. Franja de ocupación de cauces posible para el desembarcadero

CUERPO DE AGUA	PUNTO	COORDENADAS DATUM: MAGNA SIRGAS ORIGEN: BOGOTÁ		OBSERVACIONES
		ESTE	NORTE	
Río Caquetá	INICIO	755009,2	600645,5	La franja para la ubicación del desembarcadero se encuentra sobre la vereda Villa de los Prados (Piamonte), presentando en el margen de ocupación una cobertura vegetal predominante de vegetación secundaria y en transición,

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

CUERPO DE AGUA	PUNTO	COORDENADAS DATUM: MAGNA SIRGAS ORIGEN: BOGOTÁ		OBSERVACIONES
		ESTE	NORTE	
	FIN	755570,4	600446,9	bosques de galería y una pequeña área de mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales. El río Caquetá en este sector presenta condiciones hidráulicas estables y características de meandro que favorecen la instalación de un desembarcadero.

Fuente: C&MA Ltda., 2011.

El punto escogido no deberá tener problemas de socavación de cauce y preferiblemente que no tenga vegetación en sus márgenes para evitar la remoción de cobertura vegetal.



Fotografía 4-5. Sector del río Caquetá dentro de la franja propuesta área para desembarcadero

La ubicación de todas las ocupaciones propuestas se encuentran en el plano C&MA-PTN-AMB-1010-13-19/24 Uso y Aprovechamiento de los recursos.

Descripción de materiales y obras típicas de construcción alcantarillas

Se requerirá el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tubería de 24" o 36" en concreto simple para la construcción de la alcantarilla, la cual comprende, además, la construcción del solado y las aletas en concreto de 3.000psi. El diseño tipo de las alcantarillas a construir se detalla en el Capítulo 7 – PMA del presente documento.

Materiales

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-83
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tubería: Los tubos deberán ser elaborados con una mezcla homogénea de concreto de tal calidad que cumpla los requisitos de resistencia al aplastamiento y absorción, determinados de acuerdo con las normas de ensayo INV E-601 y E-602, respectivamente. Cada tubo deberá tener una longitud entre ochenta centímetros y un metro (0,80 – 1,0 m) y sus extremos deberán estar diseñados de tal manera que se obtiene un encaje adecuado entre ellos, formando un conducto continuo con una superficie interior lisa y uniforme.

Material para solado y atraque: El solado y atraque para la tubería se ejecutarán en concreto simple.

Mortero o lechada: El mortero para las juntas de la tubería deberá estar constituido por una (1) parte de cemento Portland y tres (3) partes de arena para concreto, medidas por volumen en estado seco, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable. Alternativamente, se podrá emplear una lechada espesa de cemento Portland.

Ejecución de los trabajos

Preparación del terreno base: Cuando el fondo de la tubería se haya proyectado a una altura aproximadamente igual o, eventualmente, mayor a la del terreno natural, éste se deberá limpiar, excavar, conformar y compactar; la compactación deberá ser, como mínimo, el noventa y cinco por ciento (95%) del proctor modificado.

Solado: Una vez preparada la superficie, se colocará el solado en un espesor no menor de quince centímetros (15cm) o establecido por el interventor, empleando un concreto de 2.500psi

Colocación de la tubería: La tubería se colocará mientras el concreto del solado esté fresco. El fondo de la tubería se deberá ajustar a la pendiente que actualmente tiene el terreno.

Juntas: Las juntas de los tubos deberán ser humedecidas completamente antes de hacer la unión con mortero. Previamente a la colocación del tubo siguiente, las mitades inferiores de las campanas o ranuras de cada tubo deberán ser llenadas con mortero de suficiente espesor para permitir que la superficie interior de los tubos quede a un mismo nivel. Después de colocar el tubo, el resto de la junta se llenará con el mortero, usando una cantidad suficiente para formar un anillo exterior alrededor de la junta. El interior de la junta deberá ser limpiado y alisado.

Para las juntas con lechada de cemento, se deberán emplear moldes u otros medios aprobados por el interventor para retener la lechada vertida o bombeada.

Atraque: Tan pronto se hayan asentado los tubos en la mezcla, y una vez endurecido el mortero o la lechada de las juntas, se atracarán a los lados con una mezcla igual a

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-84
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

la utilizada en el solado hasta una altura no menor de un cuarto (1/4) del diámetro exterior del tubo.

Aletas: Serán en concreto reforzado de 3.000psi con doble malla Q6.

Relleno: Una vez el atraque haya curado suficientemente, se efectuará el relleno con material seleccionado hasta lograr las cotas requeridas de la vía.

El interventor se abstendrá de autorizar el empleo de tubos que presenten los siguientes daños:

- Fracturas o grietas que atraviesen la pared, excepto una grieta en el extremo que no exceda el espesor de la junta.
- Defectos superficiales tales como hormigueros y textura abierta.
- Extremos dañados que impidan la construcción de juntas aceptables.
- Cualquier grieta continua que tenga un ancho en superficie igual o superior a tres décimas de milímetro (0,3mm) y se extienda en una longitud mayor de trescientos milímetros (300mm), en cualquier sitio del tubo.
- Timbre que no sea claro al colocarlos en posición vertical y golpearlos ligera y secamente con un martillo liviano.

Para determinar la sanidad del tubo, se colocará verticalmente y se golpeará con un martillo debiendo producirse un timbre metálico. Si ello no sucede o si en el tubo se advierten grietas u otros defectos de forma o dimensiones en exceso de los límites aceptados por esta especificación, se descartará y se reemplazará por una muestra adicional del mismo embarque que sea sana sin que dicho reemplazo implique costo alguno para la empresa.

Tabla 4-44. Especificaciones técnicas de tubos y alcantarillas

ÍTEM	OBSERVACIONES
Resistencia del Hormigón del tubo	$F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ (4.000psi)
Resistencia del acero del tubo	$F_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$ (40.000psi)
Cemento	Tipo Pórtland, con contenidos no inferiores a 350 Kg/m^3
Material del primer relleno	$1,8 \text{ ton/m}^3$, compactado con cualquier suelo que tenga un contenido de arcillas $LL > 50\%$
Material del segundo relleno	Relleno compacto con material seleccionado de la excavación
Base y atraque	Con dimensiones de acuerdo al diámetro del tubo y en el material que se especifique. Hormigón de $F'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$, o material granular compactado en capas de 10 cm.
Aletas	Hormigón de $F'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$

Fuente: Manual: obras de drenaje y protección de carreteras de la Secretaría de Obras Públicas de Antioquia.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-85
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Se recomienda fabricar la infraestructura en tubería de acero, ya que ésta presenta una opción más económica en su construcción y se adapta a las situaciones del área donde no se cuenta con sitios de extracción de material de construcción cercanos.

Box Coulvert

En caso de ser necesario la construcción de un Box Coulvert durante la construcción de vías de acceso a las plataformas, esta estructura debe ser de tamaño acorde al cauce a ocupar, cuya elaboración se realiza en concreto de 3.000psi y con un espesor de paredes de 0,20m, las cuales llevarán un refuerzo con varillas de 1/2" de diámetro en las dos caras, separadas cada 0,2m.

Puente tipo Bailey (modulares)

Con base en la buena práctica de ingeniería para proyectos de construcción de infraestructura para perforar pozos exploratorios, en lo que se refiere a los costos primarios de un proyecto con posibilidades de éxito inciertas, se propone la utilización de puentes modulares en los dos cruces de la vía de acceso al sector norte sobre el río Inchiyaco.

Dimensiones y Localización de los Puentes

En cada sitio indicado en la Tabla 4-41, es perfectamente viable instalar un puente metálico modular tipo BAILEY de aproximadamente 45 metros de longitud cada uno, de un solo carril, y capacidad máxima de 60 toneladas, para soportar las cargas necesarias para cruzar cualquier taladro de perforación transportado en tracto-camiones.

Estos puentes se pueden dejar permanentes o ser reutilizados 100%, en cualquier otro sitio adecuado para tal fin, en razón a que es completamente modular y se adapta a diferentes luces.

Objetivos de utilizar esta tecnología

Los dos objetivos primordiales en todo proyecto petrolero son: Terminar en el menor tiempo y con un costo acorde al valor del presupuesto estimado, sin embargo, para PETRONOVA Colombia, al aprobar este sistema, obtendrá alguna ventaja potencial, sin la cual éste no es exitoso, tales como fomentar el desarrollo integral de la región e ir comunicando por vía terrestre las zonas de interés exploratorio, para cumplir su misión.

Preparación de las Bases de Diseño

Una vez escogido el sitio de instalación del puente, se asumen las capacidades y características técnicas del mismo, basados en una operación normal, tales como capacidad de carga, tipos de apoyos, luz total, ancho de calzada y altura. Una vez se apruebe el proyecto, se deben realizar los estudios previos al diseño detallado para

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-86
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

construcción, tales como: Estudio de suelos para determinar la capacidad portante del sitio donde se construirán los estribos, Estudio hidrológico de la zona e hidráulico del río Inchiyaco, estudio de socavación, batimetrías, topografía, etc.



Fuente: INVIAS. Puente Bailey adaptado con tirantes instalado por INVIAS en el 2010, río Cauca

Fotografía 4-6. Puente tipo Bailey a instalar

Desembarcadero

En caso de llegar a construirse el desembarcadero para acceder del sector sur al norte cruzando el río Caquetá desde Puerto Rosario, los diseños se incluirán en el plan de manejo ambiental del pozo que requiera su construcción.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-87
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.5 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El material de afirmado, base y sub-base requerido durante la adecuación y/o construcción de las plataformas de perforación y de las vías de acceso a los pozos exploratorios se comprará a terceros debidamente legalizados.

En la siguiente tabla se presenta el listado de algunas canteras o receberas cercanas al área del proyecto que cuentan con permiso ambiental y minero para el desarrollo de la actividad:

Tabla 4-45. Canteras licenciadas en el área de estudio

Municipio	Titular	Resolución
Villa Garzón	Juan Camilo Silva R.	Res. 1054 de 29 de Diciembre de 2008
Villa Garzón	Flor Marina Eusse	Res. 0788 de 2005
Puerto Asís (vereda Hong Kong)	José Ricardo Quijano (Asociación de mineros)	solicitud EC7-104, por minería de hecho
Puerto Caicedo	Dídimo Montero	IGG-15301, minería de hecho, licencia en trámite, sitio El Paraíso
Puerto Guzmán	Fernández Mera Balastrea El Muelle "El Jauno"	Placa: LHK 14261 MAH: 16331

Fuente. C&MA Ltda.

4.5.1 Volúmenes estimados de las vías de acceso y plataformas

Vías de acceso

Los estimativos de corte y relleno finales para las vías de acceso estarán dados por los levantamientos preliminares y los prediseños de obras civiles de las nuevas vías de acceso, los cuales no han sido establecidos en esta etapa del proyecto.

El corredor de las vías de acceso buscará inicialmente localizar el trazado de tal forma que se compensen los volúmenes de corte con los volúmenes de terraplén, con taludes de corte con inclinaciones adecuadas, de acuerdo al tipo de material y con alturas que garanticen la estabilidad general del corredor. Para tal fin se proyectó una línea de pendiente con un máximo de 10%.

De acuerdo con la geomorfología del área, la vía de acceso se proyecta en corte (conformación del terraplén) sobre una topografía semi-plana y por tal razón, las alturas de los taludes de corte no son considerables por cuanto la sub rasante se proyecta la misma topografía del terreno natural descapotado.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-88
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Las vías de acceso nuevas contarán con una capa de rodadura constituida por material de sub-base granular con espesor de 0,25m, instalando geo-celdas en el interface suelo-suelo granular, en toda el área de la vía ó 0,40m de sub-base granular, instalando manto de empalizada y geo-textil tejido 2400 en el interface suelo-suelo granular.

Tabla 4-46. Volúmenes de movimientos de tierra por longitud máxima de vía de acceso

SECTOR	VÍA	LONGITUD	DESCAPOTE (m ²)	CORTE (m ³)	TERRAPLEN (m ³)
Norte	Adecuación vía Rumiñawi – La Punta y construcción vía acceso al sector norte	4 Km + 14 km	196.000	88.200	91.000
	Escuela el Vergel hasta la vereda Caraño	3,2 km	44.800	20.160	20.800
	Vereda Caraño a la vereda Trojayaco	1 km	14.000	6.300	6.500
	Vereda Trojayaco hasta la vereda la Samaritana	2,3 km	32.200	14.490	14.950
	Vereda Trojayaco - vereda la Gaviota	4,7 km	65.800	29.610	30.550
	Vías a plataformas Sector Norte (Piamonte)	2,5 (cada vía a construir)	35.000	15.750	16.250
Sur	Vías a plataformas sector sur (Puerto Guzmán)	2,5 km (cada vía)	35.000	15.750	16.250

Los volúmenes presentados son aproximados; los volúmenes reales de los movimientos de tierra de cada vía se determinarán en el momento en que se conozcan las ubicaciones exactas de cada plataforma de perforación y se realice la ingeniería detallada del pozo; estos volúmenes se presentarán en el plan de manejo ambiental de cada pozo.

Es importante aclarar que la vía que conduce del cabildo Rumiñawi al sector conocido como la Punta en inmediaciones de la vereda la Palmera, solo será sujeta a actividades de adecuación, las cuales contemplan la ampliación de la banca a 4,5m, la aplicación y conformación con material de afirmado y la construcción de obras de arte para el manejo de drenajes en donde sea necesario.

Plataforma de perforación

El movimiento de tierras para la construcción de la plataforma dependerá de la geomorfología del área donde se ubiquen los pozos exploratorios. Los volúmenes exactos de material de corte y relleno requeridos para la construcción de las plataformas dependerán del área definitiva donde se ubicará la plataforma y se consignarán en el plan de manejo ambiental respectivo para cada pozo.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-89
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

El material de descapote estimado es el que se genere en el corte de material vegetal, el cual será de 10cm y máximo de 30cm lo que dará un volumen máximo de 13.500m³ de material sobrante por plataforma; este material se utilizará para reconfigurar la zona de préstamo de la locación, para la revegetalización y estabilización de los taludes de la misma y para el relleno de la zona de préstamo.

En razón a que la topografía del área es relativamente plana, es decir no existen diferencias de niveles apreciables, se deben proyectar las plataformas en terraplén con material seleccionado. Las plataformas de operaciones tendrán un área 70.000 m² cada una, con una capa de afirmado de mínimo 0,25m, instalando geo-celdas en el interface suelo-suelo granular, en toda el área de plataforma, donde operará el taladro, los campamentos y zonas de servicios generales.

Se realizó un apique exploratorio a 1,50 m de profundidad para caracterizar el material del subsuelo en áreas de interés para la perforación y no se observó nivel freático. La característica del suelo superficial es un limo con presencias de arenas finas (ML).

Debido al tipo de suelo que predomina en la zona y a las cargas que serán aplicadas en la plataforma, la recomendación final del estudio técnico de suelos es la construcción de un terraplén con suelo granular de mínimo 40cm. Igualmente se recomienda instalar geo-celdas, para garantizar aún más la estabilidad de la vía y la plataforma, disminuyendo así el espesor de la capa de afirmado.

A continuación se describe el movimiento de tierras proyectado para cada plataforma de perforación.

Tabla 4-47. Movimientos de tierras para las plataformas de perforación

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	Descapote (área de cada plataforma 7 has)	m ³	21.000,00
2	Cortes	m ³	2.333,00
3	Rellenos/ Terraplén	m ³	1.555,00
4	Suministro, nivelación y conformación de material de afirmado	m ³	17.500,00
5	Suministro e instalación de geo-celdas	m ³	15.555,00
6	Suministro e instalación de geomembrana HR 500	m ³	1432,00
7	Excavación de piscinas	m ³	895,00
8	Filtro Francés (Piscina)	m ³	46,00
9	Excavación de estructuras	m ³	52,00
10	Relleno de estructuras	m ³	10,00

Fuente: Ingeniería básica para vías y plataformas, C&MA Ltda.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-90
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.5.2 Impactos ambientales previsible

Tabla 4-48. Impactos asociados a la extracción de material de afirmado

CAUSA	IMPACTOS	IMPORTANCIA AMBIENTAL
Extracción de material de afirmado	Activación de fenómenos de remoción en masa	BAJA
	Desestabilización de taludes	BAJA
	Activación de procesos erosivos	BAJA
	Cambios en la geoforma	BAJA
	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua superficial	BAJA
	Obstrucción, desviación o desestabilización de cauces	BAJA

Estos impactos están relacionados con la actividad de extracción de material de arrastre, pero son considerados de importancia BAJA teniendo en cuenta que se trata de un sitio legalizado cuyos métodos de extracción deben ser apropiados.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.6 APROVECHAMIENTO FORESTAL

En el área de interés exploratorio Canelo Norte las unidades de cobertura vegetal leñosa corresponden a bosques fragmentados, bosques de galería, vegetación secundaria o en transición y mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, las cuales podrán ser intervenidas por la construcción de obras civiles como vías de acceso y plataformas de perforación, dependiendo del lugar a realizar dichas actividades, y que representan el aprovechamiento forestal detallado en este numeral.

Previo al inicio de las actividades de construcción se implementará el respectivo Plan de Manejo Ambiental para cada pozo exploratorio, en el cual se realizará el inventario forestal al 100% sobre las áreas puntuales a intervenir y éste permitirá establecer el volumen de material maderable a remover para cada actividad.

4.6.1 Unidades de cobertura vegetal

A continuación se presenta una pequeña descripción de las coberturas a intervenir para el desarrollo del proyecto exploratorio Canelo Norte.

Tabla 4-49. Unidades de cobertura vegetal del área Canelo Norte

COBERTURA DE LA TIERRA			SIMBOLO	CARACTERÍSTICAS	AREA (Ha)	PORCENTAJE (%)
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3				
Territorios Artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	Tu	Son las zonas construidas por el hombre, con el fin de satisfacer necesidades generales básicas, como las viviendas, infraestructura y vías. Estos asentamientos humanos se encuentran representados en el caso del APE Canelo Norte, por el casco urbano de Puerto Rosario.	9,2	0,1
Territorios agrícolas	Pastos	Pastos limpios	Pl	Comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor al 70%; la realización de prácticas de manejo como limpieza, enclavamiento y/o fertilización, y el nivel tecnológico impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.	145,1	1,3

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

COBERTURA DE LA TIERRA			SIMBOLO	CARACTERÍSTICAS	AREA (Ha)	PORCENTAJE (%)
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3				
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	M	Comprende las superficies del territorio ocupadas por cultivos y pastos combinados con espacios naturales. Las zonas de cultivos, pastos y espacios naturales no pueden ser representados individualmente, por lo tanto, se incluyen en una sola unidad de cobertura.	3.939,4	35,2
Bosques y áreas semi-naturales	Bosques	Bosque fragmentado	Bf	Comprende los territorios cubiertos por bosques densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre el 5% y el 30% del área de la unidad de bosque natural.	3.973,9	35,5
		Bosque de galería	Bg	Son manchas de bosque distribuidos a lo largo del río Caquetá, río Inchiyaco, brazuelo del Caquetá entre otras quebradas, que drenan la planicie aluvial del área de estudio. La vegetación está adaptada a inundaciones periódicas.	944,1	8,4
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación secundaria o en transición	Vs	Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de intervención y sucesión de la vegetación natural, o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre.	1.462,5	13,1
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Zonas arenosas naturales	Za	Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, generalmente desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de matorral ralo y bajo. Se encuentran principalmente conformando las playas de los ríos Caquetá e Inchiyaco.	125,4	1,1

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-93
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

COBERTURA DE LA TIERRA			SIMBOLO	CARACTERÍSTICAS	AREA (Ha)	PORCENTAJE (%)
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3				
Superficies de agua	Aguas continentales	Ríos	R	Son corrientes naturales de agua que fluye con continuidad. Se considera como unidad mínima cartografíale aquellos ríos que presenten un ancho del cauce mayor o igual a 50 metros.	565,7	5,1
		Chuquias	-	Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce, que pueden o no estar conectadas con un río	33,4	0,3
TOTAL					11.198,7	100,0

Fuente: Informe aprovechamiento forestal. C&MA Ltda., 2011.

La descripción de las unidades de vegetación mencionadas anteriormente y la caracterización florística de las mismas se detalla en el **capítulo 3 – Línea base socio-ambiental** del presente EIA.

4.6.2 Caracterización florística

Para el inventario forestal se realizaron inventarios florísticos en puntos representativos para la caracterización de las coberturas presentes en el área de interés exploratorio Canelo Norte. Para esta actividad se siguió la metodología propuesta en las guías técnicas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), metodología que se describe a continuación:

La composición florística y el análisis estructural de la vegetación se realizó mediante inventario forestal de las unidades de cobertura de bosque fragmentado, bosque de galería, vegetación secundaria o en transición y mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales. Para la cobertura vegetal arbórea, se realizó el montaje de doce (12) parcelas de 500m² (50m*10m); es decir se realizaron tres parcelas para cada tipo de cobertura. Las parcelas de muestreo o las Unidades de muestreo Forestal (UMF) se presentan en la Tabla 4-45 y en el **Anexo L: Cartografía - C&MA-PNVA-AMB-1010 – 08 -21**

Tabla 4-50. Localización de las parcelas o Unidades de Muestreo Forestal

Parcela	Cobertura vegetal	Coordenadas Origen Bogotá Datum Magna Sirgas	
		Este	Norte
UMF 1	Bosque fragmentado	753600,1	602676,1
UMF 2	Bosque fragmentado	749058,1	602164,6
UMF 3	Bosque fragmentado	753463,7	602392,0

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-94
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

Tabla 4-50. Localización de las parcelas o Unidades de Muestreo Forestal

Parcela	Cobertura vegetal	Coordenadas Origen Bogotá Datum Magna Sirgas	
		Este	Norte
UMF 4	Bosque de galería	753937,2	600359,3
UMF 5	Bosque de galería	755346,5	600877,8
UMF 6	Bosque de galería	755322,4	598538,5
UMF 7	Vegetación secundaria o en transición	751134,3	599225,0
UMF 8	Vegetación secundaria o en transición	744218,9	604687,2
UMF 9	Vegetación secundaria o en transición	755567,5	599334,5
UMF 10	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	757988,4	603670,6
UMF 11	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	754470,8	600424,7
UMF 12	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	745434,0	604504,2

Fuente: Informe aprovechamiento forestal, C&MA Ltda., 2011.

En cada una de estas parcelas se realizaron los siguientes inventarios: identificación de fustales en transeptos de 50m*10m, dentro de éstos se muestrearon sub-parcelas de 5m*5m para Latizales y parcelas de 2m*2m para el respectivo inventario forestal de Brinzales (Figura 4-3).

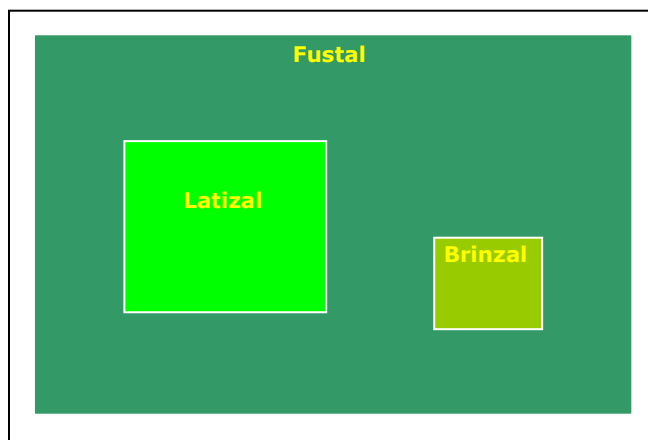


Figura 4-19. Representación de parcelas para caracterizar las coberturas

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

En la parcela de 50m*10m se inventariaron todos los individuos existentes con DAP superiores a 10cm (Diámetro a la altura del pecho a 1,30 m del suelo) a los cuales se les midió el DAP y se marcaron con números consecutivos (Fotografía 4-7), se estimó la altura total y comercial de los individuos, diámetro de copa, se identificaron las especies con su nombre común, y también se tomó información respecto a los usos de las especies por parte de los habitantes de la región.



Fotografía 4-7. . Medición de DAP en Fustales y altura en Brinzales

4.6.3 Cálculo de volumen y área basal

Para cada cobertura vegetal se realizó un inventario forestal, donde se tomaron los datos para cada individuo, como son DAP, altura total y altura comercial. Estos datos nos permiten efectuar los cálculos para obtener el área basal (AB) y los volúmenes comercial y total.

Área basal: Para el cálculo del área basal se utilizaron los diámetros registrados y utilizando la siguiente fórmula:

$AB = \pi * (DAP)^2 / 4$; donde:

AB = Área basal en (m²)

π = Constante equivalente a 3,1416

d = Diámetro a la altura del pecho en (m)

Volumen: Para determinar el volumen comercial y total por hectárea se utilizó la siguiente fórmula:

$V = AB * H * ff$

Donde,

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-96
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

AB= Área basal

H= Altura comercial o total

ff = Factor de forma (donde ff corresponde al factor forma con un valor de 0.6 asumible para el caso de los bosques húmedos tropicales de la Amazonía).

V= volumen comercial o total

En la Tabla 4-51 se muestra el resumen por cobertura vegetal, de los volúmenes a aprovechar para el APE Canelo Norte, por el desarrollo de las actividades consideradas con la ejecución del proyecto.

Tabla 4-51. Volúmenes por hectárea a aprovechar en cada una de las coberturas vegetales

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	No. DE ÁRBOLES	VOLUMEN TOTAL POR HA (m ³)	VOLUMEN COMERCIAL POR HA (m ³)
Bosque fragmentado	967	615,593	389,557
Bosque de galería	700	408,320	252,627
Vegetación secundaria o en transición	480	220,520	141,053
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	300	177,033	104,653

Fuente: C&MA Ltda., Trabajo de Campo, 2011.

4.6.4 Análisis estadístico

El cálculo de las unidades de muestreo para cada uno de los tipos de cobertura se realizó con base al error máximo requerido si se desea alcanzar un error inferior al 15% con un nivel de confianza del 95%; para lograrlo se siguió la metodología general para la presentación de estudios ambientales (MAVDT, 2010).

Se realizó un muestreo preliminar de baja intensidad donde se estimó primero la desviación estándar y la media poblacional, lo que permitió calcular el coeficiente de variación de la población a muestrear. Posteriormente se calculó el número de unidades de muestreo a evaluar en el campo.

Número de parcelas:

$$n = t^2 (CV)^2 / (E\%)^2$$

Donde,

t = es un valor de la t-student definido a una significancia alpha (α) y con n-1 grados de libertad.

CV = Coeficiente de variación estimado.

E% = Error de muestreo máximo permitido a un nivel de confiabilidad del 95%

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-97
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Por cada unidad de cobertura vegetal se realizó un inventario forestal utilizando parcelas rectangulares de 10x50m (500m²), las cuales fueron seleccionadas mediante el método de muestreo estratificado al azar. Se realizaron 3 parcelas para la categoría fustal (DAP $\geq$ 10 cm). Dentro de cada parcela se realizó el inventario de los individuos latizales con DAP entre 2.5 y 9.9 cm, en un área de 25 m². El área total de muestreo para fustales fue de 1.500 m² y para latizales de 75 m².

Para estimar el error de muestreo, el cual indica el intervalo de confianza en el que se encuentra el promedio de la población a una probabilidad deseada previamente definida, se realizó el análisis estadístico correspondiente para determinar los parámetros de las unidades muestreadas.

El cálculo del error de muestreo (%) para cada tipo de cobertura se observa a continuación.

Tabla 4-52. Error de muestreo para las diferentes coberturas vegetales en el APE Canelo Norte

VARIABLES	BOSQUE FRAGMENTADO	BOSQUE DE GALERIA	VEGETACION SECUNDARIA	MOSAICO DE CULTIVOS, PASTOS Y ESPACIOS NATURALES
Volumen promedio m ³ /Ha	389,5	252,6	141,0	104,6
Área efectiva (A) Ha	10,6	2,5	3,9	10,5
Tamaño de la población (N)	212	50	78	210
Tamaño de la muestra (n)	3	3	3	3
Fracción de muestreo (f)	0,014	0,06	0,038	0,014
Desviación estándar (DS)	41,1	21,8	9,2	6,6
Error estándar (Sx)	18,5	12,2	5,2	3,7
Valor de t (Probabilidad 95%)	4.303	4.303	4.303	4.303
Error de muestreo (%)	14,7	14,9	11,4	11,2

Fuente: Informe aprovechamiento forestal, C&MA Ltda., 2011.

El inventario forestal presentó un error de muestreo inferior al 15% (bosque fragmentado de 14,7%, bosque de galería de 14,9%; vegetación secundaria o en

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

transición de 11,4% y mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales de 11,2%); con una probabilidad del 95%.

Los parámetros hallados son menores a lo exigido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) en los términos de referencia HI-TER-1-02, el cual establece que para la realización del inventario forestal el muestreo debe contar con un nivel de probabilidad del 95% y un error de muestreo no superior al 15%; por lo tanto el error de muestreo calculado se encuentra dentro del rango permisible para inventarios forestales y la intensidad de muestreo es aceptada.

4.6.5 Áreas y volúmenes de aprovechamiento

Área de aprovechamiento

De acuerdo con la cobertura vegetal del área de interés exploratorio Canelo Norte, durante la construcción de vías, plataformas para pozos, y demás infraestructura asociada al proyecto, se intervendrán zonas con cobertura vegetal de bosque fragmentado, vegetación secundaria o en transición, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, pastos limpios, y bosque de galería.

Según las actividades exploratorias a desarrollar en el área Canelo Norte, en la Tabla 4-53 se presenta el cálculo estimado del área a intervenir sobre cualquiera de las coberturas vegetales identificadas en la zona de estudio, por la construcción de las diferentes obras civiles que se citan a continuación:

Tabla 4-53. Área a intervenir en el APE Canelo Norte para construcción de plataformas

OBRA CIVIL	ÁREA UNITARIA (ha)	CANTIDAD	ÁREA TOTAL (ha)
Plataformas multipozo	7	4	28

Fuente: C&MA Ltda., 2011.

Tabla 4-54. Área a intervenir en el APE Canelo Norte para construcción de vías de acceso

TRAYECTO DE VÍA	LONGITUD (Km)	ANCHO DE OBRA (m)	ÁREA TOTAL (ha)
Acceso sector norte La Punta – El Cerrito – Esmeralda – Samaritana - Trojayaco – Villa de los Prados	14km	14	19,6
Escuela el Vergel hasta la vereda Caraño	3,2km	14	4,48
Vereda Caraño a la vereda Trojayaco	1km	14	1,4
Vereda Trojayaco hasta la	2,3km	14	3,22

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-99
--------------------	--------------------	-------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

TRAYECTO DE VÍA	LONGITUD (Km)	ANCHO DE OBRA (m)	ÁREA TOTAL (ha)
vereda la Samaritana			
Vereda Trojayaco - vereda la Gaviota	4,7km	14	6,58
Vías a plataformas Sector Norte (Piamonte)	2,5km (por pozo)	14	3,5
Vías a plataformas sector sur (Puerto Guzmán)	2,5km (por pozo)	14	3.5
TOTAL			38,78

Fuente: C&MA Ltda., 2011.

En total el proyecto exploratorio Canelo Norte tendría una intervención máxima de 66,78 hectáreas de cobertura vegetal.

Volumen de aprovechamiento

En la Tabla 4-55 se presentan los factores de volúmenes de aprovechamiento forestal para cada tipo de cobertura.

Tabla 4-55. Factor de volúmenes por tipo cobertura vegetal

VOLUMENES DE LAS COBERTURAS VEGETALES	FACTOR DE VOLUMEN POR CADA TIPO DE COBERTURA (m ³ /ha)
	100%
Bosque fragmentado (Volumen total m ³ /ha)	389,557
Bosque de galería (Volumen total m ³ /ha)	252,627
Vegetación secundaria (rastrojo alto y bajo) (Volumen total m ³ /ha)	141,053
Fustales en mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales (Volumen total m ³ /ha)	104,653

Fuente: C&MA Ltda, Enero 2011

Para determinar los volúmenes de cobertura vegetal leñosa a remover por las actividades del proyecto no se tendrán en cuenta los bosques de galería para la construcción de plataformas, ya que solo podrán ser intervenidos por la construcción de vías y líneas de flujo.

Con el propósito de establecer un volumen máximo de aprovechamiento forestal por la construcción de plataformas, se analizó la condición más crítica de remoción de cobertura leñosa por esta actividad, la cual correspondería a una intervención en área de un 100% en bosque fragmentado para la construcción de las 4 plataformas de 7 has cada una, siendo de esta forma se tendría un volumen máximo maderable a remover de 10.907,6 m³.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-100
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Es importante aclarar que estos volúmenes se calculan bajo la condición más crítica del proyecto y los valores reales y específicos se presentarán en el plan de manejo ambiental de cada pozo, al momento de conocer las ubicaciones exactas de los mismos y realizar el inventario al 100% de la cobertura vegetal a intervenir, con lo cual se calcularán las compensaciones del proyecto por volumen real removido.

Para la determinación del cálculo de aprovechamiento forestal por la construcción de las vías de acceso, se definieron los volúmenes de acuerdo con la distribución porcentual de cada tipo de cobertura vegetal existente en el área de influencia directa del proyecto. Con respecto a lo anterior se obtiene que solo el 1,3% del APE Canelo Norte está representado por una cobertura vegetal de pastos limpios, el 35,2% pertenece a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, el 35,5% a bosques fragmentados, el 8,4% a bosque de galería y el 13,1% corresponde a vegetación secundaria y en transición, lo cual nos da inferencia para proyectar un aprovechamiento estimado por la construcción de vías, teniendo en cuenta la distribución espacial de cada cobertura.

Tabla 4-56. Factor de volúmenes por tipo cobertura vegetal

ÁREA TOTAL DE INTERVENCIÓN POR CONSTRUCCIÓN DE VÍAS (ha)	FACTOR DE VOLUMEN POR CADA TIPO DE COBERTURA (m ³ /ha)	DISTRIBUCIÓN DE PORCENTAJES POR COBERTURA (%)	VOLUMEN TOTAL POR COBERTURA (m ³)	TOTAL DE VOLUMEN MADERABLE ESTIMADO A REMOVER POR CONSTRUCCIÓN DE VÍAS
38,78	BF= 389,557	35,5	5.362,9	8.291,6
	BG= 252,627	8,4	783,7	
	VS= 141,053	13,1	716,5	
	M= 104,653	35,2	1.428,5	

Es importante aclarar que en el plan de manejo ambiental de cada pozo, cuando se determine la ubicación exacta de los pozos a perforar, se realizará el inventario al 100% de la cobertura vegetal real a intervenir por las vías de acceso y con base en este volumen real se determinará la compensación a realizar, además las vías de acceso buscarán siempre intervenir en su menor proporción la vegetación de alto vigor vegetativo, dándole prelación a diseños de vías que transiten principalmente por pastos, cultivos y potreros.

El volumen total de aprovechamiento forestal para el proyecto se presenta en la Tabla 4-57.

Tabla 4-57. Volumen máximo de aprovechamiento forestal por el proyecto

ACTIVIDAD	VOLUMEN A REMOVER (m ³)
Construcción de plataformas	10.907,6
Construcción de vías	8.291,6

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-101
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

ACTIVIDAD	VOLUMEN A REMOVER (m ³)
TOTAL	19.199,2

El volumen de aprovechamiento forestal total para el desarrollo de todas las actividades del proyecto exploratorio en el APE Canelo Norte será máximo de 19.199,2 m³.

4.6.6 Técnicas de remoción y destino final del producto del aprovechamiento

La primera actividad a realizar en el proceso de aprovechamiento es la marcación de los individuos a aprovechar, esta marcación se debe hacer después de cruzar los diseños de las vías de acceso y plataformas de exploración, con la vegetación existente, posteriormente se deben demarcarlos individuos con DAP mayor a 10cm, para así dar inicio a las labores de apeo.

Tala dirigida

Consiste en el apeo de los árboles en una dirección deseada para procesarlo, o que queden en una posición conveniente para el arrastre. La dirección final depende de varios factores, entre ellos, la dirección natural de caída y las posibilidades de minimizar los daños a otros árboles y reducir el riesgo de los operarios.

El operario determina la dirección de caída y realiza el corte en dos etapas. Primero el corte de caída, un corte en forma de cuña hasta 1/5 o 1/4 del diámetro, el cual determina la dirección del volteo. El segundo corte lo hace en forma transversal desde el lado opuesto del primero y en forma ligeramente descendente, llegando hasta unos centímetros sobre el corte de caída.

Generalmente al ejecutar el segundo corte el motosierrista deja una primera porción del fuste sin cortar, como medida de seguridad para mantener la posición del árbol hasta que termine el corte. Una vez talado el árbol, el operario elimina las ramas del fuste y descopan los árboles, para facilitar la operación de amarre de los fustes.

El corte dirigido es un método de apeo que señala la dirección que debe tomar el árbol al caer. Para hacer este corte se necesita hacer una cuña de madera que forme un ángulo de 45° y que no penetre en más de una cuarta parte el diámetro del árbol. Los aspectos más importantes a considerar en esta actividad son las características del árbol como son:

Árboles con pudrición central: es muy común encontrar árboles con el duramen atacado por insectos, por lo tanto es muy difícil dirigir la caída, pues la bisagra no funciona en la forma más apropiada y el árbol puede quedar sin ningún control a pesar del empleo de las cuñas.

Apeo de árboles cuando hay viento: es de cuidado cuando el árbol presenta buena copa, pues el viento puede hacer inclinar el árbol en la misma dirección de caída.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-102
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Árboles con Bambas: se presenta gran dificultad para hacer los cortes de caída y de dirección ya que la posibilidad de emplear las cuñas es mínima.

Árboles inclinados: está se encuentra determinada por su inclinación natural o hacia el lado donde se encuentran las ramas más pesadas. Cuando estos árboles se encuentran muy inclinados se necesita la ayuda de palancas para facilitar el volteo del mismo.

En ocasiones es necesario cambiar la dirección de caída para evitar perjuicios a los operarios o a los demás árboles. Por lo tanto el operario debe mirar la dirección natural de caída y luego definir en qué dirección se puede dirigir.

Para asegurar el éxito de la tala, se debe prevenir accidentes de trabajo e impactos sobre la vegetación adyacente. Los árboles deben ser sometidos a labores de preparación, realizando las siguientes actividades:

- Limpiar el fuste del árbol de lianas.
- Limpiar la base del fuste del árbol de vegetación arbustiva que pueda dificultar las labores y tránsito de los trabajadores forestales.
- Limpiar el fuste de termitas o de nidos de otros insectos, que en el momento de la tala puedan perturbar al motosierrista.
- Colocar las herramientas de trabajo en sentido opuesto a la caída del árbol.
- Constatar que la dirección de caída es la apropiada y que no existen riesgos de accidente.
- Definir las rutas y caminos de escape.

Troceo

El troceo consiste en seccionar el fuste en trozas de dimensiones prefijadas para facilitar el arrastre y posterior transporte. El tipo y potencia de la maquinaria de arrastre, define en gran medida, el tamaño de las trozas a extraer. Hay que tener presente que las maderas pesadas se manejan más fácil con dimensiones menores.

El tipo de corte más apropiado se escoge después de determinar las dimensiones y dificultad que cada troza presenta, las curvaturas hacia abajo o hacia arriba que provocan zonas de tensión y compresión, y el terreno donde descansa la troza.

La maquinaria que se utilizará para el aprovechamiento será sencilla y liviana. El aserrador utilizará motosierra para el apeado, descopado, troceado y aserrado del árbol e igualmente porque las condiciones económicas y físicas del área no permiten utilizar otro tipo de maquinaria. Así mismo esta herramienta aparte del desperdicio que ocasiona por falta de adiestramiento del operario no causa mayor impacto ambiental. Aparte de la motosierra, en los sitios del apeo del árbol se utilizarán machetes, cuñas, porras.

Operaciones de extracción

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-103
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

La saca es el proceso de transporte de los árboles, rollizos o trozas desde la zona de corta hasta la zona de carga parcial, donde serán apilados para su transporte al destino final.

En esta práctica de aprovechamiento forestal se utiliza sistema de saca, por vía terrestre, mediante tracción animal o con un tractor de oruga, para el transporte menor de madera hasta las zonas de apilado menor. Para el transporte mayor será necesario un camión de estacas para el transporte de trozas mayores, de las zonas de apilado menor hasta donde sea necesario.

Destino final de los productos del aprovechamiento

De acuerdo a los artículos 5 del capítulo II y 12 del capítulo IV del decreto 1791 de 1996 el producto forestal no será comercializado, ya que el proyecto tendrá una utilidad de interés público nacional, por lo tanto la madera será utilizada en el desarrollo de actividades propias de la construcción del proyecto.

Lo obtenido de la extracción de material vegetal desde madera hasta el aserrín y las hojas, serán utilizados por el proyecto en la medida de lo necesario. Siendo posibles usos:

Madera: La madera rolliza y dimensionada puede ser utilizada en el establecimiento de campamentos y como soporte temporal de diversas estructuras utilizadas para la construcción de las vías y las plataformas. Al ser un material resistente y de fácil manipulación, sería de gran ayuda en aspectos de estructuras para obras de conservación y civiles, tales como trinchos, pilotes, puentes, obras de contingencia y corrección del suelo.

Aserrín: Puede ser utilizado para prevenir accidentes con la maquinaria en la fuga de aceite, ya que ayudaría a absorberlo. También puede ser utilizado como material que amortigüe ciertos impactos de la maquinaria sobre el suelo.

Hojas, ramas y raíces producto del desmonte: Se recogerá todo el material vegetal para su adecuado secado y descomposición, con el fin conformar una capa de materia orgánica que aporte nutrientes al suelo, ubicándolos sobre terraplenes, taludes y áreas compensatorias que vayan a ser revegetalizadas.

4.6.7 Impactos ambientales previsibles

Tabla 4-58. Impactos asociados al aprovechamiento forestal

ACTIVIDAD	IMPACTOS	IMPORTANCIA AMBIENTAL
Desmonte y descapote	Pérdida de la capa orgánica del suelo	ALTA
	Activación de procesos erosivos	MEDIA
	Remoción de cobertura vegetal	ALTA
	Afectación a comunidades faunísticas terrestres y avifauna	MEDIA
	Afectación a especies amenazadas	MEDIA
	Afectación a corredores biológicos	MEDIA

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-104
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

ACTIVIDAD	IMPACTOS	IMPORTANCIA AMBIENTAL
	Modificación del paisaje	MEDIA
	Cambio en el uso del suelo	MEDIA

Para la remoción de la cobertura vegetal aprovechable se deberán seguir las medidas de manejo ambiental establecidas en el **Plan de Manejo Ambiental (capítulo 7) – Ficha 16. Desmonte y descapote**, del presente documento.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.7 RESIDUOS SÓLIDOS

4.7.1 Identificación

En la perforación de cada uno de los pozos exploratorios se producen residuos sólidos de dos tipos: domésticos e industriales. Los domésticos están conformados principalmente por: papel, plásticos, madera, metales, vidrio, textiles, desechos de comida, etc. Los residuos industriales son los generados en la operación y mantenimiento de todos los equipos de perforación, cuyos principales componentes son: cortes de perforación, filtros usados, baterías, chatarra, residuos químicos, así como canecas, textiles y de más contaminados.

Para el adecuado manejo de los residuos sólidos domésticos deberá tenerse en cuenta la separación de los residuos reciclables, no reciclables / no biodegradables, orgánicos y especiales, con el fin de facilitar su manejo y disposición.

Las medidas presentadas a continuación se deberán aplicar en las actividades de adecuación y construcción de obras civiles y de infraestructura (vías de acceso, líneas de flujo, embarcadero, líneas eléctricas, facilidades de producción, sitios de tratamiento de residuos, entre otras), perforación exploratoria y pruebas de producción.

4.7.2 Residuos sólidos domésticos

El manejo y disposición de los residuos sólidos de cada pozo exploratorio a perforar se realizará de la siguiente manera:

Tabla 4-59. Manejo de los residuos sólidos domésticos

SEGREGACIÓN EN LA FUENTE	RECOLECCIÓN	TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL
Residuos orgánicos Caneca de color NEGRO	Son los residuos alimenticios correspondientes a restos de comida: cáscaras de frutas y demás, provenientes del casino y de las áreas de alimentación.	Estos residuos podrán ser entregados a la comunidad para el levante de especies menores teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 2341 del 23 Agosto del 2007 expedida por el ICA, o se dispondrán en algún relleno sanitario autorizado. En caso que estos residuos no puedan ser aprovechados, se dispondrán en un sitio de disposición final autorizado por la autoridad ambiental competente.
No reciclables / No biodegradables Caneca de color AMARILLO	Tales como papeles y cartón no aptos para reciclaje, jabones y detergentes biodegradables, madera, entre otros. Icopor, papel carbón,	Estos residuos serán llevados a rellenos sanitarios o sitios de disposición final que cuenten con los respectivos permisos ambientales para su operación. Actualmente, el municipio de Piamonte cuenta con una celda transitoria la cual es usada para

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-106
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

SEGREGACIÓN EN LA FUENTE	RECOLECCIÓN	TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL
	bolsas de plásticos, servilletas, papel y/o elementos de servicios sanitarios, papel aluminio, cajas de empacar comidas, textiles, limpiadores, traperos, toallas absorbentes, entre otros.	la disposición final de los residuos sólidos mientras se consolida y legaliza el sitio para establecer el relleno sanitario del municipio. En Puerto Guzmán la empresa EMSOGUZMÁN S.A. E.S.P. es la encargada de la recolección, manejo y disposición final de los residuos sólidos orgánicos.
Reciclables Caneca de color VERDE	Corresponden a papel (de impresión, periódicos, revistas, "kraft", etc. en buen estado), cartón, aluminio, vidrio en todas sus presentaciones, metales ferrosos, madera, envases de plástico, bolsas, PVC, PET (gaseosas litro), etc. También los aislantes térmicos (poliestireno) como recipientes de bebidas, etc. Estos residuos deberán estar en buen estado.	Estos residuos serán llevados a la caseta de almacenamiento temporal de cada pozo, para posteriormente cuando se tenga un volumen considerable se entreguen y comercialicen con recicladores de la zona (ver Tabla 4-61).
Especiales Caneca de color ROJO	En este recipiente se deberán recolectar los residuos hospitalarios, gasas, jeringas, medicamentos vencidos (si llegasen a existir).	En caso de generarse, estos residuos serán almacenados en bolsas rojas, para posteriormente trasladarlos a los departamentos vecinos como Nariño o Huila, los cuales cuentan con empresas de servicio especial de aseo de residuos hospitalarios que se encuentren autorizados, ya que en el departamento del Putumayo no existe una empresa especializada para tratar esta clase de residuos.

4.7.3 Residuos sólidos industriales

La siguiente tabla muestra cuales son los residuos industriales que se espera generar durante el desarrollo del proyecto de perforación exploratoria Canelo Norte, así como su respectivo tratamiento y disposición.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-107
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-60. Manejo de los residuos sólidos industriales

RESIDUOS	TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN
Madera que se genere de los embalajes de equipos y repuestos utilizados en la perforación.	Si es de menor tamaño se podrá almacenar en una caneca de color amarillo o de lo contrario se almacenará temporalmente en el área de residuos en el sitio destinado para tal fin, para posteriormente integrarla con el manejo de residuos reciclables.
Papel y cartón de las bolsas y sacos usados como empaque de químicos, cementos, fluidos de completamiento y tratamiento de agua.	Se recogerán y apilarán en las áreas de la plataforma de perforación de cada pozo destinadas para el almacenamiento temporal de residuos en una caneca de color amarillo o directamente en la caseta de almacenamiento temporal, en un sitio identificado y de manera ordenada, para posteriormente ser entregados a las empresas recicladoras de la región.
Filtros usados de aceite y combustible de los motores, generalmente de tela o cartón con marco de acero galvanizado.	El componente fibroso de los filtros deberá ser recogido en canecas de 55 galones de color rojo , para luego ser entregado a una empresa que tenga operación en el área y que cuente con los respectivos permisos ambientales, para su disposición final. El marco metálico podrá incorporarse dentro del manejo de la chatarra que se produce en las plataformas de perforación.
Estopas, guantes, overoles, trapos entre otros textiles, que no se puedan reciclar por estar impregnados de aceites o hidrocarburos.	El manejo de esta clase de desechos estará a cargo del contratista del taladro y se almacenarán en canecas de color gris , para posteriormente entregarlos a empresas especializadas que cuenten con los respectivos permisos ambientales para su funcionamiento. (Ver Tabla 4-61).
Aceites quemados.	Serán manejados por cada contratista que los genere y serán entregados a empresas que cuenten con los permisos ambientales vigentes para su tratamiento y disposición.
Pimpinas, tambores plásticos, galones, baldes, protectores de rosca, mangueras inservibles, residuos de tubería de PVC, etc.	Serán recolectados en canecas con tapa o en la caseta de almacenamiento de residuos del área de la plataforma de perforación de cada pozo exploratorio, la cual estará debidamente identificada y techada. Los envases de almacenamiento de químicos los deberá recoger la empresa contratista para envasar los mismos productos que contenían. Las canecas de químicos no se podrán regalar a la comunidad, deberán ser reutilizadas por el contratista. Los protectores de rosca serán reutilizados por el contratista

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

RESIDUOS	TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN
Baterías de plomo y secas.	Estos residuos deberán devolverse a los proveedores para el reciclaje y recuperación y así establecer convenios.
Llantas.	Deberán devolverse al proveedor o se deben implementar acciones o programas para aumentar su vida útil.
Zarandas de las mallas utilizadas en los equipos de control de sólidos.	Deberán almacenarse de manera ordenada bajo techo para comercializarlas al final de la perforación.
Recipientes del cambio de aceites, lubricantes de motores del consumo de ACPM y el embalaje de productos químicos.	Serán recolectados y almacenados en una caseta de almacenamiento debidamente identificada, techada y preferiblemente impermeabilizada para su posterior disposición.
Geomembrana de la piscina.	De construirse piscinas, una vez se evacué el contenido de las mismas se quitará la geomembrana y se entregará a terceros que cuenten con los permisos para su disposición final.
La chatarra que se produce en la fabricación de herramientas, hechizas, elementos, partes, etc.	Los metales serán almacenados en un área destinada para tal fin (caseta de almacenamiento temporal de cada pozo exploratorio), para cuando se tenga un volumen considerable ser entregados o comercializados a las cooperativas de reciclaje de la región.
Bolsas de cemento.	Estas bolsas se deben limpiar, amarrar en bultos (embalar) y almacenar en casetas, para luego comercializadas con las cooperativas de reciclaje de la región.
Suelos contaminados.	Se plantea entregar este tipo de residuos a empresas especializadas en su tratamiento y disposición final, que cuenten con los permisos respectivos.
Salmueras	Empresas especializadas, reuso o devolver al contratista de la actividad

En el área se encuentran las siguientes empresas de reciclaje, rellenos sanitarios y empresas para el manejo de los residuos hospitalarios y contaminados (ver Tabla 4-61):

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-109
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-61. Empresas especializadas y rellenos sanitarios autorizados

EMPRESA	RESOLUCIÓN	LOCALIZACIÓN
RESIDUOS ACEITOSOS Y CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS		
MMMBJARDÍN	Resolución 0440 del 06 de Julio de 2009	Vereda El Caldero Municipio de Orito - Putumayo
SERVIPETROL LTDA	Resolución 0144 del 26 de Febrero de 2008	Vereda Santa Rosa del 35, Municipio de Orito - Putumayo
INSPECTROL LTDA	Resolución 0143 del 26 de Febrero de 2008	Vereda Santa Rosa del 35, Municipio de Orito - Putumayo
ECO ANÁLISIS LTDA	Resolución 563 del 23 de Julio de 2008	Vereda El Yarumo, municipio de Orito - Putumayo
OCAMPETROL LTDA	Resolución 0770 del 29 de Agosto de 2005	Vereda Alto Mirador, Municipio de Orito - Putumayo
RESIDUOS HOSPITALARIOS		
INCIHUILA S.A. E.S.P.	Resolución 1325 del 28 de Julio de 2006, Emitida por la CAM	Municipio de Neiva – Departamento del Huila
SALVI LTDA	Resolución 614 del 28 de Septiembre de 2000, emitida por CORPONARIÑO	Municipio de Pasto – Departamento de Nariño
RELLENOS SANITARIOS		
ESMOCOA S.A. E.S.P.	Resolución 0198 del 8 de Marzo de 2002, por medio del cual se adoptó el Plan de Manejo Ambiental	Vereda Medio Afán, Municipio de Mocoa - Putumayo
Empresa de Servicios Públicos AAA de PUERTO ASÍS	Resolución 0644 del 01 de agosto de 2006, por medio del cual se aprueba el Plan de Manejo Ambiental	Vereda Kilili, Municipio de Puerto Asís – Putumayo
Empresa de Servicios Públicos AAA Corazón del Putumayo	Resolución 0694 del 05 de Agosto de 1999, por medio del cual se aprueba el Plan de Manejo Ambiental	Vereda Santa Ana, Municipio de Villa garzón – Putumayo
EMPRESAS RECICLADORAS		
Fundación Ecológica del Putumayo - FUNECOMAYO		Municipio de Puerto Asís - Putumayo
Cooperativa de recicladores del sur de la Amazonía-COORSA		Municipio de Puerto Asís - Putumayo
Asociación Puerto Asís más Limpio		Municipio de Puerto Asís - Putumayo
Asociación Unión Familiar		Municipio de Puerto Asís - Putumayo
Asociación de recicladores del Puerto Caicedo - ASORECA		Municipio de Puerto Asís - Putumayo

Fuente: C&MA LTDA

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-110
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Cortes de perforación base-agua

Dentro de los residuos industriales más importantes por cantidad y por calidad que se generan en un pozo, se encuentran los cortes separados del lodo en los equipos de control de sólidos, producto de la excavación del suelo por acción de la broca de perforación; y los sólidos provenientes del “*dewatering*” o deshidratación del lodo (en caso que se instale este equipo), que sale de línea por envejecimiento, pérdida de propiedades reológicas o cambios en el programa de lodos.

Estos residuos serán almacenados en tanques portátiles o piscinas en el área de la locación de cada pozo a perforar, para posteriormente ser tratados y dispuestos ya sea ex situ a través de alguna empresa especializada (ver Tabla 4-59), la cual deberá contar con el permiso ambiental para el desarrollo de la actividad, o in situ, teniendo en cuenta que estos residuos son inertes ya que provienen de las diferentes formaciones geológicas perforadas y considerando que además de la deshidratación no requieren ningún tratamiento previo a su disposición final. Como alternativa de tratamiento final se contará con el proceso de solidificación-estabilización con cal viva.

Los cortes de tratarse in situ serán extendidos para su secado y mezclados con cal y tierra común. Una vez terminada la perforación del pozo se procederá al traslado de los mismos a la respectiva piscina o a las zonas de disposición de cortes mediante el sistema tipo celdas para su clausura, previa reconformación paisajística y verificación de parámetros establecidos en la prueba de eficiencia de encalamiento.

La solidificación y estabilización se recomienda para los cortes provenientes de sistemas de lodo base agua. También se recomienda, para este tipo de lodos además de la cal, adicionarles tierra.

Los cortes base agua una vez solidificados y estabilizados, pueden ser mezclados con materiales de excavación para luego ser usados como relleno de las piscinas de cortes de las plataformas de perforación, durante la fase de desmantelamiento.

4.7.4 Estimativo de volúmenes

En el área de la plataforma de perforación de cada pozo, el peso promedio generado está entre 0,4 y 0,6 Kg/hab-día, los cuales al multiplicar por el número estimado de personas que permanecen en el área de la plataforma de perforación (84 personas de base), generan en promedio 42 Kg/día. En caso de tener personal extra durante la perforación del pozo se generarán unos 10 Kg/día adicionales.

En un programa de perforación típica para pozos profundos, se manejan los siguientes datos promedio de residuos sólidos en un mes de perforación. Estos datos varían de acuerdo a la profundidad y el tiempo que dure la operación. Los datos presentados en la siguiente tabla fueron tomados a partir de la experiencia de perforación de otros pozos.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-111
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-62. Residuos sólidos típicos en la perforación de pozos

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD PRODUCIDA/MES
Papel y cartón	110Kg
Plástico	106Kg
Madera	220Kg
Metales	300Kg
Vidrio	120Kg
Desechos impregnados(telas, guantes)	100Kg
Materiales especiales(filtros, empaques)	150Kg
Baterías	1 unidad

Valores estimados por 1 pozo.

Fuente: Archivo C&MA Ltda.

Los residuos especiales referentes a hospitalarios tienen un volumen muy bajo de generación lo cual ha imposibilitado estimar el peso por día o mes, pero en general, estos no alcanzan a ser 3kg por mes de operación incluyendo las perforaciones.

Generación de lodos y cortes

El cálculo del lodo dentro del hueco se realiza teniendo en cuenta el estado mecánico de un pozo tipo para el área del proyecto y el BHA (Bottom Hole Assembly) característico utilizado para la perforación. Para el(los) pozo(s) que se van a perforar en el APE Canelo Norte, se tiene el siguiente estado mecánico:

Tabla 4-63. Estado mecánico estimado

Revestimiento del Pozo	Diámetro del Hueco (pulg)	Diámetro del Revestimiento (pulg)		Profundidad (pies)	Longitud (pies)
		OD	ID		
Tubo Conductor	26	20	19,125	120	30
Revestimiento de Superficie	17 ^{1/2}	13 ^{3/8}	12,415	2.500	2.470
Revestimiento Intermedio	12 ^{1/4}	9 ^{5/8}	8,681	8.500	6.000
Revestimiento de Producción	8 ^{1/2}	7	6,5	10.500	2.000

Teniendo en cuenta el estado mecánico del pozo se realizaron los cálculos para determinar los volúmenes de lodo necesarios para realizar la perforación del pozo, obteniéndose los siguientes resultados:

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-112
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-64. Volúmenes de lodos estimados

Secciones	Volumen de Lodo de Perforación (bbl)
Casing Conductor	10,660
Casing de Superficie	369,833
Casing Intermedio	622,263
Casing de Producción	82,087
TOTAL	1084,843

Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta que el pozo se encuentra sin la sarta de perforación, por lo tanto este valor resulta ser es un valor máximo aproximado, del lodo requerido para la perforación adecuada del pozo, ya que una vez introducida la sarta de perforación este volumen disminuye debido al desplazamiento del fluido de perforación generado por la tubería. De igual forma, se deben tener en cuenta las pérdidas de circulación que se generan en el pozo, las cuales pueden ser entre un 20 a 30 % del volumen total de lodo (entre 200 a 300 bbl/día) y dependiendo de la causa de la pérdida de circulación; dichas pérdidas deben ser controladas y hacer uso de los tanques de reservas de lodo para continuar con la perforación del pozo, si llegado al caso se evidencia la presencia de una zona ladrona y por lo tanto un aumento en el daño de formación.

La perforación de los pozos en la APE Canelo Norte se realizará en cuatro etapas o fases:

- ✓ Fase preliminar: La empresa encargada de las obras civiles entrega el contrapozo construido en la locación donde se va a perforar el pozo.
- ✓ Primera fase: Se inicia perforando el pozo con una broca tricónica de 17^{1/2} de pulgada hasta una profundidad de 2500 pies, en esta fase se cementa el casing de superficie.
- ✓ Segunda fase: Se cambia la broca por una de 12^{1/4} de pulgada y se perfora hasta una profundidad de 8500 pies, en esta fase se cementa el casing intermedio.
- ✓ Tercera fase: Se cambia la broca por una de 8^{1/2} de pulgada y se perfora hasta una profundidad de 10500 pies, en esta fase se cementa el casing de producción.

Los cortes (cuttings) generados en el proceso de perforación fueron calculados teniendo en cuenta el volumen del hueco perforado. En la siguiente tabla se muestra el volumen de cortes generados por cada sección perforada, así:

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-113
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Tabla 4-65. Volúmenes de cortes estimados

Perforación	Diámetro del Hueco (pulg)	Profundidad (pies)	Volumen de cortes (pies ³)
Fase Preliminar	26	120	442,480
Primera Fase	17 ^{1/2}	2500	3975,746
Segunda Fase	12 ^{1/4}	8500	4911,216
Tercera Fase	8 ^{1/2}	10500	78,195
TOTAL			10117,637

4.7.5 Impactos ambientales previsibles

Tabla 4-66. Impactos asociados al manejo de residuos sólidos

ACTIVIDAD	IMPACTOS	IMPORTANCIA AMBIENTAL
Disposición de residuos sólidos domésticos e industriales	Alteración de la calidad del aire	MEDIA
	Alteración de las propiedades del suelo	ALTA
	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua superficial	ALTA
	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua subterránea	MEDIA
	Afectación a comunidades bióticas acuáticas	MEDIA
	Modificación del paisaje	MEDIA

Una mala recolección y disposición final de los residuos sólidos industriales y domésticos generados en los frentes de trabajo y campamento base en general, puede causar un aumento en el nivel de contaminación ambiental sobre suelos, corrientes de agua superficial y en el paisaje local, por lo tanto su manejo debe estar acorde con lo establecido en el **Plan de Manejo Ambiental – Capítulo 7**, específicamente en las medidas establecidas en la **FICHA 8 “Manejo de residuos sólidos y especiales”**.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

4.8 MATERIALES SOBRANTES DE CORTE Y EXCAVACIÓN

La construcción y diseños de plataformas con sus respectivas vías de acceso, se realizarán previendo movimientos de tierra compensados para evitar la intervención de áreas de manera innecesaria; sin embargo, durante la etapa de construcción será necesario contar con ZODME (Zonas de Disposición de Sobrantes de Excavación), especialmente para el sector noroccidental del APE Canelo Norte, cuya topografía suavemente ondulada no siempre permitirá hacer un manejo compensado de movimiento de tierras. Estas áreas deberán ser avaladas por la interventoría ambiental y se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la propagación de materiales térreos hacia áreas adyacentes y el transporte de materiales hacia los drenajes naturales, con la toma de medidas como la instalación de sacos rellenos de suelo para acordonar el material con el fin de impedir su dispersión. Estas zonas serán elegidas de acuerdo a la zonificación ambiental y corresponderán a las mismas intervenidas por el proyecto.

El material sobrante de corte generado durante la construcción de las vías de acceso y las plataformas de perforación, se podrá utilizar para el relleno de las vías o las plataformas si cumple con las especificaciones requeridas para este fin. Si no es posible su reutilización, se dispondrá sobre el derecho de vía o en un área aledaña a la plataforma de perforación; En caso de generarse grandes volúmenes de material sobrante y no se cuente con lugares adecuados para su almacenamiento temporal, deberá contemplarse la alternativa de adecuar una zona de disposición de material de excavación sobrante (ZODMES), siguiendo los criterios para su localización y construcción así como los establecidos en la zonificación ambiental y de manejo del presente documento y las medidas de manejo que se presentan en el Capítulo 7: Plan de Manejo Ambiental del presente documento. Adicionalmente la información del área a utilizar se consignará en el plan de manejo ambiental específico para cada pozo.

Localización. Se debe contemplar que en caso de almacenar el material inerte producto de los movimientos de tierra, se dispondrá en un lugar que no contamine el suelo y no esté cercano a cuerpos de agua. Además, se debe cubrir para evitar el arrastre de partículas a la atmósfera y el escurrimiento hacia algún cuerpo de agua.

- Se seleccionarán zonas de suelos de perfil edáfico pobre, sin riesgo de movimientos en masa ni obstrucción de drenajes naturales, y a distancias no menores de 30m a cuerpos de agua permanentes ni intermitentes.
- No se dispondrán residuos en suelos de baja capacidad portante, ni donde puedan interferir procesos de revegetación espontánea, puedan deteriorar el paisaje o generar riesgo de accidente a la población.
- No se debe ubicar materiales en los lechos de ríos o quebradas, ni en las franjas de protección definidas por la legislación vigente (30 metros de cuerpos de agua y 100 metros de nacimientos). Las aguas infiltradas o provenientes de los drenajes del botadero se deben conducir a un sedimentador antes de su vertimiento al cuerpo receptor.

Elaborado por: MDP	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA	Página 4-115
--------------------	--------------------	-------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Construcción. A continuación se observan criterios básicos referentes a la construcción y adecuación del botadero y a la manera como debe ser dispuesto el material:

- Se debe realizar un descapote en el área donde se va a disponer el material y un desmonte en caso de que existan árboles aislados en esta zona. El descapote debe tener un espesor que en promedio de 0,20m para garantizar el retiro de la capa vegetal. Los materiales de descapote se acordonan en el área de la plataforma junto con el material sobrante del descapote de la misma.
- Se debe realizar obras para manejo de drenajes naturales si los hubiese.
- Los materiales sobrantes de corte se irán extendiendo en el área ya preparada, en capas de espesor suelto entre 0,20 – 0,30m, y apisonadas pasando varias veces el equipo (vibrocompactador), hasta conformar.
- Los taludes finales del botadero deben tener una pendiente de 2H:1V.



Fotografía 4-8. Conformación del talud de ZODMEs

- Cuando se trate de material rocoso, deberá colocarse de adentro hacia afuera para que se pueda hacer una selección de tamaños; los fragmentos más grandes deben situarse hacia la parte externa del depósito, de forma que sirvan de protección definitiva del talud.
- El material más fino debe quedar ubicado hacia la parte interior del depósito. Con el fin de disminuir las infiltraciones de agua al depósito, deben densificarse las dos últimas capas, mediante varias pasadas del tractor de orugas.
- Cada vez que se ascienda por lo menos 3m en cota con los materiales depositados deben perfilarse los taludes, para proceder a su cobertura con los materiales de descapote, evitando así la erosión por escorrentía superficial. Cuando se requiera suspender la colocación de materiales, se deberán proteger en el menor tiempo posible las zonas desprovistas del relleno. No hay una altura final estándar, ya que esta variable depende de múltiples factores entre los cuales se cuenta la estabilidad, que también es función de las obras que se hayan realizado para evitar que el ZODME colapse. Lo importante es tener en cuenta que el depósito no debe ser sobrecargado, pues de lo contrario se corre el riesgo de generar inestabilidades.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

- Terminada la colocación del material, se construirán canales interceptores en la corona del depósito y a lo largo del mismo. Los descoles de estos drenajes se deben llevar hasta los canales naturales o se dispondrán en el medio natural.
- Finalmente, se realizará la empradización y arborización del área conformada, utilizando el material de descapote del área.

A continuación se presenta en la Figura 4-20, el diseño de un ZODME tipo (planta – perfil) para el área de interés exploratorio Canelo Norte:

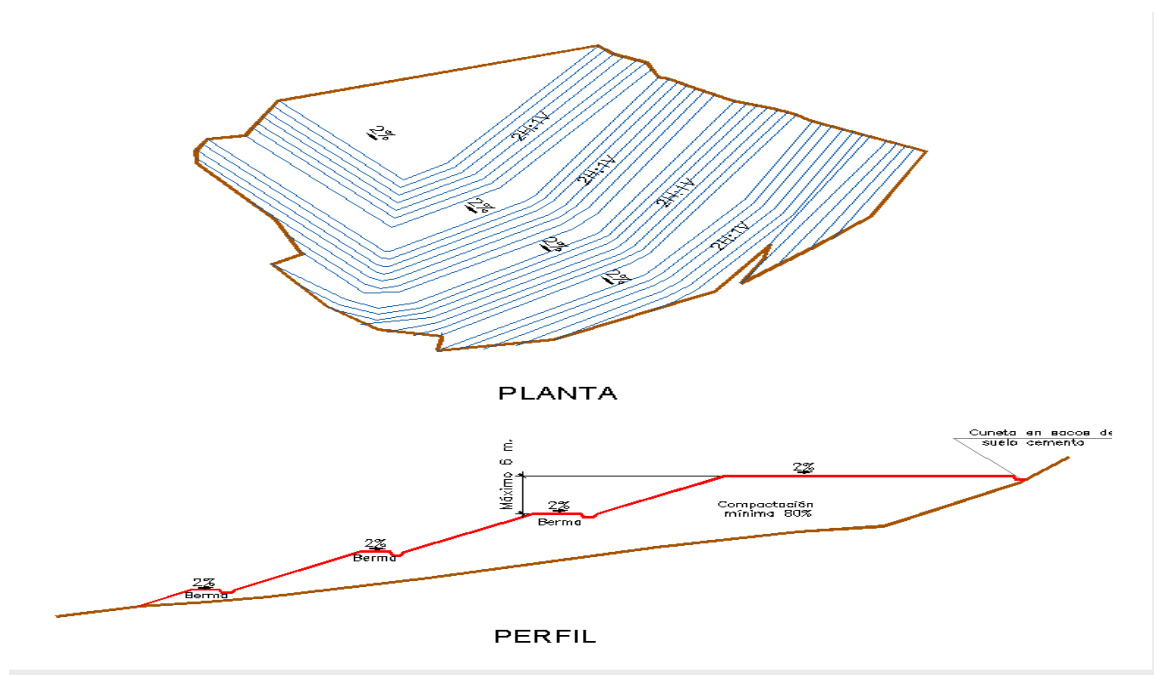


Figura 4-20. Diseño de ZODME tipo

El manejo de aguas de escorrentía se debe hacer por medio de estructuras hidráulicas como cunetas, canales, estructuras de caída entre otras. Las siguientes figuras muestran la sección típica de las estructuras hidráulicas que pueden ser implementadas en el manejo de aguas de escorrentía.

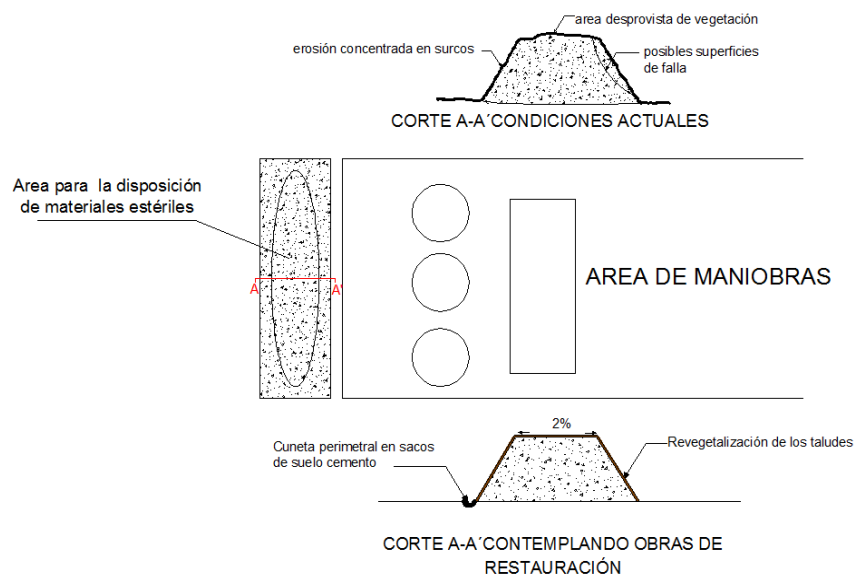


Figura 4-21. Esquema típico para la disposición de materiales estériles.

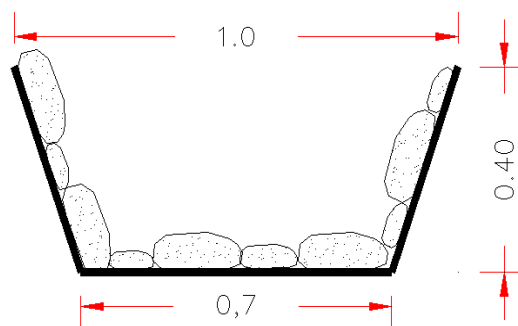
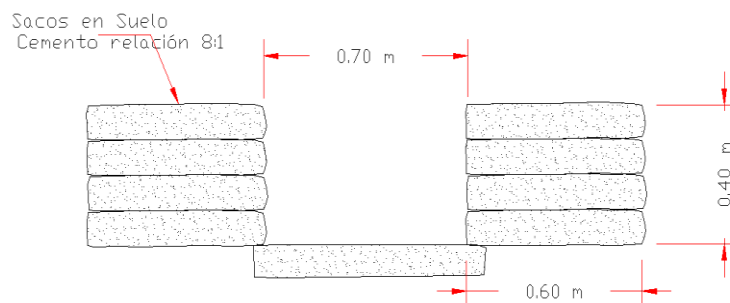


Figura 4-22. Sección típica para cuneta en piedra pegada, manejo de aguas de escorrentía perimetral al ZODME.



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NORTE			
	Cap.4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1010	Revisión: 1	

Figura 4-23. Estructura de caída en sacos de suelo cemento sección rectangular.

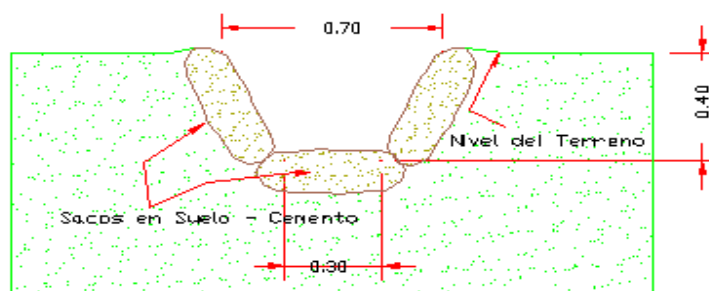


Figura 4-24. Sección de cunetas en sacos de suelo cemento en bermas intermedias.

Una vez terminada la disposición de desechos, el ZODME deberá clausurarse, procediendo a su revegetalización y obras finales de estabilización. Estas últimas incluyen la construcción del sistema de cunetas evacuantes de las aguas lluvias que caerán sobre la superficie del depósito. Con este sistema se busca evitar la infiltración del agua superficial, mediante su evacuación rápida y eficiente.

Selección. Los criterios básicos que se deben tener en cuenta para la selección deben ser evitar el transporte del material a sitios externos a la locación y protección de los cuerpos de agua permanentes o intermitentes que se encuentren cercanos a la ubicación de las plataformas.

De acuerdo a lo establecido en los HI-TER-1-02, la ubicación final de cada ZODME se dará a conocer en el PMA específico para cada pozo junto con la relación de los volúmenes de material a disponer en cada uno de los sitios identificados, indicando su procedencia, análisis de la capacidad portante del sitio con respecto al volumen a disponer, ubicación de las vías de acceso al sitio, diseño y medidas de manejo ambiental para su construcción y operación, propuesta de adecuación final del relleno y programa de revegetalización (diseño paisajístico). El diseño final de cada ZODME deberá estar estructurado con el objetivo de almacenar máximo 20.000 m³, por sitio seleccionado, además, su localización se realizará teniendo en cuenta la zonificación ambiental del área.